

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – CAMPUS BAMBUÍ
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

Henrique Martins Magalhães Sales

**USO DA ENZIMA FITASE EM DIETAS E SEUS EFEITOS SOBRE O
DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE: Revisão**

BambuÍ-MG

2021

HENRIQUE MARTINS MAGALHÃES SALES

**USO DA ENZIMA FITASE EM DIETAS E SEUS EFEITOS SOBRE O
DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE: Revisão**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Adriano Geraldo

Bambuí-MG

2021

S163u Sales, Henrique Martins Magalhães.

Uso da enzima fitase em dietas e seus efeitos sobre o desempenho produtivo de frangos de corte: revisão. / Henrique Martins Magalhães Sales. – 2021.

24 f.; il.

Orientador: Adriano Geraldo. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado Zootecnia, 2021.

1. Avicultura. 2. Enzima fitase. 3. Frangos de corte. I. Geraldo, Adriano. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 636.5

Henrique Martins Magalhães Sales

USO DA ENZIMA FITASE EM DIETAS E SEUS EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE: REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharelado em Zootecnia.

Aprovado em: 05 de Maio de 2021 pela banca examinadora:

Prof. Dr. Adriano Geraldo – IFMG (Orientador)

Prof. Dr. Luiz Carlos Machado - IFMG

Prof. Dra. Silvana Lúcia dos Santos Medeiros – IFMG



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Geraldo, Professor**, em 05/05/2021, às 16:08, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Carlos Machado, Professor**, em 05/05/2021, às 16:08, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Silvana Lucia dos Santos Medeiros, Professora**, em 05/05/2021, às 16:13, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **0807894** e o código CRC **BFD96210**.

Dedico este trabalho à minha mãe, Soraia, apoiadora de todos os meus sonhos e maior incentivadora; sem ela, nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha namorada, Giovana, que está comigo me apoiando sempre nessa caminhada.

Agradeço aos meus amigos e família, que sempre me apoiaram e incentivaram a nunca desistir apesar das dificuldades.

Agradeço ao meu orientador, que foi de extrema importância no desenvolvimento deste Trabalho.

RESUMO

A avicultura vem passando por modificações no processo produtivo, decorrentes de inovações tecnológicas que visam aumentar a produtividade e o faturamento das indústrias. A nutrição animal é um fator importante na produção de frangos de corte. A alimentação das aves deve ser sempre balanceada e incluir ingredientes de alta qualidade. Diversos pesquisadores utilizam enzimas exógenas para melhorar o desempenho de frangos de corte, e uma dessas enzimas é a fitase. Existem diversas fontes de fitase utilizadas nas indústrias de rações, sendo de extrema importância conhecer e entender o funcionamento desta enzima exógena e seus efeitos no desempenho produtivo dos animais. Objetivou-se, com este trabalho, fazer uma revisão bibliográfica atualizada, consultando artigos científicos e revisões que utilizaram a enzima fitase na dieta e avaliaram seus efeitos sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. A presente revisão trouxe diversos resultados, de diferentes autores, com base nos possíveis usos da enzima fitase em dietas para frangos e seus diversos efeitos no desempenho produtivo e digestibilidade de nutrientes em frangos de corte. De acordo com alguns autores, para a inclusão eficiente da enzima fitase, são necessários ajustes nos níveis de Ca e P para que seja benéfico o efeito produtivo sobre o desempenho produtivo, mineralização óssea e digestibilidade de nutrientes, reduzindo, conseqüentemente, a excreção de minerais no meio ambiente, sendo este efeito mais eficaz em animais jovens. Outros autores avaliaram o efeito da associação da fitase com outras enzimas exógenas e obtiveram resultados controversos, e, ainda, outros trabalhos associaram o efeito do uso da fitase em rações e seus efeitos sobre o peso relativo de órgãos, morfometria intestinal e perfil metabólico do plasma sanguíneo de frangos de corte, obtendo resultados significativos. Com base nestes achados, alguns autores indicaram a necessidade da realização de novas pesquisas para elucidar mais efeitos desta enzima sobre o bem-estar e comportamento animal.

Palavras-chave: Avicultura. Enzima Fitase. Frangos de Corte. Dietas.

ABSTRACT

Poultry has been undergoing modifications in the production process, resulting from technological innovations that aim to increase productivity and revenue for industries. Animal nutrition is an important factor in the production of broilers. The feed of the birds must always be balanced and include high quality ingredients. Several researchers use exogenous enzymes to improve the performance of broilers, and one of these enzymes is phytase. There are several sources of phytase used in the feed industries, and it is extremely important to know and understand the operation of this exogenous enzyme and its effects on the productive performance of animals. The objective of this work was to carry out an updated bibliographic review, consulting scientific articles and reviews that used the enzyme phytase in the diet and evaluated its effects on the productive performance of broilers. The present review brought several results, from different authors, based on the possible uses of the enzyme phytase in diets for chickens and its different effects on productive performance and digestibility of nutrients in broilers. According to some authors, for the efficient inclusion of the phytase enzyme, adjustments in the levels of Ca and P are necessary in order to have a beneficial effect on the productive performance, bone mineralization and digestibility of nutrients, consequently reducing the excretion of minerals in the environment, this effect being more effective in young animals. Other authors have evaluated the effect of the association of phytase with other exogenous enzymes and obtained controversial results, and yet other studies have associated the effect of the use of phytase in diets and its effects on the relative weight of organs, intestinal morphometry and plasma metabolic profile of broiler chickens, obtaining significant results. Based on these findings, some authors have indicated the need for further research to elucidate more effects of this enzyme on animal welfare and behavior.

Keywords: Poultry. Phytase enzyme. Broilers. Diets.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do ácido fítico: mio-inositol, 1,2,3,4,5,6-hexaquisfosfato (IP6), IUPAC.....	14
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor de fitato dos alimentos de origem vegetal.....	13
Tabela 2 – Principais fontes de fitase.....	16

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo geral.....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Uso de ingredientes de origem vegetal na ração para frangos de corte.....	12
2.2 A importância do fósforo na nutrição de aves.....	13
2.3 A molécula de fitato.....	14
2.4 A enzima fitase e seu modo de ação.....	15
2.5 Fatores que influenciam a ação da enzima fitase.....	16
2.5.1 Faixa de pH ideal.....	16
2.5.2 Tipos de enzima fitase.....	16
2.5.3 Níveis de cálcio e fósforo.....	17
3. METODOLOGIA.....	17
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O USO DA ENZIMA FITASE EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS CONSULTADOS.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

A avicultura vem passando por modificações no processo produtivo, decorrentes de inovações tecnológicas que visam aumentar a produtividade e o faturamento das indústrias. De acordo com Belusso, (2010) a avicultura se constitui numa cadeia produtiva onde os efeitos precisam ser dimensionados do ponto de vista da transição a que os produtores se submeteram para acompanhar a escala e o padrão tecnológico exigidos, de acordo com as estratégias empresariais.

A nutrição animal é um fator importante na produção de frangos de corte. A alimentação das aves deve ser sempre balanceada e incluir ingredientes de alta qualidade e com níveis nutricionais que atendam totalmente às exigências nutricionais, em sincronia com o crescimento dos tecidos das aves, dentre outras exigências fisiológicas.

Segundo Costa et al. (2004), a alimentação de aves baseia-se em ingredientes de origem vegetal, principalmente o milho e a soja. Esses ingredientes apresentam, geralmente, dois terços do seu fósforo complexados na molécula de ácido fítico, não podendo, portanto, serem utilizados pelos animais monogástricos, porque estes não conseguem sintetizar a enzima fitase, que é necessária para hidrolisar o complexo de fósforo com ácido fítico, sendo necessária a adição de maior quantidade de fósforo inorgânico na dieta para atender às exigências do animal em fósforo.

De acordo com Naves (2014), o ácido fítico possui alto potencial para complexar nutrientes, o número de cargas iônicas no fosfato de mio-inositol influencia sua capacidade complexante, e a desprotonação dos grupos fosfatos está intimamente ligada ao pH no qual a molécula se encontra. O fitato carregado negativamente pode complexar-se com minerais catiônicos, sendo que os divalentes (Ca^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+}) são mais susceptíveis. A formação de complexos entre o fitato e o nutriente tem grande importância nutricional, pois os nutrientes complexados podem não ser absorvidos no intestino dos animais, o que pode reduzir o desempenho produtivo das aves. Quanto maior o grau de fosforilação do mio-inositol, maior o poder de complexação.

De acordo com Pereira et al. (2012), a adição de outras fontes de fósforo inorgânico, provoca um aumento de fósforo nas excretas das aves tanto pela perda de fósforo fítico, complexado à molécula de fitato, quanto pelo fósforo não aproveitado na forma inorgânica. A inclusão de fitase na dieta de frangos de corte aumenta a disponibilidade e o aproveitamento do fósforo fítico, assim como a digestibilidade dos demais nutrientes.

Segundo Barbosa et al. (2012), nesse sentido, o uso de biotecnologias, como as enzimas exógenas em dietas à base de milho e farelo de soja, tem como objetivo melhorar o aproveitamento dos nutrientes na alimentação de monogástricos. As enzimas melhoram o desempenho dos animais por atuarem no aumento da digestibilidade dos nutrientes, o que melhora aprimorando o balanço ideal da formulação da dieta e, além de diminuindo a excreção de minerais.

