

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE INTERESSE
ZOTÉCNICO
VALÉRIA BONIFÁCIA MARRA DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS

CERES – GO

2021

VALÉRIA BONIFÁCIA MARRA DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS

Trabalho de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Produção e Utilização de Alimentos para Animais de Interesse Zootécnico do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite.

CERES – GO

2021

**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 checked="" type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |
-

Nome Completo do Autor: Valéria Bonifácia Marra da Silva

Matrícula: 2019103PAA30I0070

Título do Trabalho: Utilização de Enzimas em Rações para 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:

1. 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;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos 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;
3. 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, 26/03/2021.

Local

Data

Valéria Bonifácia Manna da Silva

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite
Prof. IF Goiano Ceres

Assinatura do(a) orientador(a)

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

SB715u Silva, Valéria Bonifácia Marra da
UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS /
Valéria Bonifácia Marra da Silva; orientador Paulo
Ricardo de Sá da Costa Leite. -- Ceres, 2021.
39 p.

Monografia (Graduação em Especialização em Produção
e Utilização de Alimentos para Animais de Interesse
Zootécnico) -- Instituto Federal Goiano, Campus
Ceres, 2021.

1. Aditivo zootécnico. 2. Avicultura. 3. Complexo
enzimático. 4. Fitase. I. Leite, Paulo Ricardo de Sá
da Costa , orient. II. Título.



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

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às vinte horas do dia onze do mês de março do ano de dois mil e vinte e um, realizou-se a defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a) estudante VALÉRIA BONIFÁCIA MARRA DA SILVA, cujo título é "UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 7,3, estando a estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário do Programa de Pós-graduação em Produção e Utilização de Alimentos para Animais de Interesse Zootécnico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

PAULO RICARDO DE SÁ DA COSTA LEITE
Presidente da Banca

THONY ASSIS CARVALHO
Membro 1 Banca Examinadora

PAULO VITOR DIVINO XAVIER DE FREITAS
Membro 2 Banca Examinadora

Documento assinado eletronicamente por:

- Paulo Vitor Divino Xavier de Freitas, Paulo Vitor Divino Xavier de Freitas - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Ceres (10651417000410), em 11/03/2021 22:31:51.
- Thony Assis Carvalho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/03/2021 22:31:19.
- Paulo Ricardo de Sa da Costa Leite, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/03/2021 22:29:39.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/03/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 248359

Código de Autenticação: 3860158710



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Ceres
Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, CERES / GO, CEP 76300-000
(62) 3307-7100

VALÉRIA BONIFÁCIA MARRA DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS

Banca Examinadora

Prof. Dr. Orientador Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite
Instituto Federal Goiano -Campus Ceres

Prof. Dr. Thony Assis Carvalho
Instituto Federal Goiano -Campus Ceres

M.e Paulo Vitor Divino Xavier de Freitas
Doutorando Universidade Federal de Goiás

Aprovada em 11/03/2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial ao meu marido que sempre me incentivou a continuar quando quis desistir.

Agradeço ao meu orientador pela paciência e os ensinamentos, aos amigos, em especial a Jéssica que sempre me apoiou.

RESUMO

O Brasil tem grande destaque mundialmente como produtor de carne de frango, e consecutivamente ocorre grande demanda por ração, e uso de aditivos zootécnicos que possam auxiliar na redução de custos e melhora na digestão de nutrientes. Nas dietas de frangos é recomendado o uso de enzimas exógenas, pois seu sistema gastrointestinal pode não conseguir produzir enzimas endógenas necessárias para atender a demanda na degradação de nutrientes. O uso de aditivos zootécnicos aumenta a cada ano no Brasil e no mundo. Os aditivos são derivados na sua grande maioria por microrganismos, e os mais utilizados são as enzimas, que são proteínas complexas e quem podem ligar-se a substratos específicos, realizando a quebra dos compostos, de modo geral, podem melhorar a digestibilidade de nutrientes da ração e a eficiência no desempenho e reduzir efeitos antinutricionais de certos ingredientes. Existem diferentes formas de aplicação das enzimas nas rações, além de poder ser de forma isolada ou por complexos enzimáticos, que são a junção de duas ou mais enzimas comerciais, dependendo do ingrediente adicionado na dieta. As dietas podem apresentar alguns fatores antinutricionais, como os polissacarídeos não amiláceos e fitato, que desempenham papel negativo no metabolismo das aves, sendo encontrados em ingredientes por exemplo como milho e farelo de soja. As enzimas mais utilizadas são fitase, carboidrases, proteases e complexos enzimáticos. De modo geral as carboidrase quebram o carboidrato em açúcar simples, degradando amido ou polissacarídeos não amiláceos (PNA's), as fitases hidrolisam o fitato e as proteases catalisam as ligações peptídicas. A enzima com mais destaque é a fitase, sendo utilizada em grande parte das pesquisas mundiais e recomendada o uso acima de 1.000 FTU/kg. Objetiva-se realizar a revisão bibliográfica sobre a utilização de enzimas em rações para frangos.

Palavras-chave: Aditivo zootécnico. Avicultura. Complexo enzimático. Fitase.

ABSTRACT

Brazil has great prominence worldwide as a producer of chicken meat, and consecutively there is a great demand for feed, and the use of zootechnical additives that can help to reduce costs and improve the digestion of nutrients. In chicken diets, the use of exogenous enzymes is recommended, as their gastrointestinal system may not be able to produce endogenous enzymes necessary to meet the demand for nutrient degradation. The use of zootechnical additives increases every year in Brazil and worldwide. The additives are mostly derived from microorganisms, and the most used are enzymes, which are complex proteins and who can bind to specific substrates, breaking down the compounds, in general, can improve the digestibility of nutrients in the performance and efficiency and to reduce anti-nutritional effects of certain ingredients. There are different ways of applying the enzymes in the diets, in addition to being able to be isolated or by enzymatic complexes, which are the combination of two or more commercial enzymes, depending on the ingredient added in the diet. Diets may have some anti-nutritional factors, such as non-starch polysaccharides and phytate, which play a negative role in the metabolism of birds, being found in ingredients such as corn and soybean meal. The most used enzymes are phytase, carbohydrases, proteases and enzyme complexes. In general, carbohydrase breaks carbohydrate into simple sugar, degrading starch or non-starch polysaccharides (PNA's), phytases hydrolyze phytate and proteases catalyze peptide bonds. The most prominent enzyme is phytase, which is used in most of the world's research and recommended to use above 1,000 FTU/kg. The objective is to carry out a bibliographic review on the use of enzymes in feed for chickens.

Keywords: Zootechnical additive. Poultry. Enzyme complex. Phytase.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de fermentação para obtenção de enzimas comerciais.	20
Figura 2- Estrutura molecular do ácido fítico	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção e consumo de carne de frango em milhões de toneladas no Brasil durante o período de 2010 a 2019	16
Tabela 2 – Uso de aditivos zootécnicos em toneladas para frangos de corte no período de 2019 e 2020	17
Tabela 3 – Aditivos Zootécnicos.....	17
Tabela 4 – