

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
LARISSA BATISTA CHAGAS

NUTRIÇÃO APLICADA A FRANGOS

CERES – GO
2022

LARISSA BATISTA CHAGAS

NUTRIÇÃO APLICADA A FRANGOS

Trabalho de curso apresentado ao curso de Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia, sob orientação da Prof. Dra. Mônica Maria de Almeida Brainer.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Chagas, Larissa Batista
CC433n Nutrição Aplicada a Frangos / Larissa Batista
Chagas; orientadora Mônica Maria de Almeida Brainer.
-- Ceres, 2022.
47 p.

TCC (Graduação em Bacharel em Zootecnia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2022.

1. Avicultura. 2. Automatização. 3. Exigência. 4.
Proteína Ideal. 5. Nutrição de Precisão. I. Brainer,
Mônica Maria de Almeida, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Larissa Batista Chagas
Matrícula: 2018103201840035
Título do Trabalho: Nutrição Aplicada a Frangos

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

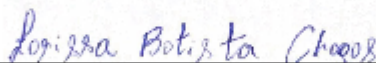
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

_____ Ceres _____, 01 / 12 / 2022
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIÁS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ano(s) 170 dia(s) de mês de novembro do ano de dois mil e vinte e dois, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Larissa Patrícia Campos, do Curso Bacharelado em Zootecnia, matrícula 2018103201846; cujo título é: Nutrição

aplicada a frangos

iniciou-se às 14 horas e 11 minutos, finalizando-se às 15 horas e 40 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho satisfatório com média 8,3 no trabalho escrito, média 7,9 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final de 8,1 pontos, estando o(a) estudante satis para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiânia - RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônica (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente

Wagner de A. Brunes

Presidente da Banca

Paulo Ricardo Leite

Membro 1

Patrícia Jaquinello

Membro 2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer ao meu querido Deus que sem Ele eu não teria conseguido chegar até aqui, obrigada por me sustentar e amparar em todos os momentos ao longo desta caminhada.

Aos meus pais Luiz Carlos Batista Fidelis e Cleonice Maria Chagas Batista por todo esforço, dedicação em me oferecer o de melhor sempre.

Aos meus familiares Ana Maria Zeferina Chagas, Antônio Chagas Filho e Eunice Maria Chagas Oliveira que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões e me deram suporte e carinho.

Em especial a minha orientadora, Professora Dra. Mônica Maria de Almeida Brainer, pela paciência, dedicação e ensinamentos que juntas chegamos até aqui.

Aos meus amigos Edvânia Maria de Oliveira e Henrique Mateus dos Santos que sempre se dispôs em me ajudar, entre outros familiares e amigos não menos importantes.

Minha eterna gratidão a vocês!

“Lembre da minha ordem: “Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for””

Josué 1:9

RESUMO

A avicultura apresenta grande destaque dentro do agronegócio brasileiro. O Brasil em 2021 produziu 14,329 milhões de toneladas de carne de frango e exportou cerca de 4,610 milhões de toneladas, o que torna o país o maior exportador mundial. O desenvolvimento da cadeia produtiva só foi possível devido aos avanços tecnológicos no manejo, que contribuiu para o desenvolvimento da avicultura nacional, por meio de uma nutrição aplicada. Devido à importância da adoção de novas tecnologias de precisão na nutrição de frangos de corte, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre o assunto, abordando as principais ferramentas utilizadas e suas importâncias na cadeia produtiva. A nutrição na criação de frangos de corte tem como foco considerar o sistema global, incluindo os conhecimentos de nutrição, alimentos, aditivos, exigências e manejo alimentar, contribuindo para melhorar a eficiência da produção, assim como, minimizar o impacto da cadeia avícola sobre o meio ambiente. Além disso, as redes neurais aplicadas a softwares, podem prever com alta confiabilidade as variáveis relacionadas ao bem-estar e ao atendimento das exigências nutricionais, garantindo às aves a quantidade adequada de cada item para uma boa ambiência, com maior precisão. Portanto, a nutrição de precisão viabiliza a adequada nutrição atendendo às exigências nutricionais sem deficiências ou excessos, possibilitando, assim, aumento da produtividade com um menor custo e redução da excreção de nutrientes no solo e do impacto no meio ambiente.

Palavras-chave: Avicultura; Automatização; Exigência; Proteína Ideal; Nutrição de Precisão.

ABSTRACT

Poultry farming has great prominence within the Brazilian agribusiness. Brazil in 2021 produced 14.329 million tons of chicken meat and exported around 4.610 million tons, which makes the country the largest exporter in the world. The development of the production chain was only possible due to technological advances in management, which contributed to the development of national poultry, through applied nutrition. Due to the importance of adopting new precision technologies in the nutrition of broilers, the objective was to carry out a bibliographical review on the subject, addressing the main tools used and their importance in the production chain. Nutrition in broiler breeding focuses on considering the global system, including knowledge of nutrition, food, additives, requirements and food management, contributing to improving production efficiency, as well as minimizing the impact of the poultry chain on the environment. In addition, neural networks applied to software can predict with high reliability the variables related to well-being and meeting nutritional requirements, guaranteeing the birds the adequate amount of each item for a good ambience, with greater precision. Therefore, precision nutrition enables adequate nutrition, meeting nutritional requirements without deficiencies or excesses, thus enabling increased productivity at a lower cost and reduced excretion of nutrients in the soil and impact on the environment.

Keywords: Poultry; Automation; Requirement; Ideal Protein; Precision Nutrition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Produção Brasileira de Carne de Frango em Milhões de Toneladas no Período de 2010 a 2021	11
Figura 2 – Mercado Mundial de Carne de Frango.....	12
Figura 3 – Consumo Per Capita de Carne de Frango	13
Figura 4 – Lei do Mínimo (Liebig).....	17
Figura 5 – Espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Próximo (NIRS)	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aminoácidos Essenciais e Não Essenciais	16
Tabela 2 – Enzimas Usadas na Alimentação de Não Ruminantes	28
Tabela 3 – Plantas e seus Princípios Ativos nos Óleos Essenciais e suas propriedades	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Evolução e Mercado da Avicultura de Corte no Brasil e no Mundo	10
2.2 Nutrição de Precisão.....	13
2.3 Conceito de Proteína Ideal.....	15
2.4 Métodos de Avaliação Nutricional dos Alimentos.....	20
2.5 Determinação das Exigências Nutricionais em Frangos de Corte	23
2.6 Programas de Alimentação.....	25
2.7 Aditivos Alimentares.....	27
2.8 Sistemas Inteligentes de Alimentação de Precisão.....	33
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande destaque mundial no setor agropecuário, e no ramo do agronegócio, a avicultura é um dos setores produtivos de origem animal que apresenta um maior crescimento. Os excelentes resultados da avicultura nacional são fruto de grandes avanços tecnológicos e estratégias de manejo mais eficientes, considerando a variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva e permitindo o uso adequado dos insumos a fim de evitar desperdícios (SANTANA & OLIVEIRA, 2021).

Segundo o Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2022), o Brasil em 2021 produziu 14,329 milhões de toneladas de carne de frango e exportou cerca de 4,610 milhões de toneladas, o que torna o país o primeiro maior exportador e o terceiro maior produtor mundial.

O desenvolvimento da cadeia produtiva só foi possível graças aos avanços tecnológicos, que contribuíram para o desenvolvimento da avicultura nacional, principalmente nos quesitos relacionados à biossegurança, sanidade, qualidade dos animais e da carne de frango sem gerar estresse ao animal (ROCHA & SILVA, 2020)

Porém, juntamente com o aumento da produção, ocorre o aumento da produção de resíduos, que tem gerado crescente preocupação devido à excreção excessiva pelas aves de nitrogênio (N), de fósforo (P) e de microminerais sobre o meio ambiente. Isso levou a comunidade Europeia a implantar, no ano de 2000, o Conselho Diretivo 96/61/EC, que regulamenta o controle integrado de prevenção e controle da poluição ambiental (DUARTE, 2009). A partir deste conselho, as grandes integrações de aves e suínos só podem emitir poluentes na água e no solo, incluindo nitratos, e no ar, principalmente amônia, dentro de um limite máximo (PESSÔA et al., 2012).

Desse modo, vem à tona uma discussão que vai além da produção animal, a nutrição de precisão. Sendo o foco principal considerar o sistema global, começando pela propriedade rural, passando pelo conhecimento de nutrição, exigências e manejo dos animais, e por fim, contribuir para minimizar o impacto das várias cadeias de produção de alimentos de origem animal sobre o meio ambiente. Conseqüentemente, o sistema de produção avícola se torna mais eficiente e ambientalmente mais sustentável (FERREIRA, 2019).

A nutrição de precisão é um conceito agrícola que considera aspectos de variabilidade inter e intra-indivíduos (WATHES et al., 2008). Esta variabilidade resulta das diferenças entre os animais no que se refere à genética, idade e peso. Além dessa variação intrínseca ao animal existe também a variação extrínseca. Essa variação refere-se a fatores externos que influenciam o desempenho dos animais e as exigências nutricionais. Cada animal reage de diferente maneira a esses efeitos o que pode aumentar a variabilidade entre eles (WELLOCK et al., 2004).

A nutrição de precisão vem conquistando espaço na nutrição animal nos últimos anos, juntamente com a necessidade de buscar sistemas de produção que sejam sustentáveis e rentáveis. Assim, quando se aumenta a precisão da fórmula de uma dieta, possibilita a otimização do aproveitamento dos nutrientes, atendendo à exigência dos animais, com o mínimo de desperdícios (DANÉS & ANDRADE, 2017).

Para o sucesso na área da nutrição de precisão, primeiro é preciso ter o conhecimento mais exato das exigências nutricionais dos animais, e o segundo é a caracterização mais detalhada dos alimentos, e como os nutrientes absorvidos são utilizados para manutenção e produção, garantindo um ótimo desempenho e redução do excesso de nutrientes nas dietas formuladas, e consequentemente, na excreção dos animais (FERREIRA, 2019).