Existem diversas fontes de fitase utilizadas nas indústrias de rações. Portanto, é de extrema importância conhecer e entender o funcionamento da enzima fitase e seus efeitos ao ser adicionada na ração fornecida na dieta dos animais, efetuando-se uma análise sobre o desempenho produtivo de frangos de corte.

1.1 Objetivo geral

Objetivou-se, com este trabalho, fazer uma revisão bibliográfica atualizada, consultando artigos científicos ou de revisões bibliográficas mais recentes que utilizaram a enzima fitase na dieta e avaliaram seus efeitos sobre o desempenho produtivo de frangos de corte.

1.2. Objetivos específicos

- Buscar artigos científicos e revisões bibliográficas atuais publicados em revistas qualificadas, utilizando da plataforma de pesquisa Periódicos CAPES, onde o assunto da publicação diz respeito ao emprego da enzima fitase em rações para frangos de corte e avaliação dos efeitos sobre o desempenho produtivo sobre frangos de corte;
- Correlacionar os níveis de suplementação da enzima fitase com os níveis de fósforo disponíveis da ração e seus efeitos sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. Esta ação é necessária para se avaliar as diferenças entre os tratamentos utilizados pelos autores das referidas publicações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uso de ingredientes de origem vegetal na ração para frangos de corte

“No Brasil, a alimentação de frangos de corte é baseada em dietas com milho e farelo de soja. A avicultura consome em média cerca de 46 e 48% da produção desses ingredientes, respectivamente” (ZANI, 2021). A inclusão dos alimentos em dietas para aves baseia-se em tabelas de composição nutricional que expressam as necessidades dos animais, o valor nutritivo dos alimentos e os níveis ótimos para sua inclusão.

Segundo Rostagno et al. (2006), para formular rações de frangos de corte com ingredientes vegetais, além dos tradicionais milho e farelo de soja, podem-se utilizar o sorgo, o farelo de gérmen de milho e o farelo de arroz. Outros alimentos podem ser usados, dependendo da disponibilidade em cada região.

Os ingredientes vegetais empregados na alimentação de frangos de corte possuem uma certa quantidade de fitato em sua composição. Na prática, de acordo com Krabbe (2011), o fitato se apresenta complexado com distintos nutrientes em diferentes sementes (grãos). No milho, ele está presente primeiramente no gérmen, na forma hidrossolúvel. Em leguminosas, o fitato tem sido observado associado a proteínas, e o grão de soja não apresenta um sítio específico de localização das moléculas de fitato.

Tabela 1 - Teor de fitato dos alimentos de origem vegetal

Alimento	Teor de Fitato (%)
Farelo de Soja	1,40
Milho	0,76
Farelo de Trigo	5,00
Farelo de Arroz	0,21
Cevada	1,12

Fonte: Adaptado de Krabbe, 2011, com modificações.

2.2 A importância do fósforo na nutrição de aves

Segundo Macari et al. (2002), os minerais constituem parte importante do organismo animal, representando cerca de 3 a 4% do peso vivo das aves, sendo considerados elementos essenciais para uma boa nutrição. São classificados em macrominerais e microminerais (ou elementos-traços). De maneira geral, eles participam de funções variadas no organismo, principalmente relacionadas à estrutura e reações químicas.

O fósforo vem sendo objetivo de muitas pesquisas mundiais, devido não somente à sua importância econômica, mas também à sua importância relevância ambiental. De acordo com Runho et al. (2001), pelo fato de os animais consumirem grande quantidade desse mineral, ele também é eliminado, pelas fezes e pela urina, em grande quantidade no meio ambiente, o que vem causando, em alguns países, preocupação com o excesso desse mineral no solo, podendo causar provocar problemas como a contaminação do solo e de lençóis freáticos.

De acordo com Trevizan (2003), o fósforo (P) é um mineral que acompanha o metabolismo do mineral cálcio, principalmente quando se refere aos níveis séricos e à absorção. Está envolvido na formação de colágeno e na mineralização óssea, aumentando a resistência dos ossos e acelerando a cicatrização de fraturas, sendo também ativador de coenzimas para o

funcionamento de vitamina do complexo B, além de exercer função tamponante no líquido intracelular e nos fluídos tubulares dos rins. Também participa da formação de membranas celulares, sendo um componente dos ácidos nucleicos envolvidos no crescimento e na diferenciação celular.

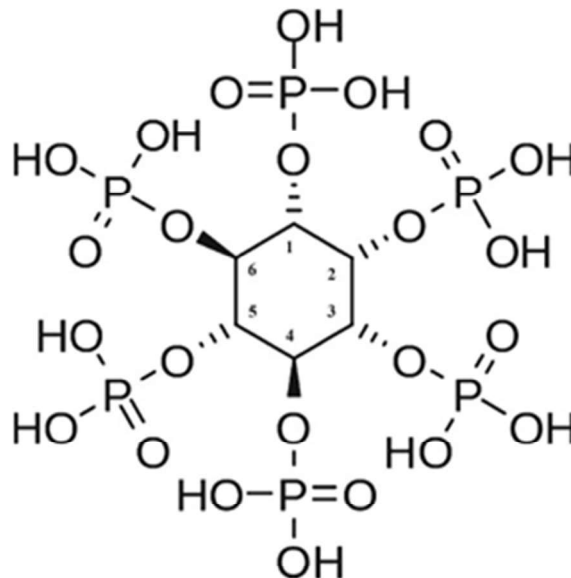
De acordo com Runho (2001), o fósforo tem participação na manutenção do equilíbrio eletrolítico e osmótico, é essencial para utilização e transferência de energia (na forma de ATP), necessário para a formação dos fosfolipídeos, transporte de gorduras e síntese de aminoácidos e proteínas e, ainda, participa no controle do apetite e na eficiência alimentar.

2.3 A molécula de fitato

Segundo NEWMAN (1991, apud FIREMAN, 1998), a maior reserva de fósforo da planta é o fitato. O ácido fítico é formado pela esterificação do álcool cíclico inositol com seis grupos de ácido fosfórico, e o fitato é o duodeca-ânion do ácido fítico, o qual é chamado quimicamente de mio-inositol-hexaquisfosfato.

Quando complexado com cátions bivalentes como cálcio (Ca), manganês (Mn), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn), além do próprio fósforo (P), estes se tornam indisponíveis para o animal.

Figura 1 - Estrutura do ácido fítico: mio-inositol, 1,2,3,4,5,6-hexaquisfosfato (IP6), IUPAC.



Fonte: DERSJANT-LI, 2015

De acordo com Barrilli (2019), quando se conhece os efeitos negativos do fitato em dietas para frangos de corte, uma forma de eliminá-los é por meio da utilização de enzimas exógenas como as fitases, ou mio-inositol (1,2,3,4,5,6) hexafosfatato fosfohidrolase, que são

um subgrupo das fosfomonoesterases capaz de desfosforilar os fitatos, podendo liberar fósforo fítico, além de outros nutrientes, reduzindo seus efeitos antinutritivos.

O fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico, que é encontrado nos vegetais. Segundo Pereira (2012), o fósforo fítico não é aproveitado pelas aves, pois estas não sintetizam a enzima fitase. Dessa maneira, é necessária a adição de uma maior quantidade de fósforo inorgânico na dieta para atender às exigências nutricionais dos frangos de corte em fósforo. Dessa forma, há aumento de fósforo nas excretas dos frangos de corte tanto pela perda de fósforo fítico, complexado à molécula de fitato, quanto pelo fósforo não aproveitado na forma inorgânica.

Existem diversas fontes de fitase utilizadas nas indústrias de rações. A inclusão da enzima fitase na dieta de frangos de corte aumenta o aproveitamento e a disponibilidade do fósforo fítico, assim como a digestibilidade dos demais nutrientes. O ácido fítico é a principal forma de armazenamento de fósforo em sementes. “Em virtude da habilidade de formar complexos insolúveis com importantes minerais como o Cálcio, Zinco e Manganês e também com proteínas, o ácido fítico é considerado um constituinte antinutricional, que reduz a biodisponibilidade desses minerais” (MAGA, 1982 apud LELIS et al., 2009).

2.4 A enzima fitase e seu modo de ação

“A fitase é uma fosfatase que catalisa o desdobramento do ácido fosfórico do inositol, liberando o ortofosfato para ser absorvido. A enzima atua hidrolisando o fitato e liberando o P e outros nutrientes, o que permite sua melhor assimilação pelo animal” (FUKAYAMA, 2008).

Segundo Meneghetti (2011), entre as principais enzimas exógenas produzidas na indústria, a fitase é a que mais se destaca, em virtude da magnitude e da consistência relativamente altas da bioeficácia dessa enzima. Além disso, o aumento dos custos de produção, dos ingredientes e da fabricação das rações e também a legislação de alguns países, associada à poluição ambiental, fazem com que, efetivamente, a fitase seja uma alternativa para melhorar economicamente a disponibilidade do fósforo fítico.

