

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
FACULDADE DE MEDICINA – FAMED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE - PPGCS

ANDRESSA DOS SANTOS RESEM

**USO DE EXTRATOS DE MICROALGAS NA AVICULTURA: UMA ALTERNATIVA
PARA REDUZIR A DEPENDÊNCIA DE ANTIBIÓTICOS E MELHORAR A
QUALIDADE DA CARNE E OVOS**

RIO GRANDE – RS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
FACULDADE DE MEDICINA – FAMED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE - PPGCS

ANDRESSA DOS SANTOS RESEM

**USO DE EXTRATOS DE MICROALGAS NA AVICULTURA: UMA ALTERNATIVA
PARA REDUZIR A DEPENDÊNCIA DE ANTIBIÓTICOS E MELHORAR A
QUALIDADE DA CARNE E OVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador (a): Prof. Dr. Daniela Ramos

Co-orientador (a): Marcos Alanis Rodrigues

RIO GRANDE – RS

2024

Ficha Catalográfica

R432u Resem, Andressa dos Santos.

Uso de extratos de microalgas na avicultura: uma alternativa para reduzir a dependência de antibióticos e melhorar a qualidade da carne e ovos / Andressa dos Santos Resem. – 2024.
57 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Rio Grande/RS, 2024.

Orientadora: Dra. Daniela Ramos.

Coorientador: Dr. Marcos Alanis Rodrigues.

1. Aves 2. Antimicrobianos 3. Infecções 4. Microalgas
5. Suplementação I. Ramos, Daniela II. Rodrigues, Marcos Alanis
III. Título.

CDU 582.26:636.5

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

ANDRESSA DOS SANTOS RESEM

**USO DE EXTRATOS DE MICROALGAS NA AVICULTURA: UMA ALTERNATIVA
PARA REDUZIR A DEPENDÊNCIA DE ANTIBIÓTICOS E MELHORAR A
QUALIDADE DA CARNE E OVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

BANCA EXAMINADORA:

Profª Dra. Luciane Nunes Suñe

Profª Dra Júlia Oliveira Penteado

Prof Dr. Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior

Orientador (a): Prof. Dr. Daniela Ramos

ATA DA SESSÃO DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

ATA

A banca examinadora, designada pela Portaria nº 1181/2024 de nove de junho de dois mil e vinte e quatro, em sessão presidida e registrada pela orientadora Profa. Dra. Daniela Fernandes Ramos, reuniu-se no dia quatorze de junho de dois mil e vinte e quatro, às quatorze horas, por meio de videoconferência (<https://meet.jit.si/DefesamestradoAndressaResem>), para avaliar a Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, intitulada: **“Uso de Extratos de Microalgas na Avicultura: Uma Alternativa para Reduzir a Dependência de Antibióticos e Melhorar a Qualidade da Carne e Ovos.”** da mestranda Andressa dos Santos Resem. Para o início dos trabalhos, a Senhora Presidente procedeu à abertura oficial da sessão, com a apresentação dos membros da banca examinadora. A seguir, prestou esclarecimentos sobre a dinâmica de funcionamento da sessão, concedendo o tempo de até 30 (trinta) minutos para a apresentação da dissertação pelo mestrando, que iniciou às 14:11 horas e terminou às 14 horas e 42 minutos. Após a apresentação, passou a palavra aos membros da banca examinadora, para que procedessem à arguição e apresentassem suas críticas e sugestões. Ao término dessa etapa de avaliação, de acordo com os membros da banca examinadora, a dissertação de mestrado avaliada foi **APROVADA**.

Rio Grande, 14 de junho de 2024.

Profa. Dra. Daniela Fernandes Ramos (Orientadora – FURG)

Profa. Dra. Luciane Nunes Pereira Suñé (Externo – URCAMP)

Profa. Dra. Julia Oliveira Penteado (Titular – FURG)

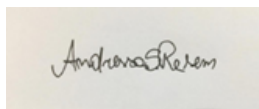
Prof. Dr. Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior (Suplente - FURG)

 Documento assinado digitalmente
LUCIANE NUNES PEREIRA SUNE
Data: 27/06/2024 21:54:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

 Documento assinado digitalmente
JULIA OLIVEIRA PENTEADO
Data: 15/06/2024 14:10:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

 Documento assinado digitalmente
MARCOS ALANIZ RODRIGUES
Data: 17/06/2024 09:51:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CIENTE:



Mestranda Andressa dos Santos Resem

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por me guiar, colocando pessoas tão iluminadas ao meu redor, por colocar também obstáculos em meu caminho que me ajudaram a crescer.

A minha mãe Andreia, e ao meu irmão Eduardo, por sempre me incentivar a continuar estudando e em busca dos meus sonhos e objetivos.

Ao meu esposo Gabriel, seu apoio, carinho e compreensão me deram determinação para perseverar.

Aos meus familiares e amigos que estiveram presentes em diversos momentos desta trajetória, me apoiando e incentivando.

A minha querida orientadora Dra. Daniela Ramos, por ter sido incrível, conduzindo a um melhor trabalho e resolução dos problemas, também uma amiga sempre preocupada com o bem estar de seus orientados e alunos, suas palavras aquecem meu coração.

Agradeço também as minhas colegas de profissão e amigas Dra. Márcia Feltrin e Dra. Luciane Suñé, por todo o apoio e todo o tempo dedicado durante o percurso.

Ao meu coorientador, Dr. Marcos Rodrigues, pela confiança em mim depositada e por toda a paciência e dedicação.

As amigas Fernanda Quintava e Thais Pinheiro, pela amizade, dedicação e irmandade, obrigada por tornar esta etapa mais leve.

A minha querida psicóloga Bárbara Zanela, que além de todo apoio, sem dúvidas proporcionou momentos de muitas reflexões, os quais me mantiveram firme em busca dos meus objetivos.

Aos colegas e funcionários do Laboratório de Pesquisa NUDEFA, fui acolhida com muito carinho por todos vocês, sou grata por ter conhecido cada um.

Ao Prof. Dr. Flávio Rodrigues, pelo apoio e por não ter deixado com que eu desistisse nos momentos mais delicados.

Enfim, agradeço ao Tom, meu idosinho de 17 anos, um ser iluminado, um gato com uma docilidade e lealdade inigualável, que me faz amar cada dia mais a minha profissão e ter esperança de dias melhores.

A todos, meu muito obrigada!

*“As coisas que queremos e parecem
impossíveis só podem ser conseguidas com
uma teimosia pacífica”.*

Mahatma Gandhi

RESUMO

RESEM, Andressa Dos Santos. **Uso de Extratos de Microalgas na Avicultura: Uma Alternativa para Reduzir a Dependência de Antibióticos e Melhorar a Qualidade da Carne e Ovo.** 2024. 56f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

A avicultura desempenha um papel fundamental na economia mundial e brasileira, sendo uma das principais fontes de proteína animal no país. No entanto, um desafio crescente enfrentado pelo setor é a restrição do uso de antimicrobianos, que tradicionalmente eram usados para promover o crescimento e prevenir infecções nas aves. Essa restrição é motivada pelo aumento da resistência aos antimicrobianos, um problema global de saúde pública. O uso de extratos de microalgas com propriedades antimicrobianas já tem sido descrito, portanto, além de contribuir para a saúde das aves, poderia representar uma promissora estratégia para minimizar o impacto da restrição do uso de antibióticos na avicultura brasileira. No entanto, é essencial que sejam conduzidas mais pesquisas para avaliar a eficácia e a segurança desses suplementos. Neste contexto, este trabalho explora o uso de extratos de microalgas como uma estratégia propícia para mitigar o impacto da restrição do uso de antibióticos na avicultura, através de uma revisão integrativa da literatura. Três bases de dados (BVS, Scielo e Pubmed) foram utilizadas como fonte secundária dos artigos publicados nos últimos dez anos (2013 – 2023), sendo possível incluir neste trabalho 26 artigos completos, os quais abordavam o potencial das microalgas de forma direta ou indireta frente a agentes bacterianos enteropatogênicos em aves. Destacaram-se os estudos avaliando padrões de crescimento, histológicos e/ou hematológicos, conversão alimentar ou imunomodulação como principal tema entre os 26 artigos selecionados neste trabalho e apenas dez estudos avaliaram diretamente o impacto da atividade antibacteriana e moduladora da microbiota intestinal de aves. Além disso, a maioria das pesquisas utilizaram *Spirulina platenses* como microalga de estudo e apenas dois trabalhos avaliaram o impacto da suplementação destes animais na produção e qualidade de ovos. Portanto, mesmo que tenha ficado claro o potencial inovador desta estratégia para os desafios decorrentes da restrição do uso de antimicrobianos, ainda são poucos os estudos que confirmem essas hipóteses a fim de promover uma produção de aves mais saudável e sustentável e reduzir os impactos relacionados a disseminação da resistência antimicrobiana no contexto amplo de uma só saúde.

Palavras-chave: Aves; Antimicrobianos; Infecções; Microalgas; Suplementação.

ABSTRACT

RESEM, Andressa Dos Santos. **Use of Microalgae Extracts in Poultry Farming: An Alternative to Reduce Dependence on Antibiotics and Improve Meat and Egg Quality.** 2024. 56f. Dissertation (Master's) - Postgraduate Program in Health Sciences. Federal University of Rio Grande, Rio Grande.

Poultry farming plays a fundamental role in the world and Brazilian economy, being one of the main sources of animal protein in the country. However, a growing challenge facing the industry is the restriction of the use of antimicrobials, which have traditionally been used to promote growth and prevent infections in birds. This restriction is motivated by increasing resistance to antimicrobials, a global public health problem. The use of microalgae extracts with antimicrobial properties has already been described, therefore, in addition to contributing to bird health, it could represent a promising strategy to minimize the impact of restricting the use of antibiotics in Brazilian poultry farming. However, it is essential that more research is conducted to evaluate the effectiveness and safety of these supplements. In this context, this work explores the use of microalgae extracts as a suitable strategy to mitigate the impact of restricting the use of antibiotics in poultry farming, through an integrative literature review. Three databases (BVS, Scielo and Pubmed) were used as secondary sources of articles published in the last ten years (2013-2023), and it was possible to include 26 complete articles in this study, which addressed the potential of microalgae directly or indirectly against enteropathogenic bacterial agents in poultry. Studies evaluating growth, histological and/or hematological patterns, feed conversion or immunomodulation stood out as the main theme among the 26 articles selected in this study, and only ten studies directly evaluated the impact of antibacterial and modulating activity on the intestinal microbiota of poultry. In addition, most of the studies used *Spirulina platensis* as the microalgae studied, and only two studies evaluated the impact of supplementation of these animals on egg production and quality. Therefore, even though the innovative potential of this strategy for the challenges arising from the restriction of antimicrobial use has become clear, there are still few studies that confirm these hypotheses in order to promote healthier and more sustainable poultry production and reduce the impacts related to the spread of antimicrobial resistance in the broad context of One Health.

Keywords: Chicken; Antimicrobials; Infections; Microalgae; Supplementation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição dos 26 estudos selecionados neste trabalho de acordo com sua categoria/tema central de estudo em relação a avicultura e uso de microalgas. 35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Artigos publicados nas bases de dados BVS, Pubmed e Scielo entre 2013 e 2023, categorizados de acordo com os resultados encontrados em relação a ação antibiótica direta ou pela imunomodulação e melhoramento zootécnico como aditivo/suplemento alimentar.....	29
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARG – Genes De Resistência Aos Antimicrobianos
BVS – Medical Literature Analysis and Retrieval System Online
CAGR – Taxa Composta De Crescimento Anual
COVID-19 – Coronavirus disease 19
DHA – Ácido Docosahexaenóico
EPA – Ácido Eicosapentaenóico
EUA – Estados Unidos da América
FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
H5N1 – Influenza Aviária A
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGG – Imunoglobulinas G
IGM – Imunoglobulinas M
LCPUFAs – ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NUDEFA – Núcleo de Desenvolvimento de Novos Fármacos
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU – Organização das Nações Unidas
PH – Potencial Hidrogeniônico
PNSA – Programa Nacional de Sanidade Avícola
PUBMED – U. S. National Library of Medicine
PUFAs – Ácidos Graxos Poli-insaturados
SCIELO – Scientific Electronic Library Online

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1 PANORAMA MUNDIAL DA AVICULTURA	11
1.1.1 Produção de carne e ovos	12
1.2 DOENÇAS INFECCIOSAS NA AVICULTURA	14
1.2.1 Salmonelose	15
1.2.2 Micoplasmose	16
1.2.3 Colibacilose e Campilobacteriose	17
1.3 USO DE ANTIBIÓTICOS NA AVICULTURA.....	18
1.3.1 Restrição no uso de antimicrobianos	19
1.4 MICROALGAS NA AVICULTURA.....	20
1.4.1 Atividade antibiótica das microalgas	22
 2 OBJETIVOS	 25
2.1 OBJETIVO GERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
 3 MATERIAL E MÉTODOS	 26
 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	 28
4.1 EFEITO DA ADIÇÃO DE MICROALGAS NA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA, RESPOSTA IMUNOLÓGICA E NO CRESCIMENTO DE AVES.....	35
4.2 ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE MICROALGAS FRENTE A PATÓGENOS DA AVICULTURA.....	38
 CONCLUSÃO.....	 43
 REFERÊNCIAS	 45

INTRODUÇÃO

1.1 PANORAMA MUNDIAL DA AVICULTURA

O setor avícola brasileiro vem ganhando destaque no comércio internacional, apresentando crescimento na produção de produtos como carne e ovo, este aumento se deve a qualidade dos produtos nacionais através da busca de fatores que influenciam no melhoramento genético, aumento da produtividade e implantação de programas de controle de sanidade estabelecidas no país, através do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (TEIXEIRA et al., 2021).