Em vista disso, objetiva-se realizar uma revisão bibliográfica sobre a nutrição aplicada à criação de frangos de corte com abordagem sobre as principais ferramentas utilizadas e sua importância na cadeia produtiva, através da busca de dados publicados em artigos nos anos de 2011 a 2022, usando ferramentas como, Google Acadêmico e Scielo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Evolução e Mercado da Avicultura de Corte no Brasil e no Mundo

O setor da avicultura foi, durante muito tempo, conhecido por seu perfil de produção familiar e consumo próprio. Porém, durante a Segunda Guerra Mundial, que ocorreu entre os anos de 1939-1945, houve um grande desenvolvimento da avicultura. Sem a quantidade de carne bovina necessária para alimentar os soldados em combate, foi preciso aumentar a produção de carnes alternativas, que estivessem prontas para consumo num curto espaço de tempo (PINAZZA et al., 2000). Assim, os Estados Unidos da América (EUA) deram início a pesquisas no intuito de adquirir novas linhagens, assim como, rações e alimentos que atendiam às exigências nutricionais das aves e medicamentos específicos para a avicultura.

Após a tecnificação da produção avícola, os EUA e a Europa se destacaram pela quantidade de criadores e pelo uso de recursos considerados modernos para a época, promovendo revolução na avicultura e garantindo maior destaque na produção de frangos de corte (USDA, 2019).

A evolução da avicultura brasileira teve início no final da década de 1950, com enfoque nos estados da região Sudeste, especialmente em São Paulo, quando os aviários passaram a utilizar novos métodos de manejo e os institutos de pesquisa intensificaram os estudos no combate às doenças e controle sanitário geral (SCHMIDT & SILVA, 2018).

Na década de 1970 houve uma reorganização da produção de carnes no Brasil, o desenvolvimento da avicultura se efetivou e surgiram os sistemas de Integração Vertical, uma parceria entre indústria (frigoríficos) e os produtores. Foi criado então o sistema de integração, em que as empresas firmavam contratos com pequenos agricultores que, em regime de parceria, recebiam assistência técnica, pintainhos, ração, e alguns, até financiamento para construção das instalações de aviários (VOILA & TRICHES, 2015).

O avicultor integrado passou a contar com o apoio da indústria com o fornecimento de insumos, como ração e medicamentos, além de assistência técnica e reposição de lotes (pintainhos) tendo a atividade se deslocado para a região Sul (ZEN et al., 2015).

Foi evidente o avanço na área da nutrição animal com o passar dos anos, especialmente na avaliação dos alimentos, exigências de proteína, energia metabolizável, aminoácidos, dentre outros (SILVA, 2009).

Costa et al. (2015) relatam que o setor de carne de frangos de corte no Brasil evoluiu e consolidou-se com base em uma moderna e avançada tecnologia. Os avanços nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade e a adoção de equipamentos modernos, transformaram a avicultura numa das atividades mais desenvolvidas do agronegócio. Os autores ainda afirmam que a cadeia produtiva da avicultura de corte brasileira se mostra como uma das mais importantes do mundo. A oferta de carne de frango brasileira tem acompanhado o constante crescimento da demanda interna e externa, resultante do aumento da competitividade e produtividade, como também do acréscimo da urbanização, renda da população, variadas dietas e até o ato da mudança de hábitos alimentares.

A produção brasileira de carne de frango tem apresentado crescimento linear desde 2010 com um aumento de 8,2% do ano de 2019 para 2021 (Figura 1).

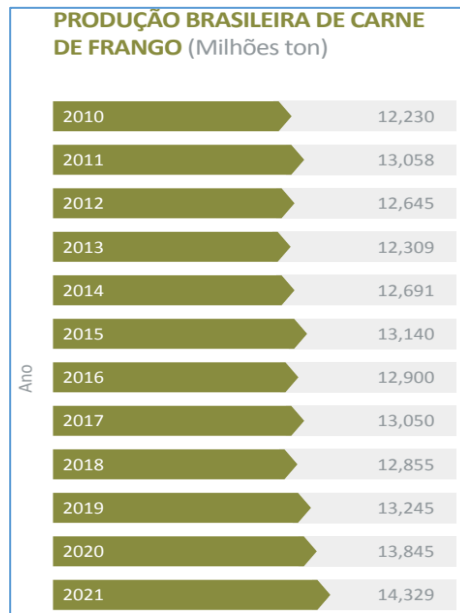


Figura 1: Produção Brasileira de Carne de Frango em milhões de toneladas no período de 2010 a 2021.

Fonte: ABPA (2022).

Segundo o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, 2020), em 2020 a carne de frango foi a proteína animal mais consumida no mundo, com mais de

98 milhões de toneladas, ultrapassando as carnes suína (2º lugar) e bovina (3º lugar). Isso se deve, entre outros fatores, ao preço mais acessível em relação às outras opções disponíveis no mercado internacional. Aranda et al. (2017) realizaram uma comparação das exportações da carne de frango em relação à carne bovina e suína no espaço de tempo de 1997 a 2015 e comprovaram que a carne de frango comanda as exportações desde a década de 90, ressaltando a competição do setor avícola, tanto no contexto interno quanto externo. O que confirma a importância da cadeia produtiva avícola para economia brasileira e mundial.

De acordo com a ABPA (2022), o Brasil atualmente é o terceiro maior produtor (Figura 2) e o primeiro maior exportador de carne de frango no mundo. Apesar de ocuparmos o primeiro lugar no ranking de exportação de carne de frango, a maior parte da produção brasileira de aves (67,83%) é consumida internamente e apenas 32,17% do produto final é exportado.

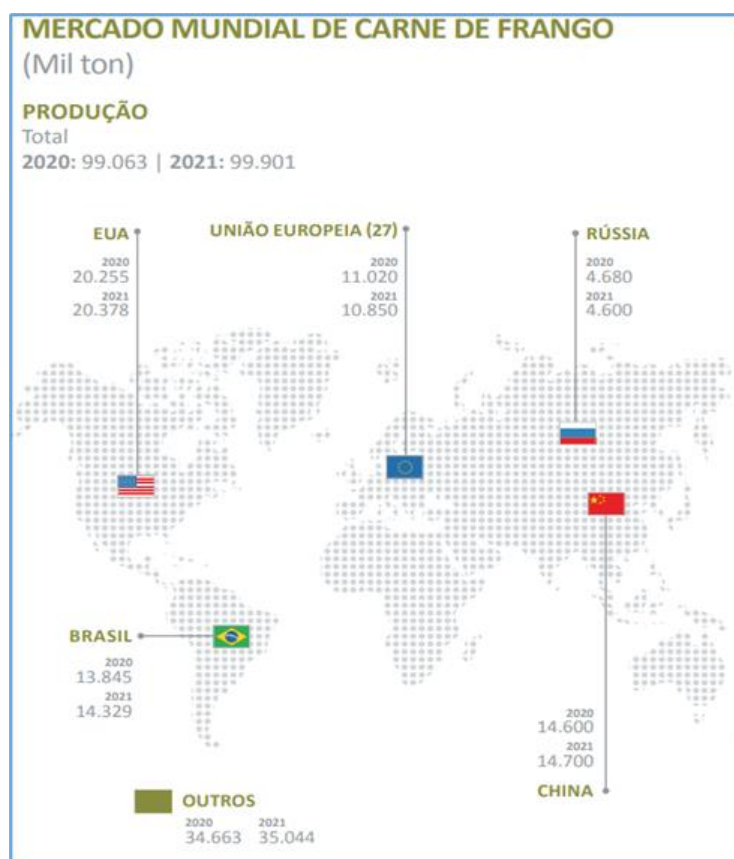


Figura 2: Mercado Mundial de Carne de Frango.

Fonte: ABPA (2022).

Com a pandemia da Covid 19 em alta, houve uma grande divergência entre os preços das carnes bovina, suína e de frango. O consumo per capita de

carne de frango teve um aumento em 2020 de 5,7% em relação ao ano de 2019, devido a ser a proteína animal com preço mais acessível à população (Figura 3).



Figura 3: Consumo per capita de carne de frango.

Fonte: ABPA (2022).

2.2 Nutrição de Precisão

Nas últimas décadas, os avanços em pesquisas e tecnologia possibilitaram uma visão mais profunda entre os inúmeros campos de desenvolvimento, facilitando compreender melhor os desafios, encontrar soluções mais acuradas e alcançar melhores resultados. Assim, atualmente, a competitividade do mercado, as constantes mudanças no cenário econômico, além da pressão ambiental e poluição, entre outros fatores, tornaram os consumidores cada vez mais exigentes, o que exige mais precisão na produção animal (CASSIANO, 2018).

De acordo com Lamparelli (2016), o avanço tecnológico foi observado, primeiramente, com o aparecimento da Agricultura de Precisão, que utiliza tecnologias avançadas que visam um manejo localizado nos cultivos, prevendo a otimização dos insumos da produção. Sua característica fundamental é o controle preciso da utilização de recursos.

Os avanços tecnológicos ocorridos com as imposições e tendências dos mercados consumidores fizeram com que a produção animal se tornasse mais intensificada e tecnicada. Conforme Pandorfi et al. (2012), o futuro do comércio de proteína animal depende muito de como a indústria é administrada para conduzir os seguintes princípios: honestidade, disponibilidade de informações, rastreabilidade, segurança, qualidade e flexibilidade para mudanças. Assim, os conceitos “Produção Animal de Precisão” ou “Zootecnia de Precisão” surgiram, com a finalidade de oferecer ao produtor instrumentos para monitorar de forma prática seus empreendimentos, alcançando números produtivos através de informações de sistemas especializados.

A partir desse conceito, a Zootecnia de Precisão tornou-se um recurso indispensável para se adequar o ambiente de criação e exploração dos animais, o que resulta na avaliação instantânea das condições de bem-estar a partir de ferramentas tecnológicas (NASCIMENTO, 2017).

De acordo com Bandeira Filho (2003), a Zootecnia de Precisão passou por grandes avanços com o uso de técnicas especiais e ferramentas que proporcionam manejos específicos em situações específicas que acontecem no campo. A utilização dessas técnicas e/ou ferramentas é direcionada para tomada de decisão e ações mais precisas do que aquelas baseadas em “valores médios” ou “valores típicos”.

Desse modo, a Zootecnia de Precisão se faz presente em variadas áreas, como no acompanhamento da saúde dos animais, monitoramento em tempo real dos animais dentro das instalações e nutrição animal, o que resulta na avaliação instantânea das condições de bem-estar e controle destes a partir de ferramentas tecnológicas (NASCIMENTO et al., 2017).

De acordo com Utimi (2016), para reduzir os prejuízos que podem ser gerados pela formulação de dietas subestimadas ou superestimadas pode-se usar a ferramenta conhecida como Nutrição de Precisão, aliada com os conhecimentos das exigências nutricionais dos animais e o valor nutritivo dos alimentos. Desse modo, permite fornecer aos animais dietas balanceadas, obtendo um máximo desempenho dos animais com mínimo custo e respeitando a viabilidade econômica e a sustentabilidade do meio ambiente.