De acordo com os estudos de Khan S. A. et al. (2013), a suplementação com fitase indica alguns efeitos positivos no desempenho de frangos de corte, tais como crescimento, eficiência alimentar, digestibilidade de proteína/aminoácido, utilização de energia, retenção de minerais e crescimento ósseo de frangos durante todo o período de crescimento.

“A atividade de fitase é expressa em unidades de atividade de fitase (FTU), sendo que a quantidade de P inorgânico liberado em uma solução de fitato de sódio durante um minuto em pH 5,5 e 37oC corresponde a um FTU” (ENGELEN et al., 1994).

Tabela 2 - Principais fontes de fitase

Origem	Nomenclatura	PH ótimo
Bactéria	Escherichia coli	4,5
	Clostridium acetobutylicum	3,6
	Bacillus amyloliquefaciens	3,9
Fungos	Aspergillus niger	5,0
Plantas	Zea mays (milho)	5,4
	Triticum aestivum (trigo)	7,4

Fonte: Adaptado de Lei et al., 2013, com modificações.

2.5 Fatores que influenciam a ação da enzima fitase

Diversos fatores podem influenciar na atividade da enzima fitase in vivo, incluindo aqueles relacionados à própria fitase, como faixa de pH ideal e tipos de fitases; aspectos referentes aos animais, como espécie, idade e tempo de retenção. Além disso, fatores relacionados à dieta, como conteúdo de fitato, níveis de cálcio e composição do ingrediente, também são muito relevantes.

2.5.1 Faixa de pH ideal

De acordo com Dersjant-Li (2015), a faixa de pH no estômago das aves varia entre 2,5 e 3,5. No entanto, a atividade das fitases comerciais são testadas em um pH ótimo de 5,5 e uma temperatura de 37oC in vitro. As diferentes enzimas de fitase possuem faixas de pH ideal para sua ação variadas de acordo com sua fonte de origem; por exemplo, como as enzimas de fitase oriundas de bactérias atuam melhor em um pH mais baixo do que as enzimas de fitase provenientes de fungos. Como o ácido fítico (e fitato) dissocia-se e é solúvel em pH ácido (por exemplo, estômago), a formação dos minerais e dos complexos ocorre principalmente em pH mais elevado, como o do intestino. “Assim, os ácidos fíticos se complexam com cálcio, proteínas e aminoácidos, além de interagirem com enzimas endógenas, resultando na redução da digestibilidade dos nutrientes” (BROCH et al., 2020).

2.5.2 Tipos de enzima fitase

De acordo com Lalpanmawia et al. (2014), a maioria das fitases disponíveis comercialmente são derivadas de micróbios, especialmente fungos e bactérias, e, recentemente, por tecnologia

recombinante. Essa fermentação submersa e em estado sólido tem sido amplamente utilizada para a produção de fitase exógena.

“As enzimas fitase para alimentação das aves podem ser incluídas nas rações avícolas como granulados ou líquidos, por meio de sistemas de aplicação pós-peletização, para evitar problemas de termoestabilidade em altas temperaturas de peletização (> 80 °C).” (SELLE E RAVINDRAN, 2007)

Segundo Cao et al. (2007), a termoestabilidade e a resistência à proteólise estão entre as características bioquímicas mais importantes em relação à utilização comercial das fitases, devido às elevadas temperaturas adotadas nos processamentos das rações para aves e também pelo fato da ação catalítica das enzimas digestivas durante a passagem pelo trato gastrointestinal dos animais.

2.5.3 Níveis de cálcio e fósforo

Diversos trabalhos atestaram a eficácia da fitase, comprovando que é possível reduzir nutrientes das rações sem comprometer o desempenho das aves, diminuindo a excreção de alguns elementos minerais pelos animais. Entretanto, a atividade da fitase é influenciada por níveis de cálcio e fósforo inorgânico da dieta.

Segundo Santos et al. (2011), devem-se manter os níveis de fósforo e cálcio inorgânicos nos limites mínimos necessários, para maior solubilização do fitato no trato digestivo da ave. Ao suplementar as rações com fitase, os níveis de cálcio e fósforo inorgânicos devem ser reduzidos proporcionalmente, pois elevados níveis de cálcio podem reduzir a atividade da fitase, diminuindo a absorção de minerais, como cálcio, fósforo, zinco e manganês.

3. METODOLOGIA

Para a realização desta revisão bibliográfica, foram consultados 15 artigos relacionados ao tema (níveis de enzima fitase em rações para frangos de corte) utilizando a plataforma Periódicos CAPES, priorizando os mais atuais, colocando como margem máxima os últimos dez anos.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O USO DA ENZIMA FITASE EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS CONSULTADOS

A presente revisão trouxe diversos resultados, de diferentes autores, com base nos possíveis usos da enzima fitase em dietas para frangos e seus diversos efeitos no desempenho produtivo e digestibilidade em frangos de corte.