A avicultura é uma indústria de grande relevância econômica no Brasil. Em 2020, o país produziu cerca de 15,1 milhões de toneladas de carne de frango, gerando uma receita de mais de R\$ 61 milhões (ABPA, 2022).

O Estados Unidos encontra-se ocupando a primeira posição no ranking mundial, seguido pelo Brasil que ultrapassou a China a partir do ano de 2021, e na quarta posição está a União Europeia, estes quatro países juntos são responsáveis por 60% da produção mundial (TALAMINI et al., 2021). Contudo, o Brasil manteve o título de maior exportador mundial, seguido pelos EUA, e juntos comportam mais da metade do comércio global, demonstrando ser um caso de sucesso no que se refere à avicultura como grande produtor e exportador (ABPA, 2023). Ambos totalizaram 69% das exportações mundiais de carne de frango (TEIXEIRA et al. 2021; BERNARDO, 2023). Além disso, o estado do Rio Grande do Sul, contribuiu, em 2022, com 13,77% da produção nacional de frango para consumo e 16,23% das exportações de carne de frango no país (ABPA, 2023).

Para manutenção da qualidade é necessário que cada produtor assuma a responsabilidade e possua um programa de biossegurança continuado, respeitando as práticas de manejo rigorosamente, seguindo cada etapa a fim de obter sucesso na

produção, gerando produtos de qualidade, desta forma gerando lucros elevados (JUNGES et al., 2023). A utilização de tecnologia avançada em todas as etapas da produção é fundamental para gerar altos níveis de segurança e produtividade junto ao bem-estar animal, o que é necessário, já que o mercado global enfrenta consumidores cada vez mais exigentes, preocupados com inúmeros fatores que abalam a qualidade da carne e impactos ambientais causados pela produção intensiva, pensando no manejo dos animais desde sua criação até o momento do abate, reduzindo fatores estressantes e garantindo segurança alimentar (PEREIRA et al., 2023).

1.1.1 Produção de carne e ovos

De acordo com o IBGE (2023) a avicultura de postura é um dos setores mais desenvolvidos do agronegócio brasileiro, a produção de ovos foi de 2,07 milhões de dúzias de ovos no ano de 2023. O que mostra que a avicultura de postura brasileira está em constante expansão, assim como o valor do ovo. A produção nacional de ovos se concentra na região Sudeste com quase 40% da produção brasileira, seguido da região Sul com 23%, onde o estado do Paraná lidera com 9,73%, seguido do Rio Grande do Sul com 7,7% e Santa Catarina, 5,67% (IBGE, 2021).

O ovo é citado como um alimento prático com características nutricionais abundantes, além de conter substâncias que promovem saúde e previnem doenças, por ser excelente fonte de proteínas de alto valor biológico, vitaminas, minerais, carotenoides, e também fonte de colina, um importante componente para construção dos blocos do sistema nervoso, com auxílio na função cognitiva, memória e aprendizado (PIRES et al., 2015), sendo assim, considerado uma excelente fonte de proteína de baixo custo, contribuindo para melhorar a dieta de famílias com baixa renda, uma vez que apresenta um preço mais acessível quando comparado a outras proteínas de origem animal.

A Associação Brasileira de Proteína Animal, estimou que em 2023 houve uma produção de 52 bilhões de unidades, colocando o país em 5º lugar do ranking dos países que mais produzem essa proteína animal, especialmente voltada ao mercado interno (99,56%) (ABPA, 2023). Atualmente, o consumo per capita de ovos no Brasil é de 241 unidades por habitante/ano, no entanto este consumo ainda é considerado baixo em comparação com outros países. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o Brasil ocupa o 6º lugar

entre os países que mais produzem ovos no mundo, sendo responsável por 3% da produção mundial (FAO, 2022).

Por outro lado, a indústria avícola tem sido desafiada por diversos fatores relacionados a produção das aves, como manutenção da imunidade e emergência e reemergência de doenças nestes animais, bem como, em relação a qualidade e segurança dos produtos alimentares oriundos desta atividade produtiva (HAFEZ et al., 2020). Além disso, a interação entre os sistemas de produção e consumo de alimentos tem sido evidenciada recentemente pelos desafios impostos pela pandemia global de Covid-19 e a guerra na Ucrânia, onde cadeias globais de produção de alimentos e insumos agrícolas foram afetados, com consequente crescimento da fome e da insegurança alimentar pelo mundo e, especificamente, no Brasil (REDE PENSSAN, 2022). Esse impacto negativo se estendeu até a produção de carne de aves, tendo havido uma diminuição de 2% na produção e uma redução de 1% no comércio global de carne de frango em 2020 (FAO, 2022), a qual parece ter se reestabelecido em 2023, com um aumento de aproximadamente 1,3% da produção mundial (FAO, 2023).

Por outro lado, a pandemia da COVID-19 destacou a importância das aves como proteína animal estratégica e acessível. Além disso, os ovos tem sido reportados como uma das fontes de proteína mais acessíveis e entre as mais nutritivas. Desta forma, o controle de doenças, alta produção, qualidade do produto e custos de produção razoáveis têm sido os principais objetivos recentes da indústria avícola. Estimulando os programas de controle de doenças infecciosas, inclusive aqueles decorrentes do uso de compostos para mitigação das doenças e que impactam indiretamente na saúde humana e ambiental, e, atendendo aos objetivos para o desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 (REDE PENSSAN, 2023). Dentre as 17 ODS citadas na agenda, ganha destaque importante a ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável: Por ser uma fonte de proteína animal mais barata e com proteínas de alto teor biológico, utilizar de antimicrobianos alternativos com intuito de produzir alimento mais saudável e sustentável, ODS 3 - Saúde e bem estar: Combate a resistência antimicrobiana atual, contribuindo para saúde pública global, ODS 6 – Água potável e saneamento: Reduzindo a contaminação ambiental causada por antimicrobianos, assim como a ODS 14 – Vida na água, ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura: Consumo e produção responsável e ODS 15 – Vida Terrestre: Conservação de ecossistemas terrestres e de saúde animal (ONU, 2024).

1.2 DOENÇAS INFECCIOSAS NA AVICULTURA

Com aumento constante do potencial produtivo das aves, uma série de problemas metabólicos e de manejo tem se manifestado, destacando-se o déficit de potencial imunitário das aves e maior vulnerabilidade aos fatores ambientais como alta temperatura e umidade (SOUZA et al., 2020). Fato que também é provocado pela elevação da capacidade de agrupamento de aves por metro quadrado. Por este motivo, o desenvolvimento e o cumprimento de métodos de acompanhamento intensivo da condição sanitária do plantel, pela alta densidade, se torna mais suscetível a agentes virais e bacterianos com capacidade patogênica para infecções que podem ser subclínicas ou clínicas causando danos teciduais diretos e específicos (COSTA, 2020).

As doenças avícolas são um dos principais problemas na cadeia de produção global, uma vez que as doenças podem afetar não somente a saúde das aves, mas também a produção e a qualidade dos produtos gerados a partir delas. Além disso, poderá haver um aumento no custo da alimentação para a produção animal e a elevação nos preços impactará na qualidade dos alimentos ofertados a esses animais (ROBERTS et al., 2011).

Vários fatores podem acelerar e/ou desencadear o surgimento de doenças animais, os quais impactam negativamente na concorrência global e nos custos de produção e aumentam o movimento avícola e de produtos avícolas em todo o mundo (HAFEZ, 2010). Diversos agentes infecciosos tem contribuído para o adoecimento das aves podendo ser transmitidos e disseminados por transferência horizontal e/ou vertical. A transmissão vertical está relacionada com as más condições de incubação e saneamento, resultando em infecção do saco vitelino, por exemplo, já aquelas transmitidas pelo contato direto entre os animais, manipuladores e/ou ambiente, são classificadas como de transmissão horizontal (HAFEZ et al., 2020).

Entre as diversas patologias bacterianas, cita-se como doenças mais comuns no mundo em aves: Salmonelose, Micoplasmose, Colibacilose. Essas doenças dependem das condições higiênicas, área geográfica, estação do ano, fatores metrológicos e objetivos de produção (poedeiras vs. frangos de corte, bem como da raça), e também de fatores associados ao patógenos, tais como virulência, tipo e patogenicidade do(s) agente(s) infeccioso(s). Bem como a influenza A (H5N1) comumente conhecida como “gripe aviária”, uma doença viral que afeta

principalmente aves, o H5N1 foi um dos que mais causaram preocupação na última década, infectando grandes plantéis de aves, com risco de contaminação humana. (ROBERTS et al., 2011; MACHADO et al., 2020).

1.2.1 Salmonelose

Entre os agentes causadores de doenças de maior relevância que podem ser associados as aves domésticas está o gênero bacteriano *Salmonella*, pertencente à família Enterobacteriaceae e de caráter zoonótico que pode dar origem a infecções intestinais com potencial de extensão para outros sistemas (BERNARDO, 2022).

Globalmente, há a valorização dos estudos avaliativos da ocorrência de salmoneloses em aves com a intenção de identificar a prevalência dos mais de 2500 sorovares dentro do gênero *Salmonella*. Destacando-se os sorovares mais importantes para a saúde pública a *Salmonella Typhimurium* e *S. enteritidis*, sendo a última citada o sorovar mais isolado em casos de intoxicações alimentares e gastroenterites em humanos, devido a sua alta capacidade de transmissão vertical e horizontal (COSTA et al., 2020; DOS SANTOS, 2013).

Costa (2013) afirma que, as aves ou o produto final (carnes e ovos) está sujeito a diversas fontes de infecção por *Salmonella*, a contaminação ocorre através de inúmeros fatores como, por exemplo: aves de reposição, incubatórios, ambiente de criação, abatedouro, pessoas, pássaros, falhas na biosseguridade, manejo, instalações e o alimento, entre outros. A contaminação pode ocorrer desde a indústria, durante o transporte e até no armazenamento na granja. A contaminação das carcaças por conteúdo gastrointestinal é frequente nos abatedouros frigoríficos de aves, além de apresentar risco à saúde humana pode criar barreiras sanitárias, uma vez que micro-organismos patogênicos, como *Salmonella* spp., podem estar presentes na carne (FONSECA et al., 2020).

Devido sua importância de modo geral para saúde única e por causar perdas econômicas consideráveis à avicultura, afetando na exportação de produtos avícolas brasileiros, o Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA) do Ministério De Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Instrução Normativa nº 78 de 03/11/2003, modificada pela Instrução Normativa nº 41 de 04/12/2017, engloba que toda granja de reprodutoras de aves deve ser sorológica, bacteriológica e

molecularmente monitorada para detecção de *Salmonella Pullorum*, *Salmonella Gallinarum*, *Salmonella Enteritidis* e *Salmonella Typhimurium* (FUNKLER, 2018).

A ocorrência de aves poedeiras impactadas pela patologia frequentemente gera redução qualidade, diminuição da produção e eclodibilidade de ovos, bem como morbidade e mortalidade (ROBERTS et al., 2011), além disso em um estudo conduzido em 2006, com infecção experimental de aves com *Salmonella enteritidis*, pode-se identificar um aumento na incidência de rachaduras nos ovos, levando a um risco aumentado de contaminação (GUARD-BOULDIN & BUHR, 2006).

1.2.2 Micoplasmose

Micoplasmose é uma doença bacteriana de alto impacto econômico na produção avícola, causando altos prejuízos e é causada principalmente pelas bactérias *Mycoplasma gallisepticum* (MG) e *Mycoplasma sinoviae* (MS) (FONSECA et al., 2020). A doença apresenta-se principalmente com sinais clínicos de dificuldade respiratória, ronqueira, descargas nasais e oculares, emagrecimento, diminuição no consumo de alimento e morte das aves, o MG se destaca como a espécie de micoplasma mais patogênica para aves e de maior importância econômica na sanidade avícola, infecções causadas por MG também são conhecidas por causar alterações respiratórias crônica de galinhas e sinusite infecciosa de perus (FONSECA et al., 2020; FLUNKLER, 2018).

As infecções apresentam-se de forma subclínicas e clinicamente reveladas por fator interveniente, por exemplo: aplicação de vacina viva contra outras doenças respiratórias, como bronquite infecciosa ou a doença de Newcastle; ou ocorrência de doenças imunossupressoras, como doença infecciosa bursal e/ ou anemia das galinhas. Além disso, os sintomas da micoplasmose aviária apresenta desenvolvimento lento e o curso da doença pode ser prolongado, refletindo em queda no desempenho de lotes infectados com diminuição do ganho de peso, eficiência alimentar e produção de ovos (ROCHA et al., 2021; FLUNKLER, 2018).

Segundo Marks (2014), a contaminação por micoplasma pode ocorrer de forma horizontal e vertical. A transmissão horizontal acontece pelo contato entre aves susceptíveis com aves com infecção clínica ou subclínica, ou com fômites (alimentos, pessoas, equipamentos, entre outros) contaminados, já que a porta de entrada da bactéria é principalmente pelo sistema respiratório e/ou conjuntival.