Com isso, a realização de pesquisas direcionadas para uma nutrição mais precisa com o objetivo de estimar o potencial nutritivo dos ingredientes e as

exigências nutricionais, com melhor acurácia em relação ao estado fisiológico do animal em condições de produção, assume um lugar de destaque na produção (REMUS, 2015).

O conceito de Nutrição de Precisão é baseado no atendimento das necessidades dos animais, sem deficiências ou excessos nutricionais. Nutrição de Precisão é uma dieta fundamentada na abordagem de alterar os constituintes da dieta a fim de alcançar a máxima eficiência metabólica e nutricional (BAILEY, 2019).

Segundo Ferreira (2019), as formulações direcionada à nutrição de precisão tem o propósito de ajustar as exigências de nutrientes, contribuindo para maximizar a margem de lucro e diminuir a excreção de nutrientes ao ambiente.

De acordo com Utimi (2016), os elementos essenciais para a alimentação de precisão em sistemas de produção incluem:

- A avaliação precisa do potencial nutritivo dos ingredientes da ração;
- A determinação precisa das necessidades nutricionais;
- A formulação de dietas equilibradas que limitam a quantidade de nutrientes em excesso;
- O ajuste concomitante da fonte alimentar e concentração de nutrientes para coincidir com a necessidade do lote.

2.3 Conceito de Proteína Ideal

A avicultura durante muitos anos teve a formulação de rações como parâmetro a proteína bruta, atualmente esse termo vem caindo em desuso, abrindo espaço ao conceito de proteína a ideal (BITTENCOURT et al., 2021).

Segundo Rigueira et al. (2006), o conhecimento da exigência de cada aminoácido deu início ao uso do conceito de proteína ideal para as diferentes funções dos animais.

De acordo com Bittencourt et al. (2021), a proteína ideal é definida como o balanço exato de aminoácidos que é capaz de prover, sem excesso ou falta, as exigências de todos os aminoácidos necessários para a máxima deposição proteica e manutenção animal, permitindo a fácil adaptação em diferentes

condições. A aplicação do conceito de proteína ideal é capaz de reduzir o custo da alimentação; diminuir a quantidade de nitrogênio excretado no ambiente e minimizar o calor produzido durante o metabolismo dos nutrientes através do equilíbrio entre os aminoácidos, permitindo assim uma nutrição mais precisa (CHALOVA et al., 2016).

Segundo Nelson e Cox (2014), os aminoácidos podem ser classificados como essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais são aqueles não sintetizados ou sintetizados em quantidades ou velocidade inadequada às necessidades metabólicas dos animais, e por isso, precisam obrigatoriamente serem suplementados nas rações. Por outro lado, os aminoácidos não essenciais, são sintetizados pelo organismo do animal através de outros aminoácidos ou até mesmo de nutrientes presentes nas rações, de maneira que, se faltarem na dieta, não afetarão o desempenho do animal (Tabela 1).

Tabela 1: Aminoácidos Essenciais e Não Essenciais.

Aminoácidos Essenciais	Aminoácidos Não Essenciais
Metionina	Glicina
Lisina	Alanina
Treonina	Serina
Triptofano	Cisteína
Valina	Tirosina
Fenilalanina	Ácido Aspártico
Leucina	Ácido Glutâmico
Isoleucina	Asparagina
Histidina	Glutamina
	Prolina
	OH – Prolina

Fonte: Adaptado de D'Mello (2003).

Os animais não ruminantes possuem a necessidade de receberem quantidades específicas de aminoácidos nas dietas, sendo as principais fontes destes aminoácidos as proteínas usadas nas rações, e uma boa parcela fornecida através da fonte de energia. Em caso de um ou mais aminoácidos não serem fornecidos pela dieta, a síntese proteica no organismo acorrerá até o nível

do aminoácido que estiver em menor concentração (Figura 4). A Lei do Mínimo (Liebig) também é aplicada na nutrição animal e, conseqüentemente, causa a interrupção da síntese proteica. Assim, este aminoácido é considerado como aminoácido limitante (BERTECHINI, 2004).

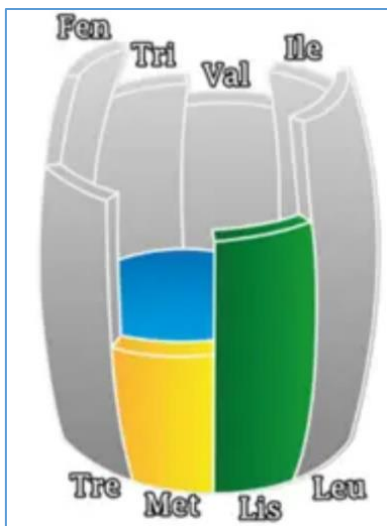


Figura 4: Lei do Mínimo (Liebig).
Fonte: Engormix (2020).

De acordo com Costa et al (2014), os aminoácidos são considerados limitantes quando estão presentes na dieta, porém, em uma concentração menor do que a exigida pelo animal. De acordo com Bertechini (2004), os aminoácidos possuem uma ordem de limitação, em rações à base de milho e farelo de soja o primeiro limitante é a metionina, segundo a lisina, terceiro a treonina, quarto o triptofano e quinto a valina.

As formulações de rações para frangos de corte no Brasil são compostas, principalmente, à base de milho e farelo de soja, de forma que forneçam energia e proteína, respectivamente. A metionina, lisina e treonina são os principais aminoácidos limitantes demandados nas dietas das aves, no qual são suplementados de maneira rotineira nas rações e suas concentrações são de suma importância para eficiência do metabolismo animal (BITTENCOURT et al., 2021).

Dietas formuladas com fontes de proteínas altamente digestíveis, segundo o conceito de proteína ideal, reduz a proteína bruta total da dieta, ocasionando a redução na excreção de nitrogênio, tanto em aves quanto em suínos (MANZKE et al., 2016).

De acordo com Rigueira (2005), a proteína ideal é uma ferramenta capaz de reduzir o custo da alimentação, através da flexibilização do nível proteico mínimo e da utilização de ingredientes alternativos. Assim, o melhor entendimento das exigências nutricionais dos aminoácidos individuais possibilita uma nutrição mais precisa, permitindo ao formulador substituir em parte a exigência do nível mínimo proteico por níveis mínimos de aminoácidos, acarretando na redução dos custos e emissão de poluentes no ambiente.

Embora existam limitações dentro do conceito de proteína ideal, como no que diz respeito à determinação das exigências dos aminoácidos essenciais, ainda é a ferramenta que mais se aproxima das exigências das aves, sendo eficaz no desempenho produtivo e no aspecto econômico (MARTINS & ASSUNÇÃO, 2018).

O surgimento dos aminoácidos sintéticos produzidos em escala comercial, reduzem a proteína bruta das dietas, visto que as rações são formuladas com níveis de aminoácidos mais próximos das exigências dos animais, sem excessos ou deficiências, minimizando gastos com o custo da alimentação (CARNEIRO, 2018).

De acordo com Pessoa et al. (2012), é possível fazer a utilização da proteína ideal devido à disponibilidade comercial dos principais aminoácidos limitantes no mercado, tais como L-lisina (78,8%), DL- Metionina (99%), L- Triptofano (98%), L-Treonina (98,5%) e L-Valina (96,5%). Desse modo, tem se tornado mais competitivo a cada ano em relação aos custos dos aminoácidos presentes nos alimentos.

Dentro do conceito de proteína ideal, a lisina é o aminoácido referência (padrão = 100%), sendo calculadas as exigências dos demais aminoácidos em proporção à lisina. Assim, sua determinação é de grande importância na formulação de rações eficientes, sem limitações ou excessos de aminoácidos. Embora a lisina seja o segundo aminoácido limitante para aves, é utilizada como o aminoácido referência (BRASIL et al., 2018).

Baker et al. (1994) explicam que a lisina é selecionada como aminoácido-referência por três motivos principais: a sua análise em alimentos é simples e direta, ao contrário do triptofano e enxofre; devido à grande quantidade de dados sobre sua digestibilidade; e também ao contrário de aminoácidos como a

metionina, cistina e triptofano, a absorção da lisina é usada especialmente no acréscimo de proteína corporal.

Haese et al. (2012) verificaram em seu trabalho que a exigência de lisina digestível de frangos de corte machos na fase de 1 a 7 dias de idade seria de 1,30% para ganho de peso e 1,29% para conversão alimentar. Nas Tabelas Brasileiras para Suínos e Aves, encontra-se a recomendação de 1,33% de lisina digestível para frangos de corte machos nesse mesmo período (ROSTAGNO et al., 2017).

Araújo et al. (2001) compararam o uso da proteína bruta em relação ao uso da proteína ideal em dietas para frangos de corte, e concluíram que as aves alimentadas com a dieta formulada no conceito de proteína ideal apresentaram melhor desempenho zootécnico ao final de 21 dias, obtendo maior peso corporal e maior ganho de peso.

No trabalho de Lelis et al. (2008) foram testadas dietas para frangos de corte no período de 1 a 46 dias de idade formuladas com base no conceito de proteína ideal, e foi verificado que houve redução na excreção e aumento da retenção de nitrogênio, tendo potencial para ser utilizado como estratégia nutricional reduzindo a poluição ambiental.

Da mesma forma, Grana et al. (2013) avaliaram dietas para frangos de corte com base na proteína bruta e baixa suplementação de aminoácidos em comparação a uma dieta formulada no conceito de proteína ideal e suplementada com aminoácidos industriais. Os autores observaram que os frangos alimentados com a dieta formulada no conceito de proteína ideal reduziram em 13,1% a excreção de nitrogênio em comparação à outra dieta.

Siqueira et al. (2011) estimaram níveis ótimos econômicos de lisina digestível na alimentação de frangos de corte da linhagem Cobb 500 nas fases de crescimento (22 a 35 dias) e final (35 a 42 dias). O nível ótimo de lisina digestível para cada fase foi considerado de acordo com o que possibilitou menor custo com alimentação e a maior margem por kg de ganho de peso. Os autores, levando em conta o preço da L-lisina HCl de R\$ 11,78/kg, estimaram, os níveis ótimos de lisina digestível nas dietas de crescimento e final de 1,150% e 0,980%, para as fases de crescimento e final, respectivamente. Porém, se o preço deste ingrediente passar para R\$ 14,13/kg, os níveis ótimos nas dietas minimizaram para 1,11 e 0,950%, respectivamente.