Segundo os autores Santos et al. (2011), Akter, Grahan e Iji, (2017) e Majeed et al. (2020), para a inclusão eficiente da enzima fitase, são necessários ajustes nos níveis de Ca e P para que seja benéfico o efeito produtivo sobre o desempenho produtivo, mineralização óssea e digestibilidade de nutrientes, reduzindo, conseqüentemente, a excreção de minerais no meio ambiente, sendo ainda mais eficaz em animais mais jovens. Corroborando esses autores, Naves et al. (2014) e Hamdi et al. (2018) indicam que, além desses ajustes, é necessária a inclusão de altos níveis da enzima fitase, concordando, também, com os autores Manobhavan et al. (2015), que indicam superdosagens para que se alcancem os melhores efeitos benéficos produzidos pela ação da enzima fitase.

No entanto, autores como Lalpanmawia et al. (2014) e Ajith et al. (2018) indicam que níveis baixos de enzima fitase (500 FTU) já podem apresentar efeitos significativos no desempenho produtivo de frangos de corte, bem como ser suficientes para proporcionar redução na excreção de minerais no meio ambiente.

Além dos diversos benefícios do uso da enzima fitase, alguns autores conduziram experimentos que a empregam em associação com outros tipos de ingredientes na dieta de frangos de corte. Murugesan, Romero e Persia (2014) utilizaram proteases em consórcio com a enzima fitase e, até mesmo, alimentação direta com microrganismos à base de *Bacillus*, resultando em aumento da digestibilidade ileal aparente para amido, proteína bruta e aminoácidos, bem como retenção total de N. A suplementação de alimentação direta com microrganismos aumentou a proporção de butirato cecal.

No mesmo sentido, os autores Pasquali et al. (2016) avaliaram os efeitos da associação de protease, xilanase e enzima fitase em dietas à base de milho ou sorgo, concluindo que a aplicação de uma mistura de enzimas compostas por protease exógena, xilanase e fitase melhora o desempenho, a retenção de nitrogênio e a energia metabolizável, independentemente do grão de cereal da dieta em frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Em contrapartida, os autores Dessimone et al. (2019) conduziram um experimento com suplementação de carboidrases (Xilanase e Betaglucanase - XB) e não corroboram os resultados apresentados

acima, concluindo que suplementação de carboidrases e sua associação com enzima fitase não foram capazes de melhorar o ganho de peso corporal e a taxa de conversão alimentar, mas aumentaram o consumo de ração. Além disso, a suplementação com carboidrases e sua associação com a enzima fitase não influenciaram os parâmetros de carcaça de frangos de corte aos 42 dias de idade.

Outros parâmetros foram avaliados no intuito de se buscar mais efeitos benéficos do uso da enzima fitase, e autores como Catalan et al. (2016) realizaram um experimento para avaliar a eficiência da enzima fitase sobre o peso relativo de órgãos, morfometria intestinal e desempenho de frangos de corte, concluindo que o conteúdo da enzima fitase não interagiu para as variáveis de desempenho, morfometria intestinal e peso relativo dos órgãos em frangos de corte até 32 dias de idade. Mohammadagheri, Najafi e Najafi (2016) conduziram um experimento associando ácidos orgânicos com enzima fitase no desempenho, indicando mais estudos para se ter mais dados sobre os efeitos do desenvolvimento desses ácidos orgânicos no desempenho e na histomorfologia intestinal de frangos de corte.

Gonzales-Uraquin et al. (2019) efetuaram um estudo com o objetivo de investigar os efeitos da enzima fitase e o mio-inositol no perfil metabólico do plasma sanguíneo de frangos de corte, concluindo que os suplementos dietéticos de mio-inositol e enzima fitase afetaram vários metabólitos plasmáticos com envolvimento potencial em várias vias fisiológicas. No entanto, o perfil metabólico plasmático foi alterado de forma diferente pela enzima fitase e pelo mio-inositol, indicando para novas hipóteses a serem testadas em experimentos futuros, por exemplo, no que diz respeito às relações entre suplementos de fitase ou mio-inositol e imunidade e comportamento das aves.

Por fim, autores como Abdel-Megeed e Tahir (2015) indicam que a enzima fitase deve ser um aditivo alimentar obrigatório, corroborando os diversos efeitos positivos dos diferentes usos da inclusão da enzima fitase nas dietas de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

ABDEL-MEGEED, A.; TAHIR, A.; Reduction of Phosphorus Pollution from Broilers Waste through Supplementation of Wheat Based Broilers Feed with Phytase. *Journal of Chemistry*. Alexandria, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/867014>. Acesso em: 11 abr. 2021.