1.2.3 Colibacilose e Campilobacteriose

A colibacilose refere-se à infecção localizada ou sistêmica causada por um bacilo gram negativo, a *Escherichia coli*, estando, frequentemente, associada a infecções do trato respiratório ou sistêmica em aves comerciais. Porém, esse microrganismo faz parte da microbiota digestória de muitas aves, estando presente no conteúdo intestinal e excretas, ou ainda na pele e penas, uma vez que podem também colonizar o trato respiratório superior e estar relacionada a contaminação ambiental. Mesmo assim, a colibacilose é uma doença de grande relevância econômica na avicultura mundial por ser uma das principais causas de queda na produtividade, custos com tratamento e condenação de carcaças de aves. A contaminação vertical se dá pela transmissão da bactéria das reprodutoras para a progênie e pode ocorrer durante a incubação, por meio da contaminação fecal da superfície da casca, seguida pela entrada no ovo (ROBERTS et al., 2011).

O papel destes patógenos em aves se reflete não somente na saúde animal, mas também na saúde pública pois apresenta um potencial risco zoonótico, uma vez que as aves podem atuar como reservatórios de *E. coli*, que poderão carrear genes de virulência e resistência que levem a doenças em humanos e contaminação em alimentos (ROCHA et al., 2021).

Assim como a colibacilose, *Campylobacter* pode causar campilobacteriose, uma vez que esse patógeno coloniza o intestino de aves podendo apresentar um risco de infecção humana pela ingestão de carne, mesmo sem impactar na produtividade e na saúde desses animais. Neste sentido, de acordo com um estudo realizado em 2018, por Menezes e colaboradores, as taxas de contaminação de carcaças de frango de mesorregiões do estado de Minas Gerais por coliformes totais e termotolerantes foi de 34,2% e 13,5%, respectivamente. Além disso, da presença de *Staphylococcus spp.* em todas as amostras avaliadas, em 9,1% havia a contaminação por *Salmonella spp.*, 2,1% por *Campylobacter spp.*, e 3,75% foram positivas para *E. coli*. (MENEZES et al., 2018).

Em todos os casos de presença de contaminação nessas aves ou produtos oriundos da avicultura, a primeira medida de controle destas doenças tem como foco a prevenção da propagação através de rigorosas normas de biossegurança e medidas profiláticas e terapêuticas como vacinação e uso de compostos antibacterianos.

Desde sua introdução na indústria avícola, os antibióticos têm sido utilizados para promover um aumento na conversão alimentar, taxas de crescimento e prevenção de doenças. Além disto, tem sido considerado o uso sub-terapêutico destes compostos afim de modular a microbiota intestinal das aves e reduzir o potencial de transmissibilidade desses patógenos para os consumidores (MENDI et al., 2018; MURRAY et al., 2021).

1.3 USO DE ANTIBIÓTICOS NA AVICULTURA

Com o início do uso de antimicrobianos na veterinária, a saúde e a produtividade animal têm melhorado significativamente, essas substâncias possuem os aditivos também chamados de promotores de crescimento. A introdução dos antibióticos como aditivos teve início em 1950, demonstrando benefícios principalmente no ganho de peso, conversão alimentar e diminuição na mortalidade. Esses benefícios ocorrem através da exclusão de bactérias que competem por nutrientes ou causam lesões a nível intestinal (ALMEIDA, 2022).

O consumo global de antimicrobianos na produção animal em 2010 foi estimado em mais de 63 toneladas, com previsão de aumento em 67% até 2030, impulsionado pelo crescente número de animais criados para produção de alimentos. No estudo conduzido por Van Boeckel e colaboradores, cinco países eram considerados os maiores consumidores de antimicrobianos no mundo, sendo eles: China (23%), Estados Unidos (13%), Brasil (9%), Índia (3%) e Alemanha (3%), em 2010, e esse panorama tende a ser mantido até 2030.

Com alto consumo dos antibióticos identificados no Brasil tem motivado o início de estratégias que modifiquem o sistema de produção pecuária mantendo a sanidade animal, a produtividade e reduzindo o uso desses agentes antimicrobianos (VAN BOECKEL et al., 2015). Neste mesmo estudo, Van Boeckel et al. (2015) destaca que a média de consumo de antimicrobianos em bovinos é menor do que em aves e suínos. Além do mais, mesmo após serem metabolizados, 30 a 90% desses compostos antimicrobianos são excretados no ambiente pela urina e fezes destes animais, contribuindo como contaminante ambiental direto e indireto (MENDI et al., 2018). Além do mais, o uso indiscriminado de antibióticos também pode exercer risco para saúde humana devido ao desenvolvimento de bactérias resistentes, conforme tem sido evidenciado em diversos estudos relacionados a patógenos bacterianos oriundos de

avicultura (DAVIS et al., 2018; LIU et al., 2017; MELLOR et al., 2019; WU C et al., 2018; BOECKEL et al., 2019).

Interessantemente, o estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, tem sido apontado, junto a outros países em desenvolvimento como um dos reservatórios de resistência antimicrobiana as classes de antimicrobianos mais utilizadas na produção animal: tetraciclinas, sulfonamidas e penicilinas. De 2000 a 2018, a resistência aumentou em mais de 50%, sendo maior em frangos e suínos, e impactando na saúde animal e, eventualmente, na saúde humana (BOECKEL et al., 2019). Essas taxas tem impactado, portanto, em uma só saúde (*One Health*), já que o aumento da produção animal implicará em mudanças nas práticas agrícolas tradicionais, a fim de minimizar os danos que o uso de antibióticos possa trazer, também, a saúde humana e ambiental (RABELO et al., 2020).

Levando em conta esses dados há uma tendência para exclusão dos aditivos promotores de crescimento e a introdução de novas estratégias que minimizem os impactos negativos sobre a saúde das aves. Pesquisas avaliam o uso substitutivos aos antimicrobianos que não deixem resíduos e que garantam o bom desempenho das aves e a segurança alimentar, como moléculas antimicrobianas de uso exclusivo animal, entre outras alternativas como probióticos, prebióticos, simbióticos e aditivos fitogênicos, que não interfiram com o desenvolvimento da flora bacteriana, sem provocar resistência, melhorando o desempenho dos animais (VALENTIM et al., 2018; ALMEIDA, 2022).

Em meio aos novos caminhos que devem ser desenvolvidos na nutrição animal, a melhoria na produtividade dos animais deve estar em sincronia com o bem estar e a elevação do potencial imunológico. Deste modo, se faz cada vez mais importante a imunonutrição, que pode ser definida como a capacidade de aumentar a resistência do organismo a doenças através da utilização de nutrientes imunomoduladores. Visto que, uma dieta balanceada pode contribuir com o fortalecimento do sistema imunológico dos animais, permitindo modificar positivamente as respostas imunológicas as doenças e favorecendo o desempenho e bem estar animal (SOUZA et al., 2020).

1.3.1 Restrição no uso de antimicrobianos

O impacto da resistência antimicrobiana tem impulsionado um maior controle na utilização de agentes antimicrobianos na produção animal (como promotores de crescimento e para fins terapêuticos), sendo que a União Europeia foi pioneira no desenvolvimento de políticas que restringissem o uso de agentes antimicrobianos como aditivos para melhorar o desempenho zootécnico em animais de produção, desde 2006 (CASTANON, 2007). O Brasil, motivado pela pressão internacional, tem estabelecido gradualmente regulamentações para aumentar o rigor no uso de antibióticos e outros aditivos que melhoram o desempenho.

Em 1998 foi instituída a proibição de avoparcina, no Brasil, para fins promotores de crescimento ou melhoradores de desempenho animal pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), seguindo-se de uma progressão de novas portarias e instruções normativas envolvendo o Ministério da Agricultura e Pecuária e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), sendo que em 2020 foi publicada a última instrução normativa na qual ficam proibidas em todo o território nacional, a importação, fabricação, comercialização e utilização de aditivos melhoradores de desempenho contendo os antimicrobianos tilosina, lincomicina e tiamulina, já que estes são classificados como importantes na medicina humana (MAPA, 2020), e, segundo a Organização Mundial da Saúde, a o desenvolvimento e seleção de mecanismos que resultam em resistência cruzada poderiam ser impulsionados pelo uso destes compostos na produção animal (RABELLO et al., 2020).

Além da criação de associações de produtores pecuários (incluindo aves, suínos, bovinos e peixes) para a promoção do uso responsável e racional de agentes antimicrobianos, através da participação de diferentes atores envolvidos na produção de proteínas animais - cadeia produtiva” (ALIANÇA, 2023), diversas alternativas tem sido propostas, envolvendo substância antioxidante com bioatividade e micronutrientes obtidos de fontes naturais que possam ser utilizadas para mitigar os impactos que o uso desses antibióticos tem tido sobre a sanidade animal, e sua íntima relação com a saúde ambiental e humana. Esses produtos envolvem efeitos em relação ao estado metabólico, a diminuição do stress fisiológico, a inibição da excursão de citocinas pelos macrófagos e a atividade antimicrobiana, aumentando assim a imunidade (HAFEZ et al., 2020).

1.4 MICROALGAS NA AVICULTURA

A população mundial tem crescido exponencialmente e segundo dados recentes, estima-se que em 2050 esse número chegue as 9,5 bilhões de indivíduos, consequentemente a produção de alimentos terá que duplicar para atender às necessidades globais (UNDES 2017). Nesta perspectiva, é necessária uma fonte alternativa para manter e aumentar a produção de produtos animais, que proporcionem uma produção rápida e em massa de valiosos metabolitos bioativos de nutrientes, especialmente para populações de baixos rendimentos. Sendo assim, as microalgas parecem ser uma fonte alternativa potencialmente viável, já que a humanidade as utiliza há séculos de produtos naturais como esse para suplementar sua própria alimentação e como fonte de atividades medicinais, muitas das quais ainda não validadas cientificamente (WANG et al., 2021; KAUR et al., 2023).

Até o momento, cerca de 30 mil espécies de microalgas foram documentadas. As microalgas são organismos fotoautotróficos que atuam como fonte da cadeia alimentar de mais de 70% da biomassa mundial (HEMANTKUMAR & RAHIMBHAI, 2020), sendo ricas em compostos nutricionais como carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas, pigmentos e sais minerais, podendo ser utilizadas na alimentação humana e animal (KOYANDE et al., 2019; KUSMAYADI et al., 2021). Além do papel nutricional, diversos destes compostos também apresentam atividade biológica, como ação antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana, com potencial aplicação em diferentes indústrias, como a farmacêutica, a alimentar e a cosmética (KULSHRESHTHA et al., 2020).

O mercado global de aditivos para alimentação animal e suplementos nutricionais foi avaliado em 54 mil milhões de dólares em 2018 e estima-se que gere uma receita líquida de 64 mil milhões de dólares até 2025, crescendo a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 2,7%. Em todo o mundo, o mercado de nutrição animal é em grande parte impulsionado por uma demanda crescente por rações para aves, que constitui cerca de 47% do consumo total (KULSHRESHTHA et al., 2020). Neste sentido, a produção anual de microalgas tem sido estimada em cerca de 7 mil de toneladas, com um mercado global estimado em cerca de US\$ 4 bilhões (BRASIL et al., 2017), sendo, aproximadamente 40% deste valor gerado pelo setor alimentício, 23% na produção de ácido docosaheptaenóico (DHA), e 11% pela aquicultura (HEMANTKUMAR & RAHIMBHAI, 2020).

Segundo Silva (2022) é elevado o número de pesquisas sobre a introdução de microalgas e compostos bioativos na intenção de contribuir com o desenvolvimento

de compostos de alto valor nutricional para aves. Desse modo, estudar e caracterizar a biomassa de diferentes microalgas torna-se importante para a inserção no mercado e devido à alta variabilidade biológica desses organismos, conhecer sua composição e bioprodutos de modo a ampliar a diversidade de microalgas aplicadas comercialmente apresenta grande interesse industrial, com inúmeros benefícios na suplementação de aves de corte e galinhas poedeiras.

A suplementação dietética com microalgas pode alterar expressões de genes relacionados a características físicas e químicas do frango, alterando a maciez (calpaína, calpastatina), a capacidade de retenção de água da carne (creatinina quinase, piruvato quinase) e pH (aenolase 1, b-enolase 3) (KAYLA et al., 2022).

Segundo Brasil et al. (2016) a biomassa de algas possui vantagens consideráveis sobre matérias-primas tradicionais, como elevada produtividade, superando em até 10 vezes as culturas agrícolas tradicionais; eficiência na captura de carbono; elevado teor lipídico; são menos dependentes da pureza da água, sendo possíveis de serem cultivadas em água do mar, salobra ou resíduos, o que possibilita, inclusive que sirvam de biorremediadores de efluentes e a possibilidade de serem produzidas sob condições não cultiváveis .

A produção das microalgas tem sido maior que a de algas e tem aumentado progressivamente com o passar dos anos, sendo utilizadas principalmente no mercado de cosméticos, higiene pessoal e nutrição humana e animal (KAUR et al., 2023). O potencial biológico atribuído a elas está relacionado aos diversos bioprodutos com propriedades funcionais que podem produzir, tais como enzimas, vitaminas, esteróis, pigmentos, ácidos graxos, proteínas e alcalóides (PAI et al., 2022).

Segundo a PORTARIA Nº 359, DE 9 DE JULHO DE 2021 DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, algumas espécies de microalga constam na lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes, aditivos e veículos para uso na alimentação animal (BRASIL, 2021). sendo que esta foi recentemente atualizada (setembro de 2023), sendo elas: *Aurantiochytrium* sp.; *Prototheca moriformis*; *Spirulina* spp.; *Isochrysis* spp.; *Phaeodactylum* spp.; *Nannochloropsis* spp.; *Tetraselmis* spp.; *Thalassiosira weissflogii*; *Schizochytrium* sp.