2.4 Métodos de Avaliação Nutricional dos Alimentos

Devido à alta demanda por alimentos no meio agropecuário, se faz necessário viabilizar produtos de qualidade, empregando matérias-primas de melhor qualidade e técnicas de fabricação eficientes (SILVA, 2022).

Em virtude do alto custo que a alimentação corresponde na produção avícola, é necessário o conhecimento da composição nutricional dos alimentos para se obter formulas precisas, e por consequência, obter um melhor desempenho zootécnico e econômico dos animais (HENZ et al., 2013).

Para se obter informações em relação ao valor nutritivo dos alimentos, como também, sobre as exigências nutricionais dos animais, existem diferentes tabelas disponíveis para o uso na formulação de rações, como as publicadas pelo NRC (1994) e as Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017).

Entretanto, segundo Utimi (2016), a composição dos alimentos é feita com base em médias, nem sempre correspondendo ao valor real dos ingredientes. Assim, para formular uma ração com valores mais próximos aos valores reais da matéria prima empregada, é essencial o conhecimento da composição química de cada lote produzido ou a composição média dos inúmeros lotes que serão utilizados.

Carneiro (2018) afirmou que, conhecer a composição nutricional e a digestibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos é fundamental para uma maior precisão e melhor utilização destes nas formulações de dietas para frangos de corte.

Para isso as análises bromatológicas são primordiais na nutrição animal, pois é importante que se tenha o conhecimento da composição química e a pureza dos ingredientes utilizados, garantindo a qualidade do produto final para alimentação animal (LUIZ, 2016).

De acordo com Salman et al. (2010), o método de Weende é usado para determinar a composição química aproximada dos alimentos com a matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), extrativo não nitrogenado (ENN) e fibra bruta (FB), sendo apresentado em Henneberg em 1894, na Alemanha. Com exceção da determinação da proteína bruta, que é realizada através da quantificação do teor de nitrogênio através do método Kjeldahl. Enquanto que o

método de Van Soest, proposto em 1965, leva em conta que os constituintes das plantas podem ser divididos em conteúdo celular (lipídios, compostos nitrogenados, gorduras, amido e outros compostos solúveis em água) e parede celular (proteína insolúvel, hemicelulose, celulose e lignina). A principal diferença entre os métodos de Weende e Van Soest consiste na análise da fibra, pois no método de Van Soest a fibra é dividida em fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

Além dos métodos de Weende e Van Soest, outra alternativa utilizada para realizar análises dos alimentos é o método de espectroscopia de reflectância do infravermelho proximal (NIRS).

O espectrofotômetro na região do Infravermelho Próximo - NIRS (Figura 5) é uma técnica analítica simples, de alta precisão, rápida e não destrutiva. Emite radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda em torno de 780 – 2.500 nm, a fim de determinar análises de qualidade e contaminantes dos alimentos.



Figura 5: Espectroscópio de refletância no infravermelho próximo (NIRS).

Fonte: Indiamart (2022).

É um equipamento que requer pouco preparo de amostras, minimizando gastos com reagentes e tratamento de resíduos, portanto, maximizando a segurança do analista, em razão da menor exposição das substâncias químicas. Também é possível fazer medidas em tempo real pelo uso de sondas de monitoramento, permitindo identificar desvios de processos e de parâmetros que venha prejudicar a qualidade do produto final, facilitando a tomada de decisões corretivas. Sua análise usa como base a matemática e as técnicas de estatística multivariada (técnicas quimiométricas) (RIBEIRO, 2015).

O espectro precisa de um banco de dados com várias amostras do mesmo tipo de alimento com ampla variabilidade de seus componentes, para então, montar a curva de predição (SALMAN et al., 2010).

O método de análise por meio da espectroscopia no infravermelho próximo permite uma análise ampla dos componentes da amostra, resultado da análise com alta precisão e rapidez, menor mão de obra e baixo custo, devido a não utilização de reagentes químicos (DEEPA et al., 2016).

Outra alternativa seriam as equações que podem ser usadas para determinar o valor nutritivo dos alimentos. Nas Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017) são encontrados alguns exemplos, tais como:

1. Equações para estimar os Valores Energéticos dos Alimentos para Aves Jovens e Adultas

Aves: Frangos de Corte e Aves Jovens

$$\mathbf{EMAves} = 4,31 \text{ PBd} + 9,29 \text{ EEd} + 4,14 \text{ ENNd}$$

$$\mathbf{ELAves} = \text{EMAves} - (4,31 \text{ PBd} \times 0,24) - (9,29 \text{ EEd} \times 0,10) - (4,14 \text{ ENNd} \times 0,20)$$

EMAves = Energia Metabolizável Aves, kcal/kg.

ELAves = Energia Líquida Aves, kcal/kg.

PBd = Proteína Digestível Aves, g/kg

EEd = Extrato Etéreo Digestível, Aves, g/kg

ENNd = Extrato Não Nitrogenado Digestível Aves, g/kg

2. Equação para Estimar o Conteúdo dos Aminoácidos em Função da Proteína Bruta do Milho e Soja

Soma AA = Lis + Met + Met+Cis + Tre+ Trp + Arg + Gli+Ser + Val + Iso + Leu + His + Fen + Fen+Tyr

Eq. Milho: Y (Soma AA, %) = $0,3468 + 0,5757 (\%PB)$; $R^2 = 0,71$; $n=428$

Eq. Soja (Integral e Farelo): Y (Soma AA, %) = $-0,3850 + 0,6750 (\%PB)$; $R^2 = 0,93$; $n=299$

2.5 Determinação das Exigências Nutricionais em Frangos de Corte

A exigência nutricional é definida como a quantidade mínima de um certo nutriente que deve ser fornecido aos animais satisfazendo suas necessidades de manutenção e produção (ZARDO & LIMA, 1999).

Brainer (2012) descreveu as necessidades nutricionais de um animal como sendo a quantidade necessária de um nutriente que atenda a um determinado nível de produção. Além disso, existe uma grande variação nas exigências nutricionais das aves, conforme sua função de produção (carne ou ovos). Na produção avícola de corte as linhagens dispõem de altas taxas de crescimento e maior peso corporal. Em cada fase da criação também há grande variação na exigência nutricional.

Inúmeros fatores alteram as exigências nutricionais das aves, tais como, raça, linhagem, sexo, consumo de ração, sistema de criação, nível energético da ração, disponibilidade dos nutrientes, temperatura ambiente, umidade do ar e estado sanitário, fase produtiva e finalidade econômica (BARBOSA et al., 2007).

Levando-se em consideração tais fatores na variação das exigências nutricionais das aves, estão disponibilizados diferentes dados de exigências nutricionais de frangos de corte de acordo com a idade/faixa de peso em diferentes categorias (sexo, desempenho e temperatura ambiente) nas Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017).

De acordo com Bertechini (2004), as necessidades nutricionais de proteína, aminoácidos e minerais modificam com o avanço da idade das aves, com redução da exigência em virtude do aumento no nível de consumo alimentar, aliado ao desenvolvimento do seu sistema digestivo e mudanças fisiológicas nas rotas do metabolismo.

Ainda de acordo com o autor citado acima, os microminerais são adicionados em maiores quantidades nas dietas, devido à dificuldade de absorção, por interações, ou outros fatores que afetam as suas absorções. As recomendações de vitaminas passam por grandes variações entre as Tabelas que, na maioria dos casos, não especifica se é ou não recomendação prática. Pode-se destacar vários fatores relacionados com a perda de atividade das vitaminas nas rações, como, umidade, temperatura, processamento (moagem, peletização e extrusão), presença de metais catalisadores de oxidação, complexação com outros

nutrientes e, a nível animal, perdas durante os processos de digestão e absorção. Para evitar deficiências, na prática tem se utilizado margens de segurança que permitem a garantia do bom desempenho, principalmente para as vitaminas consideradas de crescimento (A, D, E e K).

Tradicionalmente as exigências nutricionais têm sido determinadas utilizando o método empírico (dose-resposta) e fatorial. O método dose-resposta tem sido bastante utilizado para estimar a exigência de não ruminantes por ser considerado simples e de fácil execução. Esse método consiste na avaliação da resposta de um grupo de animais diante de diferentes concentrações de um nutriente durante um período pré-determinado (BUENO, 2014).

As necessidades nutricionais de frangos de corte estão disponíveis em Tabelas, como a National Research Council (NRC) dos EUA e as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos publicadas pela Universidade Federal de Viçosa (ROSTAGNO et al., 2017), além daquelas desenvolvidas por empresas de acordo com as linhagens (GARCIA & GOMES, 2019).

No Brasil são utilizadas as recomendações nutricionais expressas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais elaboradas por Rostagno et al. (2017), que apresentam resultados de pesquisas de exigências de aves em condições ambientais brasileiras (TREVISAN, 2013).

Ao estimar a exigência de um nutriente pelo método fatorial, as exigências são divididas em exigência de manutenção e produção. Os parâmetros dos componentes do método (manutenção e produção) são estimados com base em um animal que representa o potencial médio da população. Esse método tem sido bastante utilizado por estimar a exigência levando-se em conta diferentes condições extrínsecas (ambiente) e intrínsecas (peso vivo, sexo, idade) dos animais. Além disso, o método fatorial permite estimar exigências nutricionais diárias (BUENO, 2014).

A elaboração de modelos matemáticos (equações de predição) através do método fatorial, empregados por técnicos de empresas avícolas, é importante pela agilidade de aplicação, já que com um modelo e uma calculadora, obtêm-se resultados rápidos das exigências nutricionais das aves, sem a realização de ensaios biológicos e análises de laboratório (SILVA, 2004).

Nas Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais para Aves e Suínos estão disponíveis equações desenvolvidas para prever as exigências diárias de energia metabolizável (EM), tendo em conta indicadores de fácil manuseio como o peso vivo e o ganho de peso das aves (ROSTAGNO et al., 2017). Alguns exemplos de equação de predição das exigências de energia de frangos de corte seguem abaixo:

- **Equação Utilizada para Estimar a Exigência de Energia Metabolizável-Aves (EM) para Frangos de Corte Machos (kcal/ave/dia)**

Exigência de EM de Frangos de Corte de Desempenho Regular-Médio

$$EM = (113 P^{0,75}) + (2,182 + 1,091 P - 0,1082 P^2) G$$

Exigência de EM de Frangos de Corte de Desempenho Médio-Superior

$$EM = ((113 P^{0,75}) + (2,182 + 1,091 P - 0,1082 P^2) G) 0,95$$

- **Equação Utilizada para Estimar a Exigência de Energia Metabolizável-Aves (EM) para Frangos de Corte Fêmeas (kcal/ave/dia)**

Exigência de EM de Frangos de Corte de Desempenho Regular-Médio

$$EM = (113 P^{0,75}) + (2,4296 + 1,2115 P) G$$

Exigência de EM de Frangos de Corte de Desempenho Médio-Superior¹

$$EM = ((113 P^{0,75}) + (2,4296 + 1,2115 P) G) 0,90^1$$

2.6 Programas de Alimentação

As exigências são divididas em etapas baseadas nos processos fisiológicos e metabólicos do animal, visando fornecer à ave a quantidade necessária de nutrientes em uma determinada idade e evitar desperdícios ou superalimentação (BAILEY, 2019).

Com a redução da idade de abate, tornou-se necessário estudos da variação dos períodos de administração e do número de rações, objetivando adequar os programas alimentares no propósito de ajustar com melhor precisão as exigências nutricionais dos animais (RODRIGUEIRO et al., 2000). Um conjunto de rações fornecido a um lote de frangos é conhecido como programa de alimentação (PESSÔA et al., 2012).

Com o crescimento das áreas de nutrição e manejo de frangos de corte, se tornou necessário a utilização de programas alimentares adaptados às necessidades nutricionais das aves com um maior número de rações durante o ciclo de produção. A partir da década de 50 foi iniciada a utilização de duas

rações. Porém, o órgão controlador de alimentos e drogas (FDA- Federal Food and Drugs Administration) dos Estados Unidos passou a exigir a retirada de aditivos não nutrientes das rações alguns dias antes do abate das aves. Devido a isto, sucedeu a utilização de uma ração final, sem químicos, recorrendo a um programa alimentar com três rações (BERTECHINI, 2004).

Na produção avícola de corte as linhagens dispõem de altas taxas de crescimento e maior peso corporal, necessitando do fornecimento de diferentes rações de acordo com a fase de desenvolvimento dos frangos. Os programas nutricionais mais utilizados na produção de frangos de corte são os de três fases (inicial, crescimento e final), quatro fases (pré-inicial, inicial, crescimento e final) e cinco fases (pré-inicial, inicial, crescimento I, crescimento II e final) (CARNEIRO, 2018).

Provenzano et al. (2016) ao avaliarem dois programas de alimentação (duas e quatro rações) em relação ao desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres de frangos de corte no período de 1 a 42 dias, observaram que as aves tiveram maior ganho de peso com o programa alimentar de quatro rações, concluindo que esse programa alimentar atendeu melhor às exigências nutricionais das aves.

Ainda assim, os programas alimentares de três e quatro fases fazem com que as aves recebam nutrientes abaixo ou acima da exigência nutricional. Em consequência disso, nutricionistas têm feito pesquisas voltadas a uma nutrição mais precisa, em que se acrescenta o número de dietas (programas multifásicos) durante o processo produtivo para atender melhor e com mais precisão às reais exigências nutricionais, além de ter um melhor aproveitamento dos nutrientes, menor custo com os ingredientes da ração e reduzir a excreção de nutrientes no solo (BUENO, 2014).

Uma alternativa para esse problema seria aderir programas alimentares com maior número de dietas durante o ciclo produtivo, atendendo as necessidades das aves com mais precisão. Proporcionando melhor aproveitamento dos nutrientes, menor custo com matéria prima e a redução da excreção de nutrientes no solo, principalmente o nitrogênio.

Ao avaliar frangos de corte em um programa alimentar de 14 fases comparado ao de quatro fases, Bueno (2014) concluiu que o programa multifásico é mais eficiente em relação ao convencional, e pode ser usado para

ambos sexos, com melhora do desempenho das aves, rendimento de peito, além de reduzir o custo alimentar.

Hauschild et al. (2015) avaliaram diferentes planos nutricionais para frangos de corte com base na mistura ideal de duas rações (A e B) formuladas para atender as exigências para o primeiro e último dia de idade, sendo, um programa de alimentação tradicional (quatro fases) e um programa de alimentação multifásica (14 fases) no qual a dieta foi trocada a cada três dias. O autor observou que o programa alimentar multifásico melhorou o desempenho das aves aumentando o peso corporal final (1 a 42 dias) e o rendimento de peito.

2.7 Aditivos Alimentares

Os aditivos têm por finalidade conservar, intensificar ou modificar as características das rações, sem que prejudique o valor nutritivo, além de melhorar o desempenho dos animais (CRUZ E RUFINO, 2017).

Com a ampla produtividade e intensificação do setor avícola, o uso de aditivos tem sido fundamental, uma vez que possibilita maior assimilação dos nutrientes das rações, acarretando máximo desempenho aos animais (CARNEIRO, 2018).

Segundo a Instrução Normativa Nº 44, de 15/12/2015, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aditivo para alimentação animal é toda “substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente às rações, que não é utilizado normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais; melhore o desempenho dos animais saudáveis ou atenda às necessidades nutricionais” (BRASIL, 2015).

De acordo com a Instrução Normativa n. 13, de 30/11/2004, do MAPA, os aditivos classificam-se em aditivos tecnológicos, sensoriais, nutricionais, zootécnicos e anticoccidianos.

Segundo Medeiros (2008), entre os aditivos zootécnicos, incluem-se os seguintes grupos funcionais:

a) Digestivos: substâncias que facilitam a digestão dos alimentos ingeridos, atuando sobre determinadas matérias-primas destinadas à fabricação de produtos para a alimentação animal. As enzimas exógenas são exemplos

desta ação, pois auxiliam na redução de desperdícios de nutrientes excretados pelas aves.

b) Equilibradores de biota: microrganismos que formam colônias ou outras substâncias definidas quimicamente que têm um efeito positivo sobre a biota do trato digestivo como, por exemplo, probióticos e prebióticos.

c) Melhoradores de desempenho: substâncias quimicamente definidas que melhoram os parâmetros de produtividade. São normalmente usados os antimicrobianos.

Para Broch et al. (2018), a inclusão das enzimas digestivas nas rações tem como finalidade promover a hidrólise dos componentes dos alimentos, com o propósito de disponibilizar maior quantidade de nutrientes contidos na ração, na tentativa de otimizar o desempenho dos animais e sua rentabilidade devido ao aumento da digestibilidade dos nutrientes. As enzimas exógenas podem ser divididas em dois grupos: as que complementam quantitativamente as enzimas digestivas (proteases, amilases e lipases) e enzimas que não são sintetizadas endogenamente (β -glucanase, pentosanase, α -galactosidases e fitases) a fins de otimizar os processos metabólicos digestivos dos animais (Tabela 2) (CRUZ & RUFINO, 2017).

Tabela 2. Enzimas Usadas na Alimentação de Não Ruminantes

Enzimas	Ação	Ingredientes em que atua	Benefícios
Proteases	Degrada proteínas a peptídeos e aa's	Dietas com leguminosas	Aumenta a digestibilidade dos aa's e reduz excreção do N.
Amilase	Degrada amido a dextrina e açúcares	Dietas ricas em amido contendo milho	Aumento da disponibilidade de glicose
Fitase	Degrada as ligações do fitato com o P e o Inositol	Todos os tipos de cereais e oleaginosas (farelo de arroz, milho, soja e outros)	Reduz a necessidade de fósforo inorgânico e a

			excreção de fósforo.
Celulase	Degrada celulose	Dietas ricas em fibras (farelo de trigo, cevada e outros)	Aumento da disponibilidade de energia
2-1 β -Glucanase	Degrada β -glucanos a oligossacarídeos	Dietas à base de aveia, cevada e arroz	Redução da viscosidade e aumento da digestibilidade
Galactosidases	Degrada oligossacarídeos e fatores antinutricionais	Soja e outras leguminosas oleaginosas	Melhora a disponibilidade de energia e reduz a viscosidade

Fonte: Adaptado de Cléophas et al. (1995).

Pesquisadores consideram a utilização das enzimas usadas na alimentação de não ruminantes relevante, devido a adição destes aditivos nas rações maximizar a utilização dos nutrientes pouco disponíveis, viabilizando melhor desempenho às aves (SILVA et al., 2016).

Barbosa et al. (2014) testando dietas com níveis nutricionais reduzidos, com a inclusão da suplementação enzimática formada por xilanase, amilase, protease e fitase, verificaram melhora no aproveitamento dos nutrientes e da energia digestível da dieta, influenciando positivamente no desempenho das aves.

Dobre (2019), utilizando a enzima protease em 390 pintos de corte machos, no período de 1 a 21 dias, verificou que a inclusão da enzima protease não afetou os parâmetros de desempenho, entretanto, melhorou o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta das fontes proteicas.

A saúde intestinal dos frangos de corte compõe uma característica a ser mantida e observada na produção avícola. O intestino saudável garante de forma adequada os processos fisiológicos inerentes ao organismo das aves e expressa o seu potencial produtivo (SOUZA et al., 2020). Em vista disso, os antibióticos

melhoradores de desempenho são utilizados na dieta de frangos de corte em doses mínimas com o objetivo de promover uma melhor saúde intestinal devido à ação na redução da microbiota patógena, a qual causa espessamento da mucosa entérica dos frangos.

Entretanto, há uma preocupação quanto à segurança alimentar do consumidor sobre a utilização de antibióticos na alimentação de aves. Existe a percepção que a constante exposição dessas substâncias aos animais possa causar riscos tanto para a saúde animal quanto humana, devido ao fato do aumento da resistência dos antibióticos aos microrganismos patogênicos (FERNANDES, 2015).

Com a proibição determinada pela União Europeia em relação aos antibióticos melhoradores de crescimento, o cenário produtivo avícola brasileiro, passou por mudanças, buscando alternativas para substituir os antibióticos na produção de carne. Entre os produtos alternativos podemos citar os probióticos, prebióticos e simbióticos (SANTANA et al., 2011).

Os probióticos são microrganismos (bactérias ou leveduras), que quando ingeridos em concentração adequada, desempenham diversos efeitos benéficos no hospedeiro (AZAD et al., 2018).

Os microrganismos mais comuns utilizados na alimentação animal como probióticos são bactérias dos gêneros *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bacillus* e leveduras do gênero *Saccharomyces* (CRUZ & RUFINO, 2017). O uso de probióticos, principalmente bactérias produtoras de ácido láctico na alimentação das aves, colabora para a manutenção da integridade e estabilidade da microbiota intestinal, dificultando a multiplicação de microrganismos prejudiciais, prevenindo o desenvolvimento de doenças e melhorando a produtividade (DÍAZ-LÓPEZ et al., 2017).

Os probióticos devem ser utilizados desde o início da criação dos pintainhos, já que são considerados estéreis do ponto de vista microbiológico, havendo assim, a necessidade de uma rápida colonização do trato gastrointestinal das aves jovens pelas bactérias benéficas presentes no aditivo utilizado nas rações (SEIFE et al., 2017).

Além dos probióticos os prebióticos são substratos que servem como nutrientes para microrganismos, permitindo a colonização de bactérias benéficas

(cepas probióticas administradas e/ou microrganismos residentes) com o objetivo de melhorar a saúde intestinal do animal (GIBSON et al., 2017).

Os prebióticos que têm sido mais estudados com frangos de corte são os oligossacarídeos frutoligossacarídeos (FOSs), Glucoligossacarídeos (GOSs) e mananoligossacarídeos (MOSs) (RICKE, 2018). Tais prebióticos produzem ácido láctico, que reflete na redução da população patogênica por meio da acidificação do meio (NÉVOA et al., 2013).

Os FOSs são polímeros de açúcar ricos em frutose, podendo ser naturais, derivados de alguns vegetais como a chicória, cebola, alho, alcachofra, aspargo, cevada, centeio, grãos de soja, grão-de-bico e tremoço, ou sintéticos, resultantes da polimerização de frutose (OLIVEIRA et al., 2012).

Os MOSs são oligossacarídeos que apresentam glucose em sua composição, e são obtidos a partir do processamento de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) por meio do isolamento do componente. Oferecem uma alternativa possível para melhorar a saúde, imunidade específicas e não específicas e aumentar o desempenho animal (NÉVOA et al., 2013). As formas de atuação dos MOSs podem ser pela adesão às bactérias patogênicas impedindo que estas iniciem um processo infeccioso ou preparando o sistema imune para o processo infeccioso (REIS & VIEITES, 2019).

Corrigan et al. (2011) demonstraram em estudos que os MOSs estimulam o crescimento de bactérias benéficas, além de inibir as patogênicas como *Salmonella* sp. e *Escherichia coli*, melhorando a saúde intestinal e desempenho das aves. Os MOSs têm sido utilizados nas dietas de frangos por estimularem o desenvolvimento da mucosa, diminuírem a produção de amônia e agirem como sítio de aderência de patógenos, além de aumentar a digestibilidade de nutrientes e o teor da energia metabolizável das rações (OLIVEIRA & MORAES., 2007).

Os aditivos simbióticos são a junção de aditivos prebióticos e probióticos, sendo um conceito mais moderno no uso de aditivos nas formulações de rações. A combinação desses dois aditivos é vista como uma alternativa para melhorar a sanidade do intestino delgado e cecos dos frangos de corte, por meio dos mecanismos fisiológicos e microbiológicos. A simbiose estabiliza o meio intestinal e expande o número de bactérias benéficas produtoras de ácido láctico

(CRUZ & RUFINO, 2017). Um exemplo da junção desses aditivos é o FOS combinado com bifidobactérias (REIS & VIEITES, 2019).

Os aditivos fitogênicos são substâncias extraídas de plantas medicinais. O uso destes na produção de aves é viável devido possibilitar melhores resultados. A substituição de promotores de crescimento por óleos essenciais na alimentação de aves tende à melhora da flora intestinal, e por consequência, o desempenho produtivo. Isso ocorre devido aos óleos essenciais impedirem as bactérias patogênicas de se agregarem na mucosa intestinal e melhorar a digestibilidade dos nutrientes (FERNANDES, 2015).

Em consequência da proibição dos antimicrobianos melhoradores de desempenho em vários países, os óleos essenciais consistem em alternativas na produção de aves, devido suas características antimicrobianas, estimulantes da digestão, antivirais, antifúngicos e melhorador da digestibilidade dos nutrientes (SOUZA, 2021).

Na Tabela 3 encontram-se alguns óleos essenciais utilizados na alimentação de aves.

Tabela 3: Plantas e seus princípios ativos nos óleos essenciais e suas propriedades.

Planta	Princípio Ativo	Propriedades
Canela	Cinamaldeído	Estimulante do apetite, digestivo e antimicrobiano
Hortelã	Mentol	Antioxidante
Alho	Alicina	Estimulante digestivo, antimicrobiano
Orégano	Carvacrol	Antioxidante, antimicrobiano
Alecrim	Cineol	Estimulante digestivo, antimicrobiano, antioxidante

Fonte: Adaptado de Menten (2002).

Sheoran et al. (2017) testaram uma dieta controle e a inclusão de pó de alho e pó da folha de manjeriço na dosagem de 0,5% e de 1,0%, respectivamente, isoladamente, e a inclusão em conjunto destes ingredientes nas dosagens respectivas de 1,0% na alimentação de frangos de corte, observaram que adição de alho e manjeriço melhorou conversão alimentar e ganho de peso quando comparado à dieta controle. Com a forma isolada de

ambos tratamentos, os resultados comparados à dieta controle também foram superiores, concluindo que a inclusão destes ingredientes foi eficaz na melhoria do desempenho.

2.8 Sistemas Inteligentes de Alimentação de Precisão

A produção animal busca maximizar de forma sustentável a produtividade brasileira, otimizando e automatizando os processos. Assim, a tecnologia tem se tornado uma forte aliada aos produtores, através de ferramentas tecnológicas, como softwares e aplicativos, contribuindo para uma produção mais eficiente (FRANÇA, 2021).

De acordo com Campos (2020), a implantação da nutrição de precisão consiste na utilização de informações e tecnologias (modelos matemáticos, softwares, equipamentos) para a formulação de dietas e fornecimento de nutrientes em qualidade e quantidade exatas ao estado fisiológico e às exigências de manutenção e produção de cada animal.

A empresa Siemens desenvolveu um módulo de inteligência artificial, capaz de processar e relacionar diversas informações de um determinado processo através do uso de redes neurais para a tomada de decisões e/ou oferecer soluções de melhorias de desempenho. O objetivo nos aviários é que os animais possuam uma curva de crescimento acentuada, garantindo o bem-estar animal, dosagem correta de ração e menor taxa de mortalidade.

As aves são monitoradas em tempo real, avaliando as variáveis de temperatura, umidade, ruídos do ambiente, luminosidade e tipo de ração administrada. O equipamento pode analisar qual a melhor energia metabolizável da ração em relação à idade das aves, qual alimento teve o melhor resultado, e o programa de luz a ser aplicado para evitar estresse nos animais. A máquina coleta dados de forma automática com margens pequenas de erros, toma decisões em tempo real, minimizando perdas, melhorando bem-estar animal, ajudando na escolha da ração, vacinas, e até controlando visitas de veterinários (MIGUEL, 2020).

Cassiano (2018) realizou uma pesquisa com frangos de corte machos e fêmeas separadamente no período de 1 a 56 dias de idade, utilizando quatro dietas com diferentes densidades nutricionais para definir as equações de superfície de resposta que servem como base de modelagem para programação

não linear. O autor demonstrou que a metodologia de cálculos e otimização de resultados utilizando a ferramenta computacional, Solver, se mostrou uma técnica eficiente e prática para otimização e modelagem dos dados, permitindo ao programa de formulação encontrar assim, qual melhor densidade energética da dieta para cada cenário específico.

Ferraz et al. (2014) utilizaram redes neurais para predição de peso das aves, utilizando modelos de RNAs multicamadas e Neuro-Fuzzy. Estas redes por padrão realizam predições com base em pares de valores (os parâmetros de entrada e o resultado esperado), sem levar em conta os passos anteriores do treinamento da rede. O presente trabalho propõe a utilização do modelo LSTM, que armazena o “histórico” de predições passadas da rede durante o seu treinamento, oferecendo mais precisão quando utilizado para predição de séries temporais.

Dadalt et al. (2015) formularam rações por programação linear e não linear, utilizando o programa Camera[®] (*Model Company Wala Group*). Foram considerados na fórmula por programação não linear a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a velocidade do ar, a linhagem, o sexo, a densidade de alojamento, as fases de crescimento e o peso do frango. Os melhores resultados econômicos para frangos machos ocorreram em densidade de alojamento de 14 aves/m² e alimentados com rações elaboradas por formulação não linear. Na formulação não linear com aves fêmeas alojadas em densidade de 10 aves/m² e alimentadas com rações com menores densidades nutricionais, houve uma redução no custo, embora apresentassem as piores conversões alimentares. No entanto, piores conversões alimentares não significam resultados econômicos negativos, pois o nível nutricional ótimo econômico não coincide com o ótimo para desempenho.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alimentação na cadeia produtiva de frangos corresponde ao maior custo dentro da produção. Assim, a nutrição de precisão vem como uma alternativa para melhorar o aproveitamento dos nutrientes das dietas, aumentando a eficiência e reduzindo custos da produção avícola brasileira.

Com o crescimento brasileiro na produção avícola e o aumento no valor de insumos, os nutricionistas buscam melhorar cada vez mais, investindo na área da nutrição de precisão e no uso de tecnologias adaptadas nas condições brasileiras, a qual vem ganhando espaço dentro da zootecnia de precisão, uma vez que a otimização dos recursos é necessária aliado a ganhos de produtividade.

Baseado no estudo exposto nesta revisão é possível perceber que a cadeia produtiva de frangos se faz muito necessária a nutrição de precisão, a qual tem o objetivo de viabilizar a adequada nutrição atendendo as exigências nutricionais dos animais sem deficiências ou excessos. Assim, possibilitando a melhora dos resultados zootécnicos das aves, maximizando a produtividade com um menor custo e minimizando a excreção de nutrientes no solo os quais contribuem para poluição ambiental.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Mercados – Aves**, 2020. Disponível em: <https://abpa-br.org/mercados/>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- AJINOMOTO. **Aminoácidos Industriais**, 2022. Disponível em: <https://www.ajinomotoanimalnutrition.com.br/pt/produtos>. Acesso em: 25 set. 2022.
- ARANDA, M.A; GARCIA, R.G; DOMINGUES, C.H.F; SGAVIOLI, S. Panorama da avicultura: Balanço do comércio brasileiro e internacional. **Revista Espacios**, v.38, n.21, p.1-8, 2017.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S.; LAURENTIZ, A.C.; ALMEIDA, J.G.; SERRANO, P.P. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.3, p. 157-162, 2001.
- AZAD, M.A.K.; SARKER, M.; LI, T.; YIN, J. Probiotic Species in the Modulation of Gut Microbiota: An Overview. **BioMed Research International**, v.2018, p.8, 2018.
- BAILEY, C.A. **Precision poultry nutrition and feed formulation**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.
- BAKER, DAVID H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, v.73, n.9, p.1441-1447, 1994.
- BANDEIRA FILHO, J.J. **Sistema de interconexão de equipamentos eletro/eletronicos para zootecnia de precisão**. 2003. 48f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000313656>. Acesso em: 28 set. 2022.
- BARBOSA, F.J.V.; NASCIMENTO, M.P.S.B.; DINIZ, F.M.; NASCIMENTO, H.T.S.; NETO, R.B.A. Sistemas de produção: sistema alternativo de criação de galinhas de capoeira. **Embrapa Meio Norte**. 2007.