AJITH, S. et al.; Effect of immobilized fungal phytase on growth performance and bone traits of broilers fed with low dietary calcium and phosphorus. *Veterinary World*. Havard, v. 11, n.

06, p. 758, 2018. Disponível em: <http://dx-doi.ez359.periodicos.capes.gov.br/10.14202/vetworld.2018.758-764>. Acesso em: 11 abr. 2021.

AKTER, GRAHAN E IJI; Influence of different levels of calcium, non-phytate phosphorus and phytase on apparent metabolizable energy, nutrient utilization, plasma mineral concentration and digestive enzyme activities of broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*. Armidale, v. 46, n. 01, p. 278-286, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1295972>. Acesso em: 02 abr. 2021.

BARBOSA, N.A.A., et al.; Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1497-1502, 2012. Disponível em: <https://go-gale.ez359.periodicos.capes.gov.br/ps/i.doid=GALE%7CA441769584&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w>. Acesso em: 11 mai. 2021.

BARRILLI, L. N.E.; Doses de fitase e níveis de fitato em dietas para frangos de corte. *Sistemas de Bibliotecas/UFPR*. Curitiba, 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/\[Lucas%20Newton%20ezaki%20Barrilli\]Tese.pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/[Lucas%20Newton%20ezaki%20Barrilli]Tese.pdf). Acesso em: 24 fev. 2021.

BELUSSO, D.; HESPANHOL, A.N.; A Evolução da Avicultura Industrial Brasileira e seus Efeitos Territoriais. *Revista Percursos – NEMO*. Maringá, v. 2, n. 1, p. 25-51, 2010. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/nivaldo/Publica%E7%F5esnivaldo/2010/AVICULTURA-2010.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

BROCH, J. et al.; Fitase e seus efeitos extrafosfóricos em dietas para frangos de corte: revisão. *Agropecuária Catarinense*. Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 68-72, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/491/708>. Acesso em: 15 fev. 2021.

CAO, L. et al.; Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme and Microbial Technology*. Wuhan, v. 40, n. 4, p. 497-507, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2007.01.007>. Acesso em: 22 fev. 2021.

CATALAN, A.A.S. et al.; Phytate-phosphorus and phytase contents on the relative weight of organs, intestinal morphometry and performance of broilers. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 46, n. 10, 2016. Disponível em: <http://dx-doi.ez359.periodicos.capes.gov.br/10.1590/0103-8478cr20150892>. Acesso em: 11 abr. 2021.

- COSTA, F.G.P. et al.; Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. *Ciência Animal Brasileira*. Areia-PB, v. 5, n. 2, p. 73-81, 2004. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/26820/15352>. Acesso em: 18 dez. 2020.
- DERSJANT-LI, Y.; AWANTI, A.; SCHULZE, H.; PARTRIDGE, G.; Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. *Science of Food and Agriculture*, v. 95, p. 878-896, 2015. <https://doi.org.ez359.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.6998>. Acesso em: 07 mar. 2021.
- DESSIMONI, G.B. et al.; Growth performance and carcass yield of broiler chickens in response to carbohydrases and its association with phytase. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. Belo Horizonte, v. 71, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10345>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- ENGELN, A.J. et al.; Simple and Rapid Determination of Phytase Activity. *AOAC INTERNATIONAL*. Oxford, v. 77, n. 3, p. 760–764, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jaoac/77.3.760>. Acesso em 18 fev. 2021.
- FIREMAN A.K.B.A.T.; FIREMAN F.A.T.; Fitase na alimentação de poedeiras. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 28, n. 3, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781998000300029>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- FUKAYAMA, E.H. et al.; Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, v. 37, n. 4, p. 629-635, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000400007>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- GONZALES-URAQUIN F. et al.; Dietary phytase and mio-inositol supplementation are associated with distinct plasma metabolome profile in broiler chickens. *Animal – The International Journal of Animal Biosciences*. Hohenheim, v. 14, n. 3, p. 549-559, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002337>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- HAMDI, M. et al.; The effects of microbial phytases and dietary calcium and phosphorus levels on the productive performance and bone mineralization of broilers. *Animal Feed Science and Technology*. Québec, v. 243, p. 41-51, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.005>. Acesso em: 16 mar. 2021.

LALPANMAWIA H. et al.; Efficacy of phytase on growth performance, nutrient utilization and bone mineralization in broiler chicken. *Animal Feed Science and Technology*. Bangalore, v. 192, p. 81-89, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.004>.

Acesso em 03 mar. 2021.