1.4.1 Atividade antibiótica das microalgas

A utilização de biomassa de microalgas para a produção de nutraceuticos, produtos farmacêuticos e alimentos funcionais está aumentando rapidamente, à medida que compostos bioativos derivados de microalgas são opções interessantes para as indústrias nutraceutica, alimentícia e farmacêutica no desenvolvimento de novos produtos (KHAVARI et al., 2021; SHANNON & ABU-GHANNAM, 2016).

Nos últimos anos, vários investigadores demonstraram na literatura que compostos bioativos isolados de várias espécies de microalgas possuem diversas aplicações farmacêuticas como atividades anti-inflamatórias, antimicrobianas e antioxidantes e têm a capacidade de melhorar a saúde e diminuir o risco de doenças degenerativas (SANTHOSH et al., 2016; KUSMAYADI et al., 2021; BULE et al., 2018).

Kaur et al. (2023), em uma recente revisão destaca nove artigos que demonstram o potencial antibacteriano de diferentes espécies de microalgas, os quais foram publicados entre 1999 e 2015. Estes estudos englobam extratos utilizando diferentes solventes orgânicos e também ácidos graxos, pigmentos e polissacarídeos como potenciais compostos ativos. Além disso, *Chlorella spp.*, a primeira microalga a ter um composto antimicrobiano descrito em 1940 (clorelina), se destaca por estar presente em três estudos, os quais demonstram atividade antimicrobiana frente a microrganismos Gram positivos e Gram negativos, e cujo mecanismo proposto foi associado a perturbação da estabilidade e permeabilidade da bicamada fosfolipídica, vazamento de substâncias internas, diminuição da absorção de nutrientes ou inibição da respiração celular (BENFIELD & HENRIQUES 2020) .

Outro ponto importante é a atividade contra patógenos de frangos que tem sido constantemente reportada, seja frente a *Salmonella spp.*, *E. coli* ou *Staphylococcus spp.*, atribuída a diferentes compostos oriundos de diversas espécies de microalga como *Chlorella vulgaris*, *Porphyridium aeruginosa*, *Euglena viridis*, *Chlorella humicola*, *Cenadesmo oblíquo*, *Rhodella reticulada*, e mais recentemente, *Chaetoceros muelleri*, por exemplo. Por outro lado, nenhum destes estudos traz o enfoque do uso destas microalgas na suplementação de frangos, como uma alternativa a antibioticoterapia que está cada vez mais restritiva, em função dos elevados índices de resistência antimicrobiana (SHABUDEEN SYED 2015; PANE et al., 2015, DAS et al., 2005; GHASEMI et al., 2007; GUEDES et al., 2011; BHAGAVATHY 2011; CAPRARA et al., 2023).

Considerando, portanto, todos estes benefícios, as microalgas tem ganhado destaque, ainda, pelos efeitos positivos de sua utilização como potencializadora da

qualidade da carne e dos ovos, através do aumento da concentração de ácidos graxos poliinsaturados n-3 e carotenóides, elevando os índices de desempenho e função imunológica. Além disso, o uso de algumas espécies de microalgas, como a *Nannochloropsis gaditana*, *Schizochytrium limacinum*, *Phaeodactylum tricornutum*, e *Isochrysis galbana*, na nutrição de frangas gera uma potente fonte de nutrientes, podendo ser uma forma alternativa de enriquecimento de ovos com LCPUFAs n-3 (KHAVARI et al., 2021; THAPA, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão integrativa nas principais bases de dados da área da saúde sobre o potencial das microalgas como uma estratégia para a restrição de antimicrobianos na avicultura e promoção do desenvolvimento econômico mundial na produção de aves.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Buscar, em bases de dados nacionais e internacionais da área da saúde, artigos de pesquisa que descrevam o potencial antimicrobiano de microalgas na avicultura;
- Buscar, nas bases de dados, referências que proponham o uso de microalgas ou compostos derivados delas para a manutenção e promoção da saúde, bem como na produção animal, e, especificamente, de aves no contexto das doenças infecciosas;
- Relacionar os achados encontrados e discutir com o panorama mundial da avicultura em termos econômicos e sociais, a fim de propor alternativas sustentáveis e possível para alavancar a competitividade econômica nacional e global.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho consiste em uma revisão integrativa da literatura, cujos dados foram coletados a partir de fontes secundárias, por meio de levantamento bibliográfico (MASCARENHAS et al., 2019).

Neste estudo, a revisão integrativa da literatura passou pelas seguintes etapas:

- 1) Identificação do tema de pesquisa: “Uso de antibióticos na avicultura”
- 2) Escolha dos bancos de dados: BVS (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online), Pubmed (U. S. National Library of Medicine) e Scielo (Scientific Electronic Library Online).
- 3) Estabelecimento dos critérios de inclusão/exclusão:
 - a. Critérios de inclusão: Artigos completos e disponíveis online publicados em inglês ou português, periódicos nacionais e internacionais, no período de dezembro de 2013 a dezembro de 2023 foram incluídos.
 - b. Critérios de Exclusão: Trabalhos encontrados no mesmo período, que sejam relacionados a resumos em anais, teses, revisões bibliográficas e dissertações, bem como, textos não disponíveis na íntegra, foram excluídos.
- 4) Determinação das palavras-chave: antibiótico/Antimicrobiano “and/or/not”, avicultura “And/or/not”, microalga “and/or/not”
- 5) Busca nos idiomas: Inglês/português
- 6) Indicação do filtro limite: texto grátis, idioma, ano, artigo, disponível na íntegra.

A partir disso, os textos foram lidos estabelecendo a seguinte pergunta de pesquisa: “Existem estudos que revelem o potencial antimicrobiano/promotor do crescimento das microalgas na avicultura?”

Para selecionar os artigos do banco de dados, seguimos as etapas mencionadas acima, de forma a assegurar a totalidade dos dados relevantes, minimizando o risco de erros na transcrição e garantindo a precisão na checagem das informações. Além do descritor não controlado selecionados, realizamos cruzamentos dos descritores: Antibiótico/Antibacterianos, avicultura, microalgas, através dos conectores booleanos “And/or/not”.

Desta forma, todos os resumos foram lidos, e, aqueles que obedeciam aos critérios elencados foram selecionados para leitura na íntegra, sendo os dados extraídos de cada um tabulado em uma planilha Excell contendo o título, autores, ano,

microalga analisada, objetivo principal para uso desta microalga e principais resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento da indústria avícola foi um dos grandes impulsionadores do uso irracional de antibióticos a fim de reduzir a mortalidade e perdas econômicas no setor, o que contribuiu direta e indiretamente para a disseminação de resistência antimicrobiana no âmbito da saúde única, uma vez que impacta na saúde animal de forma direta, influenciando na saúde humana através da exposição acidental ou pelo consumo e na saúde ambiental através da deposição de resíduos originários destes produtos alimentícios e de dejetos animais (RAFIQ et al., 2022). Desta forma, políticas restritivas vêm sendo implementadas desde os anos 2000, o que tem estimulado a busca por alternativas para manter a qualidade na produção de ovos e carne e manter a alta produtividade relacionada a avicultura (MOHAMED et al., 2023). Dentro destas propostas, a grande maioria dos estudos tem apontado para o uso de probióticos, prebióticos, fitobióticos, simbióticos como aditivos seguros.

Neste sentido, as microalgas são organismos microscópicos ricos em nutrientes, incluindo proteínas, vitaminas, minerais e antioxidantes. Além do mais, algumas microalgas contêm ácidos graxos ômega-3, como o ácido docosaexaenoico (DHA) e o ácido eicosapentaenoico (EPA), que são conhecidos por seus benefícios à saúde humana. Essas propriedades tornam as microalgas uma opção promissora como suplementos alimentares para aves. Por esta razão, a incorporação de suplementos alimentares baseados em microalgas na dieta das aves, poderia ser uma alternativa promissora ao uso de antimicrobianos na avicultura.

Estudos indicam que as microalgas possuem propriedades antibióticas naturais devido à presença de compostos bioativos, como polissacarídeos sulfatados, peptídeos e pigmentos. Esses compostos podem ajudar a melhorar o sistema imunológico das aves, aumentar a resistência a infecções e, potencialmente, promover um crescimento saudável. Além do mais, suplementos alimentares baseados em microalgas podem contribuir para a qualidade da carne produzida, já que os antioxidantes naturais presentes nas microalgas podem reduzir o estresse oxidativo nas aves, resultando em carne com menor teor de gordura e maior teor de ácidos graxos saudáveis. Isso pode ser uma vantagem competitiva para os produtores de carne de frango, atendendo à demanda crescente por alimentos mais saudáveis (THAPA, 2020).

Portanto, a partir dos dados coletados de fontes secundárias, por meio de levantamento bibliográfico, foram encontrados 64 artigos, destes 39 foram na excluídos por não se encaixarem nas normas de inclusão, restando 26 artigos que foram incluídos neste estudo (Quadro 1).

A revisão integrativa de literatura é um método que vem sendo usado desde 1980, é o conjunto de investigações de pesquisas relevantes, proporcionando o resumo de determinado assunto, apontando as lacunas do conhecimento que podem ser ocupadas com a construção de novos estudos (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Quadro 1. Artigos publicados nas bases de dados BVS, Pubmed e Scielo entre 2013 e 2023, categorizados de acordo com os resultados encontrados em relação a ação antibiótica direta ou pela imunomodulação e melhoramento zootécnico como aditivo/suplemento alimentar.

AUTORES	ANO	ESPÉCIE DE MICROALGA AVALIADA	PRINCIPAIS RESULTADOS E USO PROPOSTOS
Atividade imunomoduladora, como aditivo ou suplemento alimentar			
ALGHAMDI et al.	2024	<i>Dunaliella salina</i> <i>Spirulina</i>	O efeito da mistura destas duas microalgas evidenciou ganho de peso e na taxa de conversão alimentar, na modulação do perfil lipídico e resposta imunológica, bem como, influenciou na função hepática e renal, aumento das enzimas digestivas, e, conseqüentemente, do potencial antioxidante, bem como, na composição microbiana intestinal de pintos de corte.
AL-KHALAIFAH & UDDIN	2022	<i>Spirulina sp.</i>	Potencial no ganho de peso corporal e efeito imunomodulatório, especialmente, na resposta humoral, quando as microalgas foram adicionadas na ração de frangos de corte.
BONDAR et al.	2022	<i>Spirulina platenses</i>	Impacto positivo na histologia do duodeno, jejuno, íleo e ceco pela adição do composto obtido a partir da microalga à ração de galinhas poedeiras, bem como, melhor digestibilidade da forragem.

AUTORES	ANO	ESPÉCIE DE MICROALGA AVALIADA	PRINCIPAIS RESULTADOS E USO PROPOSTOS
Atividade imunomoduladora, como aditivo ou suplemento alimentar			
CHANG et al.	2021	<i>Spirulina sp</i>	Potencial da microalga associada a mesobiliverdina IX α como moduladora das vilosidades do duodeno, jejuno e íleo, promovendo melhora na resposta imunológica e contribuindo para a saúde intestinal de frangos de corte, uma vez que os animais alimentados com essa associação entre <i>Spirulina</i> e um agente terapêutico amplamente utilizado para o tratamento de doenças inflamatórias intestinais, tiveram aumento de <i>Lactobacillus</i> e da relação entre <i>Firmicutes</i> e <i>Bacteroidetes</i> no ceco
EL-SHARNOBEY et al.	2023	<i>Spirulina sp.</i>	Efeito nos parâmetros de desempenho de crescimento e características de carcaça em frangos de corte, tais como consumo de ração, ganho de peso e taxa de conversão alimentar.
HASSAN et al.	2022	<i>Spirulina platenses</i>	Adição de microalga na dieta de frangos de corte Fayoumi com potencial na melhora da resposta imunológica e do desempenho no crescimento destes animais.
IBRAHEIM et al.	2022	<i>Spirulina platenses</i>	A suplementação de pintos de corte com extrato de <i>Spirulina platensis</i> favoreceu o crescimento destes animais, promovendo aumento e ganho de peso, estimulando a resposta imunológica e impactando na taxa de conversão alimentar.
JAMIL et al.	2015	<i>Spirulina</i>	Microalga como promotora de crescimento, demonstrado pelo aumento significativo de peso corporal, parâmetros hematológicos e redução de níveis de aspartato aminotransferase (ALT) e alanina aminotransferase (AST)
LEE, MATTHEWS & MOORE	2022	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Ensaio utilizando a microalga expressando uma N-acetilmuramoyl-L-alanina amidase (EC 3.5.1.28) e uma enzima do tipo lisozima (EC 3.2.1.17) foram avaliados como aditivo alimentar, sendo totalmente tolerados por frangos de corte, sem efeitos negativos sob o desempenho, mortalidade, padrões hematológicos e histopatológicos.

AUTORES	ANO	ESPÉCIE DE MICROALGA AVALIADA	PRINCIPAIS RESULTADOS E USO PROPOSTOS
Atividade imunomoduladora, como aditivo ou suplemento alimentar			
MISHRA et al.	2023	<i>Spirulina (Arthrospira platensis)</i>	Uso de microalga com ingrediente sustentável para a promoção do desempenho de crescimento e melhoramento dos parâmetros de saúde intestinal de animais de corte.
ROOY et al.	2018	<i>Scenedesmus obliquus</i>	Potencial como promotor de crescimento quando incluído na dieta de frangos de corte, demonstrando aumento significativo no peso corporal e redução da conversão alimentar e aumento no título de anticorpos nesses animais.
SHAWKY et al.	2020	<i>Ânfora coffeaeformis</i>	Uso de microalga como aditivo alimentar de frangos de corte Cobb como promotora de crescimento e melhora significativa no peso corporal, ganho de peso e taxa de conversão alimentar, além de modular na imunidade desses animais.
SUGIHARTO et al.	2022	<i>Spirulina platenses</i>	Potencial no desempenho no crescimento em frangos mestiços indonésios, quando utilizada microalga como suplemento alimentar, além de redução na contagem de coliformes no trato gastrointestinal, inclusive em associação com probióticos.
SUGIHARTO et al.	2018	<i>Spirulina platenses</i>	O uso desta microalga durante 21 dias na alimentação, permitiu evidenciar que mesmo não tendo papel significativo no desempenho do crescimento de frangos de corte, interferiu positivamente na saúde intestinal destes animais, reduzindo a contagem de coliformes no íleo e os padrões hematológicos foram significativamente menores comparando com os animais não tratados com <i>Spirulina platenses</i> .
TUFARELLI et al.	2021	<i>Spirulina platenses</i>	Resultados promissores indicando que houve melhoria na cor e colesterol da gema e espessura da casca de ovos quando os animais tiveram a dieta suplementada com microalga, além de promover a capacidade antioxidante em galinhas poedeiras.

AUTORES	ANO	ESPÉCIE DE MICROALGA AVALIADA	PRINCIPAIS RESULTADOS E USO PROPOSTOS
---------	-----	-------------------------------	---------------------------------------

Atividade imunomoduladora, como aditivo ou suplemento alimentar			
WAHYUNI et al.	2023	<i>Spirulina platenses</i>	Efeito adjuvante da microalga em associação a <i>S. cerevisiae</i> na dieta de galinhas poedeiras, promovendo manutenção e equilíbrio da microbiota intestinal e no padrão zootécnico desses animais, tais como, índice e a cor da gema do ovo e contagem de eritrócitos.
Atividade antibiótica			
ABDEL-MONEIM et al.	2022	<i>Spirulina platensis</i>	<i>Spirulina</i> e nanopartículas de selênio biossintetizadas a partir desta, tiveram seu potencial antibacteriano evidenciado, uma vez que aumentaram a população bacteriana produtora de ácido láctico ileacal, reduzindo a carga microbiana de coliformes e outros patógenos como: <i>E. coli</i> , <i>Salmonella spp.</i> e <i>Enterococcus spp.</i> em frangos de corte.
ALAQIL & ABBAS	2023	<i>Spirulina platenses</i>	A adição desta microalga nas dietas de frangos de corte tem potencial para superar os efeitos da cocobacilose causada por <i>Escherichia coli</i> no desempenho dos frangos, principalmente melhorando o crescimento, atividade antioxidante, modulando a microbiota intestinal e resposta imunológica nos frangos.
ALWALEED et al.	2021	<i>Spirulina platensis</i> <i>Amphora coffeaeformis</i>	Melhoramento do desempenho de crescimento, na modulação da população microbiana intestinal, favorecendo a abundância de bactérias do gênero <i>Lactobacillus</i> e reduzindo enteropatogênicas como <i>E. coli</i> , promovendo melhores respostas fisiológicas e constituintes bioquímicos do sangue em frangos de corte.
ATYIAH & HAMOOD	2021	<i>Spirulina platenses</i>	Potencial da adição de microalga à água potável como uma alternativa a probióticos, prebióticos e antibióticos, além da capacidade de reduzir os sintomas associados a infecções por <i>Enterococcus faecalis</i> .

AUTORES	ANO	ESPÉCIE DE MICROALGA AVALIADA	PRINCIPAIS RESULTADOS E USO PROPOSTOS
Atividade antibiótica			

BALAKRISHNAN et al.	2021	<i>Chromulina</i> sp. <i>Nannocloropsis</i> sp.	Os resultados evidenciaram atividades antimicrobiana <i>in vitro</i> de esteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) de microalgas marinhas frente a <i>Listeria monocytogenes</i> , sendo esta atribuída a perda de integridade da membrana do patógeno. Além disso, em modelo de <i>Caenorhabditis elegans</i> foi possível identificar o potencial da redução da colonização intestinal do verme, bem como, eliminação da bactéria em carne de frango infectada.
HAJATI, ZAGHARI & OLIVEIRA	2020	<i>Arthrospira</i> (<i>Spirulina</i>) <i>Platensis</i>	Potencial nos padrões zootécnicos de em codornas japonesas poedeiras, e atividade probiótica com redução na contagem de <i>E. coli</i> no íleo das aves.
KANG et al.	2013	<i>Chlorella</i>	Suplementação com microalga potencializa o ganho de peso corporal e no crescimento de frangos de corte, bem como, estimula a colonização intestinal por <i>Lactobacillus</i> , repercutindo, ainda, no aumento da resposta imunológica nessas aves.
KHALILNIA et al.	2023	<i>Spirulina platenses</i>	Efeito prebiótico da microalga suplementando dietas de frangos de corte, promovendo melhoramento na anatomia intestinal, potencializando a microbiota e reduzindo a contagem de <i>E. coli</i> .
MOSTAFA et al.	2023	<i>Spirulina platenses</i>	Atividade antibacteriana frente a três importantes patógenos de frangos de corte (<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> e <i>Klebsiella</i> spp), identificada em método de difusão em disco.
ZAHARIEVA et al.	2022	<i>Scenedesmus obliquus</i>	Potencial antioxidante e antimicrobiano frente a <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> e <i>Salmonella typhimurium</i> como adjuvante a antibióticos, evidenciando o uso como nutracêuticos promotores de saúde para a avicultura.

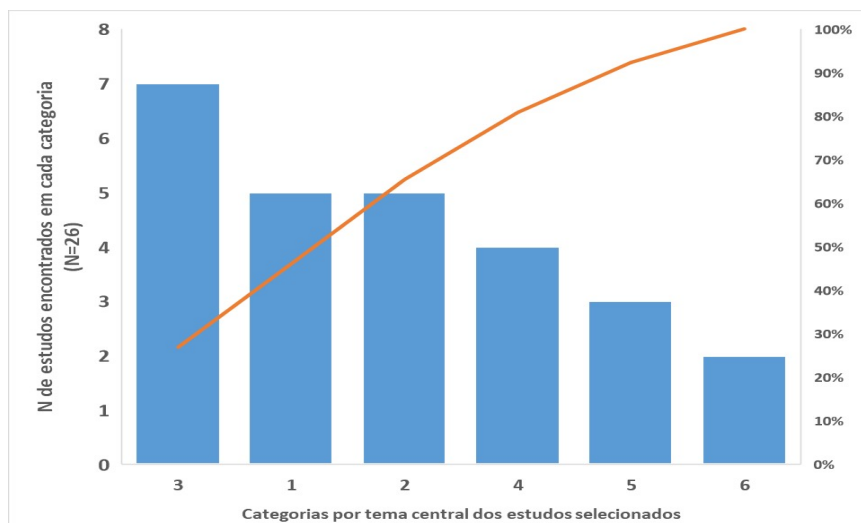
De acordo com o apresentado no Quadro 1, os estudos envolvendo a aplicação de microalgas com potencial atividade antibacteriana com espirulina tem sido conduzido desde 2013, ou seja, uma década depois de ter sido instituída a primeira proibição de avoparcina como aditivo zootécnico em animais, no Brasil. Por outro lado, outras estratégias vinham sendo explanadas ao longo desse interstício de tempo, tais como uso de probióticos, prebióticos e suplementação com ácidos orgânicos, por exemplo (VALENTIM, 2018).

Para delinear um panorama dos estudos a partir de seus resultados mais promissores, categorizamos os 26 artigos selecionados pela busca nas três bases de dados, conforme se segue:

- 1) Estudos avaliando atividade antimicrobiana *in vitro* ou infecção experimental;
- 2) Estudos propondo o uso como aditivo alimentar com potencial modulador direto na microbiota intestinal;
- 3) Estudos avaliando padrões de crescimento, histológicos e/ou hematológicos e conversão alimentar;
- 4) Estudos com atividade imunomoduladora e potencial no crescimento;
- 5) Estudos com atividade imunomoduladora interferindo, inclusive, na composição da microbiota intestinal;
- 6) Estudos avaliando a interferência destes aditivos alimentares na qualidade e produção de ovos.

Desta forma, foi possível identificar os seis principais objetivos e resultados encontrados quando buscamos o potencial do uso de microalgas na avicultura, especialmente, seu papel como promotor de crescimento e contra infecções em aves, sendo este apresentado na Figura 1.

Figura 1. Distribuição dos 26 estudos selecionados neste trabalho de acordo com sua categoria/tema central de estudo em relação a avicultura e uso de microalgas.



Fonte: Resem (2024)

4.1 EFEITO DA ADIÇÃO DE MICROALGAS NA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA, RESPOSTA IMUNOLÓGICA E NO CRESCIMENTO DE AVES

Considerando, portanto, a distribuição apresentada na Figura 1, pudemos perceber que cerca de 90% dos estudos avaliaram a suplementação dietética com foco em padrões de crescimento. Neste contexto, Sugiharto et al. (2022), relata que devido ao alto teor de proteína (55-70%) e aminoácidos as microalgas, tem sido apontada devido a possibilidade de utilizá-las como suplementação dietética, pois se assemelham com o farelo de soja na dieta, e com isso se caracterizariam como uma fonte alternativa de proteína para frangos. Além disso, o potencial das microalgas como fonte de ácidos graxos, vitaminas e outros compostos bioativos, além de corantes para pele e ovos de aves, tem sido explorado em estudos, especialmente relacionados a *Spirulina* e *Chlorella*, como aditivos nas dietas aviárias, tornando a ingesta mais eficiente e recuperando efeitos positivos na produção e qualidade da carne e ovos.

No estudo de Jamil et al. (2015), foi feita uma avaliação dos efeitos das microalgas como aditivo alimentar para potencializar o crescimento de frangos, o mesmo, sugere a utilização da microalga *Spirulina sp.* como uma alternativa dietética e suplemento alimentar seguro para a produção de frangos de corte.

Por outro lado, no estudo de Rooy et al. (2018), foram avaliadas diferentes concentrações de *Scenedesmus obliquus* na água, verificando aumento na ingesta de

água pelo grupo avaliado durante o período testado, além de favorecer o peso corporal e reduzir a conversão alimentar dos frangos de corte, e de impactar em parâmetros sanguíneos, relacionados com a resposta imunológica e redução de triglicerídeos e colesterol, especialmente quando a microalga representou 75 e 100% da ingesta destes animais.

Em estudo conduzido por um grupo Romeno, o uso de um produto obtido a partir de *Spirulina platensis* (ZooBioR2) como suplemento nutricional, demonstrou diminuição significativa em relação a morfologia da mucosa intestinal, o que poderia estar envolvido na maior absorção de nutrientes e consequentemente melhor digestibilidade da forragem (BONDAR et al., 2022). Já, Mishra et al. (2023), propõem o suplemento nutracêutico de aves Cobb com espirulina e/ou xilanase, por até 35 dias, observando que a conversão alimentar foi reduzida em mais de 6%, promovendo desempenho no crescimento e melhorando alguns parâmetros da saúde intestinal destes animais.

Recentemente, Alghamdi et al. (2024) afirmaram que as microalgas apresentam elevado teor de proteína, vitaminas C e B 12, e de provitamina A, como é o caso da *Dunaliella salina*, que contém cerca de 57% de proteína. Além disso, a associação entre duas microalgas (*D. salina* e *Spirulina*) reduziu os valores de colesterol total, melhorou a resposta imunológica, além das funções hepáticas, e promoveu o aumento de enzimas antioxidantes como catalase e glutathione reduzida.

Considerando, ainda, que as doenças inflamatórias intestinais, advêm de perturbações entre a microbiota intestinal e resposta imunológica intestinal, Chang et al. (2021), investigaram os efeitos de extratos de espirulina enriquecidos com mesobiliverdina IX α , identificando modificações significativas no padrão histológicos das vilosidades do duodeno, jejuno e íleo, além de aumentar a relação *Firmicutes* / *Bacteroidetes* no ceco dos frangos e a abundância de bactérias lácticas intestinais. Em relação a resposta imunológica direta, houve redução de citocinas pró-inflamatórias.

Alguns estudos destacam que além do potencial dietético das microalgas, algumas delas também ganham espaço por aumentar a palatabilidade da ração, por serem ricas em minerais, vitaminas e β -caroteno e fucoxantina, assim, aumentando o consumo da mesma e se tornando um potente aditivo alimentar e aplicações nutracêuticas, como provitamina (EL-SHARNOBEY et al., 2023, SHAWKY et al., 2020). Além disso, segundo Shawky et al. (2020) microalgas como *Ânfora*

coffeaeformis apresentaram ação antioxidante e imunomoduladora as quais poderiam ser relacionadas a riqueza de ácidos graxos polinsaturados (PUFAs), como o Docosaexaenoico, ácido eicosapentaenoico (EPA) e α -linoleico, o que favoreceria, ainda mais, o seu uso como aditivo alimentar em frangos de corte Cobb.

A obtenção de um aditivo alimentar derivado de *Chlamydomonas reinhardtii* expressando uma N-acetilmuramoil-L-alanina amidase e lisozima foi avaliada por Lee, Matthews & Moore (2022), obtendo-se resultados promissores já que foi totalmente tolerado pelos frangos de corte, sem nenhum efeito sob parâmetros histopatológicos, hematológicos e de mortalidade.

Estudos mostraram, ainda, os efeitos promotores de crescimento de frangos de corte expostos a dietas com *S. platensis*, justificada pela sua vasta composição e citam que a mesma tem potencial prebiótico por ser rica em polissacarídeos (SUGIHARTO et al., 2018; SHAKOORI et al., 2018). Desta forma, os resultados publicados por Al-Khalaifah et al. (2022), mostram que além da produção de ração para frangos com microalgas, elas promoveriam elevação do estado imunológico celular e humoral em frango de corte, além de promover uma microbiota intestinal saudável, e assim, inibir o crescimento de bactérias patogênicas.