BARBOSA, N.A.A.; BONATO, M.A.B.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B.; FERNANDES, J.B.K.; KAWAUCHI, I.M. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.4, p.361-369, 2014.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras/MG: ED. UFLA/FAEPE, 2004. 450p.

BITTENCOURT, T.M.; VALENTIM, J.K.; ARAÚJO, G.G.A.; RODRIGUES, R.F.M.; FERREIRA, A.L.; LIMA, H.J. D'A. Proteínas no contexto atual da nutrição de não ruminantes. **Revista Brasileira de Nutrição Animal**, v.15, n.2, p.1-15, 2021.

BRAINER, M.M.A. **Equação de predição das exigências de energia e proteína para galinhas caipiras**. 2012. 125f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26076.80007>

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa n.13, de 30 de novembro de 2004**. Regulamento Técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal, segundo boas práticas de fabricação, contendo os procedimentos sobre avaliação da segurança de uso, registro e comercialização, constante dos anexos desta instrução normativa. Brasília; 2004

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 44, de 15 de dezembro de 2015**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementese-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN43de15dedezembrode2015.pdf>. Acesso em: 10 março 2022.

BRASIL, R.J.M.; LIMA, C.A.R.; MACHADO, N.J.B.; CURVELLO, F.A. Exigências de lisina digestível para frangos de corte de crescimento lento: Revisão de literatura. **Revista Científica de Avicultura e Suinocultura**, v.4, n.2, 2018.

BROCH, J.; NUNES, R.V.; DA SILVA, I.M.; DE SOUZA, C. Carboidratos e coproduto da mandioca na alimentação de frangos de corte: revisão. **Agropecuária Catarinense**, v.31, n.2, p.82-86, 2018. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/242>>

BUENO, C.F.D. **Comparação de Programas de Alimentação para Frangos de Corte: 4 e 14 fases**. 2014. 53f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP.

CARNEIRO, P.C. **Rações para frangos de corte formuladas com diferentes matrizes nutricionais**. 2018. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG.

CARVALHO, D.C.O. **Valor nutritivo do milho para aves, submetido a diferentes temperaturas de secagem e tempo de armazenamento**. 2002. 90f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

CASSIANO, R.P. **Otimização de modelos não lineares na nutrição de precisão para frangos de corte**. 2018. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira/SP.

CHALOVA, V.I.; KIM, J.H.; PATTERSON, P.H.; RICKE, S.C.; KIM, W.K. Reduction of nitrogen excretion and emissions from poultry: a review for conventional poultry. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v.72, p.509-519, 2016.

CLEÓPHAS, G.M.L.; VAN HARTINGSVELDT, W.; SOMERS, W.A.C.; VAN der LUGT, J.P.K. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poultry**, v.11, n.4, p.12-15, 1995.

CORRIGAN, A.; HORGAN, K.; CLIPSON, N.; MURPHY, R. A. Effect of dietary supplementation with a *Saccharomyces cerevisiae* mannan oligosaccharide on the bacterial community structure of broiler cecal contents. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.77, n.18, p.6653-6662, 2011.

COSTA, F.G.; SILVA, J.H.V.; GOULART, C.C.; NOGUEIRA, E.T.; SÁ, L.M. Exigência de aminoácidos para aves. In: SAKAMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep-Unesp, 2014. cap. 4, p. 240-261.

COSTA, L.S.; GARCIA, L.A.F.; BRENE, P.R.A. **Panorama do setor de frango de corte no Brasil e a participação da indústria avícola paranaense no complexo dado seu alto grau de competitividade**. Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, São Paulo, 2015.

CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.P. **Formulação e Fabricação de Rações (Aves, Suínos e Peixes)**. Manaus: EDUA, 2017. 92p.

D'MELLO, J.P.F. Amino acids as multifunctional molecules. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. Oxon, UK: CABI publishing, 2003. cap. 1, p.1-14.

DADALT, J.C.; BUTZEN, F.M.; RIBEIRO, A.M.L.; RENZ, S.V.; KESSLER, A.M.; PENZ JÚNIOR, A.M. Comparison between linear and nonlinear systems of feed formulation for broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 109-116, 2015.

DANÉS, M.A.C., ANDRADE, A.F.M.S.R.E. **Nutrição de precisão: como o NUL pode ajudar na formulação de dietas mais precisas?** Milkpoint, 09/02/2017. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/marina-danes/nutricao-de-precisao-como-o-nul-pode-ajudar-na-formulacao-de-dietas-mais-precisas-103999n.aspx>. Acesso em 26 out 2022.

DEEPA, K.; SENTHILKUMAR, S.; KALPANA, K.; SUGANYA, T.; SASIKUMAR, P.; THIRUMALAISAMY, G.; SURESHKUMAR, R.; VASANTHAKUMAR, P. NIRS in animal sciences. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v.5, n.2, p.605-610, 2016

DÍAZ-LÓPEZ, E.A.; ÁNGEL-ISAZA, J.; ÁNGEL B.D. Probióticos en la avicultura: una revisión. **Revista de Medicina Veterinaria**, p. 175–189, 2017.

DOBRE, P.R. **Avaliação de fontes proteicas associadas à enzima protease para frangos de corte na fase inicial**. 2019. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Engenharia Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira/SP.

DUARTE, K.F. **Critérios de avaliação das exigências em treonina, triptofano, valina e isoleucina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade**. 2009.

118f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP.

ENGORMIX. **Lei do Mínimo (Liebig)**, 2020. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/reducao-proteica-nutricao-aves-t44692.htm>. Acesso em: 16 mar. 2022.

FENIX. **Soja: Demanda aquecida por farelo e óleo impulsiona negociações**, 2018. Disponível em: <https://fenixempresas.com.br/soja-demanda-aquecida-por-farelo-e-oleo-impulsiona-negociacoes/>. Acesso em: 16 mar. 2022.

FERNANDES, R.T.V.; ARRUDA, A.M.V.; OLIVEIRA, V.R.M.; QUEIROZ, J.P.A.F.; MELO, A.S.; DIAS, F.K.D.; MARINHO, J.B.M.; SOUZA, R.F.; SOUZA, A.O.V.; SANTOS FILHO, C.A. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. **PubVet**, v.9, n.12, p.502-557, 2015.

FERRAZ, P.F.P.; JUNIOR, T.Y.; JULIO, Y.F.H.; CASTRO, J.O.; GATES, R.S.; REIS, G.M.; CAMPOS, A.T. Predicting chick body mass by artificial intelligence-based models. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.7, p. 559-568, 2014.

FERREIRA, N.T. Nutrição de precisão na produção de aves. **Revista Attalea Agronegócios**, 30 nov. 2019. Disponível em: <https://revistadeagronegocios.com.br/nayara-tavares-ferreira-nutricao-de-precisao-na-producao-de-aves/>. Acesso em 26 out. 2022.

FRANÇA, L.R. **Elaboração de aplicativo para uso a campo na avicultura de postura**. 2021. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG.

GARCIA, D.A.; GOMES, D.E. A avicultura brasileira e os avanços nutricionais. **Revista Científica**, v. 1, n. 1, 2019.

GIBSON, G.R.; HUTKINS, R.; SANDERS, E.M.; PRESCOTT, S.L.; REIMER, R.A.; SALMINEN, S.J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K.S.; CANI, P. D.; VERBEKE, K.; REI, G. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature reviews Gastroenterology & hepatology**, v.14, n.8, p.491–502, 2017.

GRAÑA, A.L.; TAVERNARI, F.C.; LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C. Avaliação da excreção e retenção de nutrientes em frangos de corte submetidos a diferentes estratégias nutricionais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.15, p.161-168, 2013.

HAESE, D., KILL, J.L., HADDADE, I.R., SARAIVA, A., VITÓRIA, E.L., DEL PUPPO, D.; SOUZA, E.O. Exigência de lisina digestível e planos de nutrição para frangos de corte machos mantendo as relações metionina, cistina e treonina digestível na proteína ideal. **Ciência Rural**, v.42, n.3, p.538-544, 2012.

HAUSCHILD, L.; BUENO, C.F.D.; REMUS, A.; GOBI, J.D.P.; ISOLA, R.D.G.; SAKOMURA, N.K. O programa de alimentação multifásica para frangos de corte pode substituir o sistema tradicional. **Scientia Agrícola**, v. 72, p.210-214, 2015.

HENZ, J.R.; NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; FURLAN, A.C.; SCHERER, C.; EYNG, C.; SILVA, W.T.M. Valores energéticos de diferentes cultivares de milho para aves. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.5, p.2403-2413, 2013.

INDIAMART. **Espectroscópio de refletância no infravermelho próximo (NIRS)**, 2022. Disponível em: <https://5.imimg.com/data5/SELLER/Default/2021/4/ZP/JY/VI/1439827/vis-nir-spectroscopy-lab-analyzers-1000x1000.jpg>. Acesso em: 16 mar. 2022.

LAMPARELLI, R.A.C. **Agricultura de precisão**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2016.

LELIS, G.R.; LORA, A.G.; ALBINO, L.F.T. **Influência da dieta formulada no conceito de proteína ideal sobre a excreção e a retenção de nitrogênio em frangos de corte**. In: CONFERÊNCIA APINCO, 2008, Santos. **Anais...** p.153, 2008.

LUIZ, A. **Análises bromatológicas em subprodutos para alimentação animal**. 2016. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

MANZKE, N.E.; PALHARES, J.C.P; DE LIMA, G.J.M.M. Nutrição de precisão e manejo alimentar como formas de reduzir a poluição ambiental dos resíduos

gerados na produção de suínos e aves. **Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico**, 2016.