LEI, X.G. et al.; Phytase, a New Life for an “Old” Enzyme. *Annual Review of Animal Biosciences*. Nova Iorque, v. 1, p. 283-309, 2013. Disponível em: <https://doi-org.ez359.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-animal-031412-103717>. Acesso em: 25 mar. 2021.

LELIS, G.R. et al.; Suplementação dietética de fitase em dietas para frangos de corte. *Revista Eletrônica Nutritime*. Viçosa, v. 6, n. 2. p. 875-889, 2009. Disponível em:

https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/083V6N2P876_889_MAR2009_.pdf.

Acesso em: 07 mai. 2021.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frango de Corte*. Embrapa Suínos e Aves. Jaboticabal: Funep, 2002. Acesso em: 29 mar. 2021.

MAJEED, S. et al.; Limestone particle size, calcium and phosphorus levels, and phytase effects on live performance and nutrients digestibility of broilers. *Poltry Science*. Carolina do Norte, v. 99, n. 3, p. 1512-1514, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.009>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MANOBHAVAN, M. et al.; Effect of super dosing of phytase on growth performance, ileal digestibility and bone characteristics in broilers fed corn-soya-based diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Bangalore, v. 100, p. 93-100, 2015. Disponível em:

<https://doi-org.ez359.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jpn.12341>. Acesso em: 11 abr. 2021.

MENEGHETTI, C. et al.; Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*. Belo Horizonte, v. 63, n. 3, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000300014>. Acesso em: 24 fev. 2021.

MOHAMMADAGHERI, N.; NAJAFI, R.; NAJAFI, G.; Effects of dietary supplementation of organic acids and phytase on performance and intestinal histomorphology of broilers.

Veterinary Research Forum. Urmia, v. 7, n. 3, p. 189-195, 2016. Disponível em: <https://www-ncbi-nlm-nih.ez359.periodicos.capes.gov.br/pmc/articles/PMC5094164/pdf/vrf-7-189.pdf>.

Acesso em: 11 abr. 2021

MURUGESAN, G.R.; ROMERO, L.F.; PERSIA, M.E.; Effects of protease, phytase and bacillus sp. Direct-Fed Microbial on Nutrient and Energy Digestibility, Ileal Brush Border Digestive Enzyme Activity and Cecal Short-Chain Fatty Acid Concentration in Broiler Chickens. Plos One. Virginia, v. 9, n. 7, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101888>. Acesso em: 11 abr. 2021.

NAVES, L.P.; Efeito antinutricional do ácido fítico sobre o cálcio e uso de fitase em dietas de frangos de corte. Revista Eletrônica Nutritime. Lavras, v. 11, n. 3, p. 3399-3409, 2014. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/site/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-246.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2021.

NAVES L.P. et al.; Increasing levels of phytase in diets formulated with reduced available phosphorus content supplied to male and female broilers. Ciência Rural. Santa Maria, v. 44, n. 8, 2014. Disponível em: <http://dx-doi.ez359.periodicos.capes.gov.br/10.1590/0103-8478cr20130493>. Acesso em: 11 abr. 2021.

PASQUALI, G.A.M. et al.; Maize replacement with sorghum and a combination of protease, xylanase, and phytase on performance, nutrient utilization, litter moisture, and digestive organ size in broiler chicken. Canadian Journal of Animal Science. Botucatu, v. 97, n. 2, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0133>. Acesso em 11 abr. 2021.

PEREIRA R. et al.; Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia. Belo Horizonte, v. 64, n. 1, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000100020>. Acesso em: 24 fev. 2021.

ROSTAGNO, H.S. et al.; Dietas vegetais para frangos de corte. Departamento de Zootecnia – UFV. Viçosa, 2006. Disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0204_bsa_rostagno.pdf. Acesso em: 06 jan. 2021.

RUNHO, R.C. et al.; Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 1 a 21 Dias de Idade. Revista Brasileira de Zootecnia. Viçosa, v. 30, n. 1, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000100027>. Acesso em: 23 jan. 2021.

SANTOS, L.M., et al.; Níveis de cálcio e fósforo disponível em rações com fitase para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial. Revista Brasileira de Zootecnia. Lavras, v. 40,

n. 11, p. 2476-2485, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n11/28.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SELLE P.H. e RAVINDRAN V.; Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*. Camden, v. 135, p. 1-41, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.010>. Acesso em: 15 fev. 2021.

TREVIZAN, L.; O fósforo no organismo animal: importância e deficiência. *Ciências Veterinárias - UFRGS*. 2003. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2020/11/fosforoimportancia.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2021

ZANI, A.; Boletim informativo do setor. *SindiRações*. 2021. Disponível em: https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2021/03/boletim_informativo_do_setor_marco_2021_vs_final_port_sindiracoes.pdf. Acesso em: 12 fev. 2021.