Hassan et al. (2022), demonstraram em seu estudo que frangos suplementados com até 1% de *Spirulina platenses* na dieta, são afetados positivamente em alguns parâmetros bioquímicos sanguíneos importantes, tais como porcentagem de linfócitos e leucócitos. Além da comprovada melhora na imunidade, pode-se verificar aumento no crescimento, principalmente, relacionado ao ganho de peso corporal destes animais. Semelhantemente, Ibraheim et al. (2022) identificaram ganho de peso corporal final, redução no consumo de ração e na taxa de conversão alimentar e influência expressiva nos níveis séricos de imunoglobulinas M (IgM) e G (IgG) em aves de corte suplementadas com doses de 30 e 50 g/kg de extrato de *S. platenses*.

Considerando os produtos derivados da avicultura, dois estudos evidenciaram o papel da suplementação nutracêutica com microalgas na postura e qualidade de ovos, sendo que os ensaios conduzidos por Wahyuni et al. (2023), evidenciaram a melhora na cor da gema de ovos de frangos de postura, assim como, o aumento na contagem de eritrócitos e a manutenção no equilíbrio da microbiota intestinal destes indivíduos, com a suplementação de microalga *S. platenses*. Por outro lado, Tufarelli et al. (2021), propõem a combinação de espirulina com *Equisetum arvense* a fim de melhorar as características sanguíneas e capacidade antioxidante em galinhas

poedeiras, mas em relação a produção, peso e massa dos ovos, não houveram diferenças significativas, contudo, essa combinação poderia melhorar os parâmetros físicos do ovo, tais como resistência e cor da gema e espessura da casca.

A atividade prebiótica de microalgas sugere que as mesmas favorecem a microbiota intestinal, reduzindo a manutenção e proliferação de bactérias enteropatogênicas nestas aves (SUGIHARTO, 2020). Compostos fenólicos, como floroglucinol e a apigenina, β -glucanos e pigmentos como a clorofila, já identificados de microalgas como *Spirulina* e *Chlorella* tem sido identificado como responsáveis pelo efeito positivo sobre a microbiota intestinal e potencial antibacteriano frente a patógenos como *Escherichia coli* e *Salmonella* (ABDELNOUR et al., 2019; FINAMORE et al., 2017).

Desta forma, a união entre o potencial imunomodulador da microbiota atuaria como uma importante estratégia no combate de infecções, mas também favoreceria o crescimento e manutenção do *status* de saúde na avicultura.

Em estudo conduzido em 2018, Sugiharto et al., não encontraram diferença significativa no desempenho do crescimento dos frangos de corte, porém, o peso relativo das aves foi maior quando houve inclusão de *S. platenses*, por sete dias. Além disso, reduziu os padrões hematológicos e o isolamento de coliformes no íleo e ceco destas aves. Por outro lado, em estudo realizado em 2022, o mesmo grupo propôs que o uso combinado de espirulina a um probiótico (*Saccharomyces cerevisiae*) favoreceria não somente o peso corporal, mas, também, reduziria a contagem de coliformes intestinais de frangos mestiços indonésios (SUGIHARTO et al., 2022).

4.2 ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE MICROALGAS FRENTE A PATÓGENOS DA AVICULTURA

O aumento da resistência aos principais fármacos disponíveis para o tratamento de infecções de elevada morbimortalidade mundial, bem como os esforços ineficazes de imunização contra vários agentes patogênicos representam uma ameaça significativa para a indústria avícola, desta forma, fontes alternativas de compostos com propriedades antimicrobianas que minimizem os efeitos negativos que as doenças infecciosas bacterianas como aquelas causadas por *Salmonella*, *E. coli* e outros patógenos tem emergido como uma necessidade urgente que reduziria

as perdas econômicas e a mortalidade em frangos de corte, principalmente (EL-SHALL, et al., 2023).

Dez estudos foram direcionados pontualmente para a avaliação da atividade antimicrobiana frente a patógenos como a *S. aureus*, *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella* spp e *Enterococcus faecalis*, sendo que 8/10 investigaram o potencial da microalga *Spirulina platensis* como moduladora da microbiota intestinal, tendo sido frequentemente reportada como indutora de *Lactobacillus* e com potencial antimicrobiano frente a patógenos entéricos de aves.

Através da busca nas bases de dados (BVS, Pubmed e/ou Scielo), foi possível identificar Shakoori, Rezaei & Chashnidel (2018) como um dos primeiros estudos evidenciando as propriedades antimicrobianas de microalgas e seu efeito sobre os padrões zootécnicos de frangos de corte. Neste trabalho, os autores propõem que a adição da microalga *S. plantensis* (livre ou microencapsulada) a dieta de frangos jovens de corte da linhagem Ross 308 (com cerca de um dia de idade) reduz a contagem de coliformes e aumenta a população de *Lactobacillus*, além de, promover redução da gordura abdominal e aumentar o rendimento da carcaça desses animais. Porém, esse artigo está disponível apenas em persa, e, portanto, não pode ser incluído em nossa busca.

Neste contexto, os compostos oriundos de espirulina tem sido proposto como uma alternativa aos antibióticos, especialmente, quando adicionados a alimentação de galinhas, uma vez que tem sido identificado quanto as suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, imunomoduladoras entre outras (KANG et al., 2013).

Em codornas poedeiras, Hajati et al. (2020), revelaram os efeitos benéficos do extrato de *Spirulina* na dieta, sob condições de estresse calórico, uma vez que, estes animais, após 140 dias, tiveram aumento da população de probióticos e redução de enteropatógenos no íleo. Em 2023, Khalilnia et al. avaliaram *Spirulina platensis* em combinação com um probiótico comercial como alternativa aos antibióticos, reforçando os resultados anteriores, relacionados a atividade antibacteriana frente a *E. coli* e favorecendo a proliferação de *Lactobacillus* no ceco de frangos de corte machos (Ross 308) com um dia de idade.

Semelhantemente, Akwaleed et al. (2021) identificaram, após 35 dias, que dietas suplementadas com espirulina foram capazes de interferir na concentração de *Lactobacillus* e *E. coli*, o que também ocorreu quando frangos de corte foram

alimentados com a microalga marinha *Amphora coffeaeformis*. Além disso, as dietas contendo essas duas espécies de microalgas, promoveram ganho de peso corporal, melhoria nos valores de conversão alimentar e nos parâmetros bioquímicos séricos destes animais.

Já Mostafa et al. (2023) relataram a atividade antibacteriana do extrato de espirulina, *in vitro*, contra bactérias isoladas de órgãos internos de frangos de corte frescos (pulmões, fígado e rim), sendo a bactéria mais frequentemente identificada durante as análises bacteriológicas, *E. coli*, presente em 100% das amostras, seguida de *Klebsiella* e *S. aureus*, sendo estas representativas de 84,4% e 35,5%, respectivamente. Em relação ao perfil de susceptibilidade, avaliado pelo método de disco de difusão, desses microrganismos ao extrato aquoso de *S. platensis*, destacou-se o potencial antimicrobiano encontrado frente a *S. aureus* e *E. coli*, apresentando halos de inibição até 4x maiores que os evidenciados nos testes contra *Klebsiella*.

Estudos anteriores têm proposto que o potencial antibacteriano de *Spirulina platensis* poderia ser vinculado ao alto teor de ácido γ -linolênico, e outros ácidos graxos como ácidos láurico e palmitoléico (De MULE et al., 1996; MENDOLA et al., 2007; XUE et al., 2002). Neste sentido, Thapa et al. (2020), descreveram o potencial efeito antibiótico de microalgas contra bactérias patogênicas para frangos, e cita ácidos graxos poli-insaturados como agentes com potencialidades bioativas, aumentando a pigmentação e o valor nutricional de carcaças e de ovos para consumo humano. Por outro lado, tem sido amplamente investigada quanto ao potencial na produção de proteínas, microelementos, vitaminas e agentes antioxidantes, porém estes estudos serão descritos nos próximos tópicos deste trabalho.

Além disso, Abdel-Moneim et al. (2022) conduziram um estudo avaliando o impacto da incorporação de *Spirulina platensis* e nanopartículas de selênio de forma individual ou combinada no desempenho de crescimento, *status* antioxidante, resposta imune humoral e populações microbianas de frangos de corte estressados pelo calor. Ao término do período de suplementação dietética proposto pelos autores (35 dias), foi evidenciando o aumento de peso corporal e do potencial antioxidante e imunológico nestes animais, bem como, atividade antibacteriana contra *E. coli*, *Salmonella spp* e *Enterococcus* oriundas do íleo destes animais.

Estudo recente, evidenciou o papel da suplementação alimentar com espirulina a fim de reduzir os efeitos da cocobacilose causada por *E. coli* em frangos de corte

desafiados experimentalmente. Os resultados obtidos mostraram que a adição da microalga na dieta dos frangos promoveu uma resistência significativa à redução no seu desempenho provocadas pela infecção bacteriana. Além disso, promoveu o crescimento, atividade antioxidante, resposta imune, acidose intestinal e modulou a microbiota destas aves (ALAQIL & ABBAS, 2023). Em outro contexto, o estudo feito por Atiyah & Hamood (2021), comprovou que o uso de microalga *S. platenses* adicionado na água de beber de frangos de corte, elevou o peso corporal além de melhorar o sistema imunológico das aves, devido a suas propriedades antioxidantes e antibacterianas, reduzindo os sintomas associados a infecções por *Enterococcus faecalis*.

Mesmo que a maioria dos estudos tenha utilizado *Spirulina platenses* como objeto de investigação do potencial biológico, devemos mencionar que há algumas evidências relacionadas aos desafios e limitações relacionados ao uso de espirulina como suplemento alimentar, já que alguns relatos tem demonstrado que o uso desta microalga pode afetar negativamente o desempenho da produção de frango, alterando a cor da carne e aumentando o custo em relação a outros ingredientes proteicos, e consequentemente, reduzindo a aceitabilidade para consumo (ALTMANN et al., 2022).

Por outro lado, as proteínas indigeríveis podem geleificar e aumentar a viscosidade da digesta, interferindo na ingestão dos alimentos suplementados com essa microalga (PESTANA et al., 2020). Khallina et al. (2023) tiveram modificações histomorfométricas do jejuno, incluindo o comprimento das vilosidades, profundidade das criptas, comprimento das vilosidades/profundidade das criptas e área de superfície, após exposição de frangos de corte a suplementação com *Spirulina platenses*.

Zaharieva et al. (2022) descreveram o potencial na síntese de compostos biologicamente ativos da cepa 8610 de uma outra espécie de microalga, a *Scenedesmus obliquus*, a qual apresentou capacidade para desenvolvimento de nutracêuticos promotores da saúde na avicultura, devido a sua ação antioxidante e antibacteriana frente a patógenos gram-positivos e gram-negativos.

Considerando que os patógenos utilizam mecanismos de adesão e invasão intestinal semelhantes entre seres humanos e animais, a ação antibacteriana da espirulina poderia ser atribuída a suas capacidades de prevenir a motilidade, invasão, formação de biofilme dos patógenos (EL-SHALL et al., 2021). Neste contexto, outras

duas espécies de microalgas apareceram nesta revisão, *Chromulina* sp. *Nannocloropsis* sp., tendo sido revelados os potenciais de ésteres metílicos de ácidos graxos destas microalgas frente a *Listeria monocytogenes*. Porém, a perda de integridade da membrana microbiana parece ser o mecanismo de ação relacionado a atividade antimicrobiana, bem como, na redução da colonização intestinal de *Caenorhabditis elegans* (BALAKRISHNAN et al., 2021).

Ainda, considerando o tipo de compostos químicos associados a essas respostas e a utilização do antibiótico virginiamicina, cuja restrição foi indicada pelo MAPA desde maio de 2019, como melhorador de desempenho em frangos de corte, Gadde et al. (2018), caracterizaram os perfis metabolômicos intestinais de galinhas alimentadas com esse fármaco ou bacitracina demonstrando efeitos importantes nos níveis de aminoácidos, ácidos graxos, e outros compostos (GADDE et al., 2018).

Kang et al. (2013), por sua vez, concluiu que a microalga *Chlorella* na sua formulação de 1% melhorou o ganho de peso corporal, elevou as características imunológicas e auxiliou para a evolução da microflora intestinal de frangos de corte. Com estes dados, o estudo revela que a microalga em questão tem potencial de substituir o uso de virginiamicina como antibiótico e promotor de crescimento na alimentação de aves, uma vez que mesmo não tendo efeito direto frente a *E. coli* e *Salmonella* na microflora cecal de pintos de corte, aumentou a contagem de *Lactobacillus*.

Por outro lado, com o aumento na demanda por fontes alimentares de proteína para população, resultou-se na necessidade de novos alimentos para animais que ofereçam uma fonte segura de nutrientes para criação de aves e gado (ALIANÇA, 2023). Diversos estudos relatados por Thapa et al., em sua revisão publicada em 2020 propõem o uso de microalgas de diferentes espécies (*Spirulina*, *Chlorella*, *Micracctinium*, *Schizochytrium*) adicionados a dietas com grande atuação benéfica na saúde, no desempenho e na qualidade de frangos e ovos.