MARTINS, R.A.; ASSUNÇÃO, A.S.A. Importância dos aminoácidos na nutrição de frangos de corte. Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v.12, n.4. p. 539 – 554, 2018.

MEDEIROS, P.T. **Produção avícola: subsídios na busca de sistemas de alimentação saudáveis, econômicos e de menor impacto ambiental**. 2008. 93f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis/SC.

MENTEN, J.F.M. Probióticos, Prebióticos e Aditivos Fitogênicos na nutrição de aves. In: II Simpósio sobre Nutrientes na Alimentação Animal. **Anais...** Uberlândia, p. 251-276, 2002.

MIGUEL, L.J. Como aumentar a nossa eficiência nas granjas utilizando o advento da inteligência artificial? **Siemens Ltda**, 2020. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/como-aumentar-a-nossa-eficiencia-nas-granjas-utilizando-o-advento-da/20200403-100418-A089>. Acesso: 28 set. 2022.

NASCIMENTO, S.T.; FONSÊCA, V.F.C.; MAIA, A.S.C.; SANTOS, V.M., OLIVEIRA, E.M., MÓS, J.V.N. Zootecnia de precisão e os desafios da ambiência na produção animal no Nordeste brasileiro. **Revista Científica de Produção Animal**, v.19, n.2, 2017.

NELSON, D.L, COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1259p.

NÉVOA, M.L.; CARAMORI-JÚNIOR, J.G.; VIEITES, F.M.; NUNES, R.V.; VARGAS JÚNIOR, J.G.; KAMINURA, R. Antimicrobianos e prebióticos nas dietas de animais não ruminantes. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.2, abr./jun., p.85-95, 2013.

NIDERA SEMENTES. **Milho em grão**, 2021. Disponível em: <https://somensilhoes.com/wp-content/uploads/2021/10/10-curiosidades-sobre-o-milho.jpg>. Acesso em: 16 mar. 2022.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**, 9th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC, USA, 1994.

OLIVEIRA, M.C.; MORAES, V.M.B. Mananoligossacarídeos e enzimas em dietas a base de milho e farelo de soja para aves. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.339-357, 2007.

OLIVEIRA, M.D.; ZAVARIZE, K.C.; GOMES, N.A.; ROCHA, F.R.T.; MARTINS, J.M.S.; LITZ, F.H.; CASTILHANO, H. Aditivos alternativos na alimentação de aves. **PubVet**, Londrina, v.6, n.27, 2012.

PANDORFI, H; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.558-568, 2012.

PESSÔA, G.B.S.; TAVERNARI, F.D.C.; VIEIRA, R.A.; ALBINO, L.F.T. Novos conceitos em nutrição de aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p. 755-774, 2012.

PINAZZA, L.A.; LAUANDOS, I.P. A Revolução das Aves. **AgroANALYSIS**, v.20, n.8, p.18-20, 2000.

PROVENZANO, A.C.G.; REIS, R.S.; FERREIRA, V.P.A.; COELHO, L.L.C.L.; COBUCCI, J.M.; FERREIRA, T.D.; BATISTON, N.R.; MARQUES, K.C. Efeito do Programa de Alimentação e do Tipo de Premix na Ração sobre o Desempenho, Rendimento de Carcaça e Cortes Nobres de Frango de Corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.6, n.3, 2016.

REIS, T.L.; VIEITES, F.M. Antibiótico, prebiótico, probiótico e simbióticos em rações de frango de corte e galinhas poedeiras. **Ciência Animal**, v.29, n.3, p.133-147, 2019.

REMUS, A. **Modelos para estimar exigências nutricionais de aminoácidos e resposta à ingestão de metionina: sistema tradicional por fases x nutrição de precisão**. 2015. 98f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP.

RIBEIRO, F.A.L. **Uso da técnica da Espectroscopia no Infravermelho Próximo**. Conselho Regional de Química – IV Região, 2015. Disponível em: https://crq4.org.br/informativomat_1271. Acesso em 27 out 2022.

RICKE, S.C. Impact of prebiotics on poultry production and food safety. **Yale Journal of Biology and Medicine**, v.91, p.151-159, 2018.

RIGUEIRA, L.C.M. **Aplicação do conceito de proteína ideal em dietas com diferentes níveis protéicos para frangos de corte**. 2005. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

RIGUEIRA, L.C.M.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CARVALHO, D.C.O. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal em dietas com diferentes níveis protéicos para frangos de corte no período de 21 a 35 dias de idade. In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2006. João Pessoa, **Anais**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006

ROCHA, G.B.; SILVA, I.J.O. A dinâmica da Zootecnia de Precisão e tecnologias de suporte atuais. **Suinocultura Industrial**, 18/12/2020. Disponível em: <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/a-dinamica-da-zootecnia-de-precisao-e-tecnologias-de-suporte-atuais/20201218-085415-w971>. Acesso em 18 agosto 2022.

RODRIGUEIRO, R.J.B.; MURAKAMI, A.E.; POZZA, P.C.; SCAPINELLO, C.; MOREIRA, I.; NEME, R. Efeito de dois programas de alimentação sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de duas marcas comerciais de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.502-506, 2000.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, J.L.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 4.ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia UFV, 2017. 488p

SALMAN, A.K.; FERREIRA, A.C.D.; SOARES, J.P.G.; SOUZA, J.P. **Metodologia para avaliação de alimentos para ruminante doméstico**. Embrapa Rondônia Documentos 136. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010.

SANTANA, E.S.; MENDES, F.R.; BARNABÉ, A.C.S.; OLIVEIRA, F.H.; ANDRADE, M.A. Uso de produtos alternativos aos antimicrobianos na avicultura. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p. 985-1009, nov. 2011.

SANTANA, L.; OLIVEIRA, J. **Agricultura 4.0 e o desenvolvimento de pesquisas de computação aplicada às ciências agrárias**. SBC Horizontes, março. 2021. ISSN 2175- 9235. Disponível em: <<http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2021/03/Agricultura-4-0-e-o-desenvolvimento-de-pesquisas-de-computacao-aplicada-as-ciencias-agrarias/>>. Acesso em 18 agosto 2021.

SCHMIDT, N.S.; SILVA, C.L. Pesquisa e Desenvolvimento na Cadeia Produtiva de Frangos de Corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, n.3, p.467-482, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>.

SEIFE, K.; TORSHIZI, M.A.K.; RAHIMI, S.; KAZEMIFARD, M. Efficiency of early, single-dose probiotic administration methods on performance, small intestinal morphology, blood biochemistry, and immune response of Japanese quail. **Poultry Science**, v.96, p. 2151-2158, 2017.

SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; FILHO, J.J.; SILVA, E.L.; ANDRADE, I.S.; MELO, D.A.; RIBEIRO, M.L.G.; ROCHA, M.R.F.; COSTA, F.G.P.; DUTRA JÚNIOR, W. M. Exigências de manutenção e de ganho de proteína e de energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1209-1219, 2004.

SILVA, M.A. Evolução do melhoramento genético de aves no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p.437-445, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226808008.pdf>. Acesso em 22 out 2022.

SILVA, D.M.; RODRIGUES, D.R.; GOUVEIA, A.B.V.S.; MESQUITA, S.A.; SANTOS, F.R.; MINAFRA, C.S. Carboidrases em rações de frangos de corte. **PUBVET**, v.10, n.11, p.795-872, 2016.

SILVA, P.S.M. **Processo produtivo e boas práticas em fábrica de ração**, 2022. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres/GO.

SIQUEIRA, C.S.; SAKOMURA, N.K.; DORIGAM, J.C.P.; MENDONÇA, G.G.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; DOURADO, L.R.B.; NASCIMENTO, D.C.N. Níveis de lisina em rações para frangos de corte determinados com base em uma abordagem econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2178-2185, 2011.

SINDIRAÇÕES. BOLETIM INFORMATIVO DO SETOR. 2022. Disponível em: https://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2022/08/boletim_informativo_do_setor_agosto_2022_vs_final_port_sindiracoes.pdf. Acesso em 28 nov 2022.

SOUZA, L.P. **Óleos essenciais para frango de corte: Uma análise cientométrica**, 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde/GO.

SOUZA, C.S.; VIEITES, F.M.; JUSTINO, L.R.; LIMA, M.F.; CHAVES, A.S.; CARDOSO, V.S.; SOUSA, F.D.R.; COSTA, T.F.; MINAFRA, C.S.; LIMA, C.A.R. Importância da saúde intestinal em frango de corte. **Research, Society and Development**, v.9, n.3, p.1-18, 2020.

SHEORAN, N.; KUMAR, R.; KUMAR, A.; BATRA, K.; SIHAG, S.; MAAN, S.; MAAN, N.S. Nutrigenomic evaluation of garlic (*Allium sativum*) and holy basil (*Ocimum sanctum*) leaf powder supplementation on growth performance and immune characteristics in broilers. **Veterinary World**, v.10, n.1, p.121, 2017.

TREVISAN, R.B. **Programas nutricionais e seus efeitos sobre os índices produtivos e econômicos de frangos de corte**. 2013. 82f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia dos Alimentos, Pirassununga/SP.

USDA - United States Department of Agriculture. **USDA Data Strategy**, 2019. Disponível em: <https://www.usda.gov/topics/data>. Acesso em: 20 julho 2022.

USDA - United States Department of Agriculture. **Foreign agricultural service 2020**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>

UTIMI, N.B.P. **Nutrição de precisão para frangos de corte**. 2016. 93f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia,

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP.

VOILA, M.; TRICHES, D. A cadeia de carne de frango: uma análise dos mercados brasileiro e mundial de 2002 a 2012. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v.21, n.44, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5335/rtee.v21i44.5357>.

WATHES, C.M.; KRISTENSEN, H.H.; AERTS, J.M.; BERCKMANS, D. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, v.64, n.1, p.2-10, 2008.

WELLOCK, I.J.; EMMANS, G.C.; KYRIAZAKIS, I. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2442-2450, 2004.

ZARDO, A.O.; LIMA, G.J.M.M. **Alimentos para suínos**. Embrapa Suínos e Aves-Livro técnico (INFOTECA-E), 1999.

ZEN, S.; IGUMA, M.D.; ORTELAN, C.B.; SANTOS, V.H.S.; FELLI, C.B. Evolução da Avicultura no Brasil. **Informativo Cepea**, São Paulo: Esalq/USP, ano 1, edição 1, 2014. Disponível em: <https://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0969140001468869743.pdf>. Acesso em 27 out 2022.