CONCLUSÃO

A avicultura desempenha um papel fundamental na economia brasileira, sendo uma das principais fontes de proteína animal no país. O uso indiscriminado de antimicrobianos na avicultura tem sido associado ao desenvolvimento de genes de resistência aos antimicrobianos (ARG). Esses genes podem ser transferidos para bactérias patogênicas, tornando-as resistentes aos antibióticos. Isso representa um risco para a saúde pública, uma vez que as infecções causadas por essas bactérias resistentes, são mais difíceis de serem tratadas ou necessitam de um tratamento mais prolongado. Portanto, a restrição do uso de antimicrobianos na avicultura tem sido proposta como uma medida importante para conter a disseminação de ARG e proteger a saúde humana, animal e ambiental (*One health*).

Diante deste fato, surge um desafio crescente enfrentado pelo setor que é a restrição do uso de antimicrobianos, que tradicionalmente era usado para promover o crescimento e prevenir doenças infecciosas nas aves. O não uso de antimicrobianos na avicultura pode trazer um impacto econômico significativo. Sem esses produtos, os custos de produção podem aumentar devido à necessidade de tratamento de infecções e a uma possível diminuição na taxa de crescimento das aves, impactando negativamente a competitividade do setor e resultar em preços mais altos para o consumidor.

Mesmo que tenhamos encontrado um número pouco expressivo de estudos, conduzidos nos último 10 anos, ressaltando diretamente o uso das microalgas como antimicrobianos, outros estudos aqui discutidos, trazem de forma indireta a ação contra bactérias patogênicas, seja com objetivo principal relacionado as questões nutricionais e/ou moduladora do sistema imunológico na avicultura, especialmente, sob frangos de corte.

Dentre estas microalgas, a *Spirulina sp.* ganha destaque como principal ingrediente de matéria prima mencionado nos estudos, inclusive sendo proposta como substituto para o uso dos antibióticos. Neste trabalho foi possível realizar uma busca minuciosa pelas principais bases de dados, os estudos destacados trazem as microalgas como um constituinte interessante a ser adicionado na suplementação, além dos compostos promoverem a manutenção e a promoção da saúde animal, também agregam na proteção contra agentes infecciosos que causam sérios danos nas aves de produção. Concluimos que mesmo existindo estudos, os dados ainda são restritos, comparado a demanda exigida mundialmente no que diz respeito a produção e qualidade de produtos oriundos da avicultura e que as microalgas possuem grande potencial para substituir o uso de antibióticos na criação de frangos de corte e ovos.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MONEIM, A E et al. Spirulina platensis and biosynthesized selenium nanoparticles improve performance, antioxidant status, humoral immunity and dietary and ileal microbial populations of heat-stressed broilers. **Journal of Thermal Biology**, v. 104, p. 103195, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103195>
- ABDELNOUR, S. A.; ABD EL-HACK, M. E.; ARIF, M.; KHAFAGA, A. F. AND TAHA, A. E. The application of the microalgae Chlorella spp. as a supplement in broiler feed. **World's Poultry Science Journal**, 75, 305-318. 2019. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000047>
- AHMED, M. M. et al. Enhancement effect of Spirulina platensis extract on broiler chicks' growth performance and immunity. **Journal of Current Veterinary Research**, v. 4, n. 1, p. 156-167, 2022.
- ALAQIL, A. A.; ABBAS, A. O. The effects of dietary Spirulina platensis on physiological responses of broiler chickens exposed to endotoxin stress. **Animals**, v. 13, n. 3, p. 363, 2023. <https://doi.org/10.3390/ani13030363>
- ALGHAMDI, M. A. et al. Dietary supplementation with a mixture of Dunaliella salina and Spirulina enhances broiler performance by improving growth, immunity, digestive enzymes and gut microbiota. **Poultry science**, v. 103, n. 2, p. 103337, 2024.
- ALIANÇA. **Aliança para uso responsável de antibióticos**. Disponível em: <https://aliancaproteinaanimal.com.br/>. Acesso em: 04 de novembro de 2023.
- AL-KHALAIFAH, H.; UDDIN, S. Assessment of Sargassum sp., Spirulina sp., and Gracilaria sp. as Poultry Feed Supplements: Feasibility and Environmental Implications. **Sustainability** 2022, 14, 8968. <https://doi.org/10.3390/su14148968>
- ALMEIDA, P. C. **Promotores de crescimento na avicultura de corte: Implicações sobre o banimento do uso de antimicrobianos na ração**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu Ciências Avícolas, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.
- ALTMANN, B. A.; ROSENAU, S. Spirulina as animal feed: **Opportunities and challenges**. **Foods**. (2022) 11(7):965. doi: 10.3390/foods11070965

ALWALEED, E. A. et al. Effects of *Spirulina platensis* and *Amphora coffeaeformis* as dietary supplements on blood biochemical parameters, intestinal microbial population, and productive performance in broiler chickens. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 1801-1811, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10597-3> /

ATIYAH, W. R.; HAMOOD, M. F. Enhancing the productive performance of broiler chickens by adding *Spirulina platensis* compared with probiotic, prebiotics, and oxytetracycline. **The Iraqi Journal of Veterinary Medicine**, v. 45, n. 1, p. 31-36, 2021. <https://doi.org/10.30539/ijvm.v45i1.1037>

BALAKRISHNAN, J. et al. Anti-listerial activity of microalgal fatty acid methyl esters and their possible applications as chicken marinade. **International Journal of Food Microbiology**, v. 339, p. 109027, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109027>

BEHESHTI ROOY, S. et al. Comparison of the effect of different levels of *Scenedesmus* sp. microalgae on growth, immune response, carcass traits, and some blood parameters of broiler chickens. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 6, p. 1115-1126, 2018.

BENFIELD, A. H., HENRIQUES, S. T. Mode-of-Action of Antimicrobial Peptides: Membrane Disruption vs. Intracellular Mechanisms. **Frontiers in Medical Technology**. 2020. Dec 11;2:610997. doi: 10.3389/fmedt.2020.610997. 2020.

BERNARDO, G. L. **Cenário da avicultura no Brasil e as principais afecções - Revisão de literatura**. Defesa de Trabalho de Graduação, Curso de Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Paraíba, Campus II – Areia – PB, 2022.

BONDAR, A. et al. Effects of ZooBioR2 product as feed supplement in laying hens on the morphofunctional state of intestinal mucosa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, p. 626-632, 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-12592>

BONDAR, A. et al. Use of *Spirulina platensis* and *Curcuma longa* as Nutraceuticals in Poultry. **Agriculture**, v. 13, n. 8, p. 1553, 2023.

BRASIL - GOVERNO FEDERAL. **Brasil lidera ranking mundial de exportação de carne de frango**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2022/09/brasil-lidera-ranking-mundial-de-exportacao-de-carne-de-frango>. Acesso em: 04 de novembro de 2023.

BRASIL et al. Microalgae and cyanobacteria as enzyme biofactories **Algal Research** Volume 25, July 2017, Pages 76-89 ISSN 2211-9264, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.04.035>

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa nº 01, de 13 de janeiro de 2020**. Disponível online: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-13-de-janeiro-de-2020-239402385>

BRASIL. 2016. **Microalgas. Agroenergia Revista Ano IV**, nº 10, dezembro de 2016 <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153095/1/Agroenergia-Revista-microalgas-ed10-red.pdf>

CASTANON, J. I. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. **Poult Sci.** 2007 Nov;86(11):2466-71. 2007. doi: 10.3382/ps.2007-00249.

CHANG, C. T. et al. Effects of mesobiliverdin IX α -enriched microalgae feed on gut health and microbiota of broilers. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 586813, 2021.

COSTA, J. D. F. **Impactos das Salmoneloses na Avicultura e na Saúde Pública: Uma revisão de Literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso de Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Paraíba, Campus II – Areia – PB, 2020.

COSTA, R. G. et al. Avaliação da resistência antimicrobiana em sorovares de *Salmonella* caracterizados em carcaças de frango congeladas e resfriadas, provenientes de diferentes regiões do Brasil. 2013.

DE MULE, M. C. Z.; DE CAIRE, G. Z. and DE CANO, M. S. Bioactive substances from *Spirulina platensis* (Cyanobacteria). **Phyton** 58 (1996): 93-96.

DOS SANTOS, J. R. et al. A importância do controle da salmonella na cadeia produtiva de frangos de corte. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 167-174, 2013.

EL-SHALL, N. A.; JIANG, S.; FARAG, M. R.; AZZAM, M.; AL-ABDULLATIF, A. A.; ALHOTAN, R.; DHAMA, K.; HASSAN, F. U.; ALAGAWANY, M. Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. **Front Immunol.** 2023 Jan 31;14:1072787. doi: 10.3389/fimmu.2023.1072787.

EL-SHALL, N. A. et al. Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. **Frontiers in Immunology**, v. 14, p. 1072787, 2023.

EL-SHARNOBEY, R. R. et al. Comparative Appraisal of Relative Economic Efficiency of *Spirulina*, Cinnamon oil and Citric Acid Dietary Supplementations and Their Effect on Growth Performance and Carcass Traits in Broiler chicken. **Journal of Advanced Veterinary Research**, v. 13, n. 8, p. 1523-1529, 2023.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <https://fenix.fao.org/faostat/internal/en/#home> (FAO, 2022). Acesso em: 04 de novembro de 2023.

FINAMORE, A.; PALMERY, M.; BENSEHAILA, S. AND PELUSO, I. Antioxidant, immunomodulating, and microbial-modulating activities of the sustainable and ecofriendly *Spirulina*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. 2017. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/3247528>

FONSECA, C. S. et al. Micoplasmose em aves comerciais: imuno-histoquímica como método de diagnóstico. I JORNADA DE MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA, p. 9. 2020.

FUNKLER, G. da R. **Detecção de *salmonella spp.*, *mycoplasma gallisepticum* anticorpos contra o vírus da doença de newcastle em espécimes de *paroaria coronatae saltator similis* apreendidos pela fiscalização ambiental no RS.** 2018.

GADDE, U. D.; OH, S.; LILLEHOJ, H. S.; LILLEHOJ, E. P. Antibiotic growth promoters virginiamycin and bacitracin methylene disalicylate alter the chicken intestinal metabolome. **Sci Rep.** 2018 Feb 26;8(1):3592. doi: 10.1038/s41598-018-22004-6.

GADDE, U. D. et al. Retracted Article: Antibiotic growth promoters virginiamycin and bacitracin methylene disalicylate alter the chicken intestinal metabolome. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 3592, 2018.

GUARD-BOULDIN, J.; BUHR, R. J. Evaluation of eggshell quality of hens infected with *Salmonella enteritidis* by application of compression. **Poult Sci.** 2006 Jan;85(1):129-35. doi: 10.1093/ps/85.1.129.

HAFEZ H. M.; ATTIA Y. A. Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak. **Front Vet Sci.** 2020 Aug 26;7:516. doi: 10.3389/fvets.2020.00516.

HAFEZ, H. M. Poultry health-looking ahead to 2034. **World Poult** 25 (2010): 16-7.

HAJATI, H.; ZAGHARI, M.; OLIVEIRA, H. C. *Arthrospira (Spirulina) Platensis* can be considered as a probiotic alternative to reduce heat stress in laying Japanese quails. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 22, p. eRBCA-2018-0977, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0977>

HAMAD, G. et al. Evaluation of the prevalence of *Staphylococcus aureus* in chicken fillets and its bio-control using different seaweed extracts. **Foods**, v. 12, n. 1, p. 20, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods12010020>

HASSAN, R. I. M. et al. Effect of dietary microalgae (*Spirulina platensis*) on growth performance, ingestive behavior, hemato-biochemical parameters, and economic efficiency of Fayoumi broilers. **Life**, v. 12, n. 11, p. 1892, 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2022.pdf>

II VIGISAN National Survey on Food Insecurity in the Context of the Covid-19 Pandemic in Brazil. ISBN: 978-65-87504-52-0, 2022. Disponível em: <https://olheparaafome.com.br/wpcontent/uploads/2022/09/OLHESumExecutivoINGLES-Diagramacao-v2-R01-02-09-20224212.pdf>

JAMIL, A. B. M. R. et al. Prebiotic competence of *Spirulina* on the production performance of broiler chickens. **J. Adv. Vet. Anim. Res.**, 2(3): 304-309. 2015. DOI: 10.5455/javar.2015.b94

JUNGES, M. S.; ZAT, L. H. S. **Biosseguridade na Avicultura de Corte: Impactos na Produção e Alternativas Para Prevenção de Doenças.** Arquivos de Ciências

Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, Umuarama, v.26, n.1, p. 134-151, 2023. ISSN 1982-1131.

KALIA, S.; LEI, X. G. Dietary microalgae on poultry meat and eggs: explained versus unexplained effects. **Curr Opin Biotechnol**. 2022 Jun;75:102689. doi: 10.1016/j.copbio.2022.102689.

KANG, H. K. et al. Effect of various forms of dietary Chlorella supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 1, p. 100-108, 2013. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2012-00622>

KAUR, M., BHATIA, S., GUPTA, U. et al. 2023. Microalgal bioactive metabolites as promising implements in nutraceuticals and pharmaceuticals: inspiring therapy for health benefits. **Phytochem Rev** 22, 903–933 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11101-022-09848-7>

KHALILNIA, F. et al. Effects of dietary supplementation of probiotic and Spirulina platensis microalgae powder on growth performance immune response, carcass characteristics, gastrointestinal microflora and meat quality in broilers chick. **Veterinary Medicine and Science**, v. 9, n. 4, p. 1666-1674, 2023. DOI: 10.1002/vms3.1154

KHAVARI, F., SAIDIJAM, M., TAHERI, M. et al. Microalgae: therapeutic potentials and applications. **Mol Biol Rep** 48, 4757–4765 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06422-w>

KULSHRESHTHA, G.; HINCKE, M. T.; PRITHIVIRAJ, B.; CRITCHLEY, A. A review of the varied uses of macroalgae as dietary supplements in selected poultry with special reference to laying hen and broiler chickens. **Journal of Marine Science and Engineering**, 8(7): 536. 2020.

KUSMAYADI, A.; LEONG, Y. K.; YEN, H. W.; HUANG, C. Y.; CHANG, J. S. Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans - Biotechnological and environmental aspects. **Chemosphere**. 2021. May;271:129800. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.129800.

LEE, W.; MATTHEWS, A.; MOORE, D. Safety evaluation of a novel algal feed additive for poultry production. **Avian Diseases**, v. 66, n. 3, p. 326-336, 2022. URL: <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-22-00043>

MARKS, F. S. **Inquérito epidemiológico de doenças respiratórias em aves de subsistência e modelagem de espalhamento de influenza aviária no Rio Grande do Sul**. 2014.

MEHDI, Y.; LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P.; GAUCHER, M. L.; CHORFI, Y.; SURESH, G.; ROUISSI, T.; BRAR, S. K.; CÔTÉ, C.; RAMIREZ, A. A.; GODBOUT, S. Use of antibiotics in broiler production: **Global impacts and alternatives**. **Anim Nutr**. 2018 Jun;4(2):170-178. doi: 10.1016/j.aninu.2018.03.002.

MENDIOLA, J. A. et al. Screening of functional compounds in supercritical fluid extracts from Spirulina platensis. **Food chemistry** 102.4 (2007): 1357-1367

MENEZES, L. D. M. et al. Caracterização microbiológica de carcaças de frangos de corte produzidos no estado de Minas Gerais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.70, n.2, p.623-627, 2018, <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9912>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 359, de 9 de julho de 2021. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 2021. Seção 1, p. 5.

MISHRA, P. et al. Effects of microalgae, with or without xylanase supplementation, on growth performance, organs development, and gut health parameters of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 102, n. 11, p. 103056, 2023.

MOHAMED, E.; ABD EL-HACK; ABDEL-MONEIM, E.; ABDEL-MONEIM; ABDELRAZEQ, M.; SHEHATA, NOURA, M.; MESALAM, HEBA M.; SALEM, MOHAMED, T.; EL-SAADONY, KHALED A. El-Tarabily, Chapter 34 - **Microalgae applications in poultry feed**, Editor(s): Eduardo Jacob-Lopes, Maria Isabel Queiroz, Mariana Manzoni Maroneze, Leila Queiroz Zepka, Handbook of Food and Feed from Microalgae, Academic Press, 2023, Pages 435-450, ISBN 9780323991964, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99196-4.00008-5>.

MOHAMED SHAWKY, S. et al. Effect of Amphora coffeaeformis and Star Anise as Dietary Supplementson the Immunity and Growth Performance of Broiler Chickens. **Journal of World's Poultry Research**, v. 10, n. 4, p. 631-642, 2020.

MOHAMMED, H. B.; ISHTIAQ, A.; FAHEEM, M.; MUHAMMAD, B.; HAFIZ, M. N. IQBAL. 2018. Microalgae as a source of high-value bioactive compounds. **Front. Biosci.** (Schol Ed) 2018, 10(2), 197–216. <https://doi.org/10.2741/S509>

MOSTAFA, E. E. et al. Antibacterial activity of Spirulina Platensis extract against some bacteria as Staphylococcuss aureus, E. coli and Klebsiella (Invitro) Isolated from Broilers. **Benha Veterinary Medical Journal**, v. 45, n. 1, p. 196-199, 2023. 10.21608/BVMJ.2023.198161.1644

MURRAY, M.; SALVATIERRA, G.; DÁVILA-BARCLAY, A.; AYZANO, B.; CASTILLO-VILCAHUAMAN, C.; HUANG, M.; PAJUELO, M. J.; LESCANO, A. G.; CABRERA, L.; CALDERÓN, M.; BERG, D. E.; GILMAN, R. H.; TSUKAYAMA, P. Market Chickens as a Source of Antibiotic-Resistant Escherichia coli in a Peri-Urban Community in Lima, Peru. **Front Microbiol.** 2021. Mar 2;12:635871. doi: 10.3389/fmicb.2021.635871.

NILESH HEMANTKUMAR, J.; ILZA RAHIMBHAI, M. **Microalgas e seu uso em nutracêuticos e suplementos alimentares. Microalgas - Da Fisiologia à Aplicação.** IntechOpen; 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90143>

ONU - **Organização da Nações Unidas**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>, 2024.

P. S. SYED & ARASU, ASHOK & PONNUSWAMY, INDHUMATHI. The Uses of Chlorella Vulgaris as Antimicrobial Agent and as a Diet: the Presence of Bio-active Compounds which Caters the Vitamins, Minerals in General. **International Journal of Bio-Science and Bio-Technology** Vol.7, No.1 (2015), pp.185-190. 2015. <http://dx.doi.org/10.14257/ijbsbt.2015.7.1.19.7.185-190>. 10.14257/ijbsbt.2015.7.1.19. Acessado em 04 de novembro de 2023.

PAI, S.; HEBBAR, A. & SELVARA J, S. A critical look at challenges and future scopes of bioactive compounds and their incorporations in the food, energy, and pharmaceutical sector. **Environ Sci Pollut Res** 29, 35518–35541. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19423-4>

PEREIRA, Y. F.; PRINTES, W. M.; ALE, V. M. M. O Abate religioso no contexto brasileiro: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 8997-9014, may./jun., 2023.

PESTANA, J. M.; PUERTA, B.; SANTOS, H.; MADEIRA, M. S.; ALFAIA, C. M.; LOPES, P. A. et al. Impact of dietary incorporation of spirulina (*Arthrospira platensis*) and exogenous enzymes on broiler performance, carcass traits, and meat quality. **Poult Sci** (2020) 99(5):2519–32. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.069

PIRES, M. F.; PIRES, S. F.; ANDRADE, C. L.; CARVALHO, D. P.; BARBOSA, A. F. C.; MARQUES, M. R. Fatores que afetam a qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime**, 12(6), 4379-4385. 2015.

PRATT et al. **Clorelina, uma substância antibacteriana da Chlorella**. Vol 99, Edição 2574. págs. 351 – 352 DOI: 10.1126/science.99.2574.351. 1944.

RABELLO, R. F.; BONELLI, R. R.; PENNA, B. A.; ALBUQUERQUE, J. P.; SOUZA, R. M.; CERQUEIRA, A. M. F. Antimicrobial Resistance in Farm Animals in Brazil: An Update Overview. **Animals** (Basel). 2020 Mar 26;10(4):552. doi: 10.3390/ani10040552.

RAFIQ, K. et al. Role of different growth enhancers as alternative to in-feed antibiotics in poultry industry. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 794588, 2022. DOI: 10.3389/fvets.2021.794588

ROBERTS, J. R.; SOUILLARD, R.; BERTIN, J. Avian diseases which affect egg production and quality. Improving the Safety and Quality. **Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products**. 2011:376–93. doi: 10.1533/9780857093912.3.376.

ROCHA, B. D. et al. **Procedimentos aplicados para boas práticas agropecuárias. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, Centro de Extensão da Escola de Veterinária da UFMG, N° 97, janeiro – 2021, Issn 1676-6024.

SANTHOSH, S.; DHANDAPANI, R.; HEMALATHA, N. Uma revisão sobre potenciais aplicações biotecnológicas de microalgas. **J App Pharm Sci**, 2016; 6 (08): 179-184.

SCHIAVONE, T.; RAMOS, G. L, P, A. **Consumo e produção de ovos no Brasil: Um panorama sobre as legislações relacionadas** v. 3 n. 2, p. 78-89, (2022): abril, maio, junho.

SENHORINHO, G. N. A.; ROSS, G. M.; SCOTT, J. A. Cyanobacteria and eukaryotic microalgae as potential sources of antibiotics. **Phycologia**, v. 54, n. 3, p. 271-282, 2015.

SHAKOORI, M. et al. Effect of microencapsulated and non-encapsulated of spirulina (*Spirulina platensis*) algae powder on the antioxidant enzymes activity and nutrient

digestibility of broiler chicks (Ross 308). **Iranian Scientific Fisheries Journal**, v. 29, n. 2, p. 139-146, 2020. DOI: 10.22092/ISFJ.2020.121802

SHAKOORI, M.; REZAEI, M.; CHASHNIDEL, Y. Effect of microencapsulated of Spirulina (*Spirulina platensis*) algae powder on performance, carcass characteristics and intestinal microflora of broiler chickens. **Research On Animal Production**, v. 9, n. 19, p. 8-16, 2018.

SHANNON, E.; ABU-GHANNAM, N. Antibacterial Derivatives of Marine Algae: An Overview of Pharmacological Mechanisms and Applications. **Mar Drugs**. 2016 Apr 22;14(4):81. doi: 10.3390/md14040081

SILVA, J. C. S. **Caracterização de microalgas e cianobactérias: abordagens ecofisiológica e biotecnológica**. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de São Carlos – 2022.

SIMÕES, P. DA R.; VILLAR, J. E.; DALE LUCHE, D. E.; SILVA, M. B. & MARQUES GONÇALVES, B. C. Avaliação da atividade antibacteriana do óleo da microalga *Chlorella minutissima* como alternativa para o tratamento de dermatite atópica / Evaluation of antibacterial activity of *Chlorella minutissima* microalgae oil as an alternative for the treatment of atopic dermatitis. **Brazilian Journal of Development**, 5(11), 24893–24914. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-169>. 2019.

SOUZA, M. C. D.; VARGAS, J. G. J. **Tópicos Especiais em Ciências Animais XI, 1ª Edição, Imunonutrientes em Avicultura de Postura**. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, 2020, Capítulo 21. Pag. 373-385.

SUGIHARTO, S. et al. Combined use of *Spirulina platensis* and *Saccharomyces cerevisiae*: implication on growth, blood profile and intestinal morphology and bacteria of the Indonesian crossbred chickens. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 23, n. 1, 2022. DOI: 10.13057/biodiv/d230120

SUGIHARTO, S. et al. Effect of feeding duration of *Spirulina platensis* on growth performance, haematological parameters, intestinal microbial population and carcass traits of broiler chicks. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 1, p. 98-107, 2018. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i1.12>

SUGIHARTO, S. Nutraceutical aspects of microalgae *Spirulina* and *Chlorella* on broiler chickens. **Livestock Research for Rural Development**, v. 32, n. 6, p. 84-90, 2020. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd32/6/sugiharto32084.html>

SYED, S. et al. The Uses of *Chlorella Vulgaris* as Antimicrobial Agent and as a Diet: the Presence of Bio-active Compounds which caters the Vitamins, Minerals in General. **Bio-Science and Bio-Technology** (2015). DOI: 10.14257/ijbsbt.2015.7.1.19

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. **Panorama da avicultura e do mercado da carne**. Brasília: Embrapa, 2019.

TEIXEIRA, E. da S. M.; TEIXEIRA, M. J. **Importância da Carne de Frango Brasileira no Mercado Mundial**. XII FATECLOG, Mogi das cruces, SP, 18 e 19 jun. 2021, p. 1-12

THAPA, P. Application of micro algae in poultry nutrition; a review. **Journal of Agriculture and Natural Resources**, 3(2), 241–256. <https://doi.org/10.3126/janr.v3i2.32512>. 2020.

TUFARELLI, V. et al. Effects of horsetail (*Equisetum arvense*) and spirulina (*spirulina platensis*) dietary supplementation on laying hens productivity and oxidative status. **Animals**. 11 (2): 335. 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11020335>

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. **World Population Prospects 2022: Summary of Results**. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. <https://population.un.org/wpp/Publications/>

VALENTIM, J. K. et al. Implicações sobre o uso de promotores de crescimento na dieta de frangos de corte. 2018. **Nutritime**. Vol. 15, Nº 04, jul. / ago. de 2018.

VAN BOECKEL, T. P.; BROWER, C.; GILBERT, M.; GRENFELL, B. T.; LEVIN, S. A.; ROBINSON, T. P.; TEILLANT, A.; LAXMINARAYAN, R. Global trends in antimicrobial use in food animals. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 2015 May 5;112(18):5649-54. doi: 10.1073/pnas.1503141112

VAN BOECKEL, T. P.; PIRES, J.; SILVESTER, R.; ZHAO, C.; SONG, J.; CRISCUOLO, N. G.; GILBERT, M.; BONHOEFFER, S.; LAXMINARAYAN, R. Global trends in antimicrobial resistance in animals in low- and middle-income countries. **Science**. 2019 Sep 20;365(6459):eaaw1944. doi: 10.1126/science.aaw1944

WAHYUNI, H. I. et al. Dietary supplementation of *Spirulina platensis* and *Saccharomyces cerevisiae* on egg quality, physiological condition and ammonia emission of hens at the late laying period. **Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 48, n. 1, 2023.

WANG, Y.; TIBBETTS, S. M.; MCGINN, P. J. Microalgae as Sources of High-Quality Protein for Human. **Food and Protein Supplements. Foods**. 2021 Dec 4;10(12):3002. doi: 10.3390/foods10123002.

XUE, C. et al. Molecular species composition of glycolipids from *Spirulina platensis*. **Food Chemistry** 77.1 (2002): 9-13

ZAHARIEVA, M. M. et al. Antimicrobial and antioxidant potential of *Scenedesmus obliquus* microalgae in the context of integral biorefinery concept. **Molecules**, v. 27, n. 2, p. 519, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27020519>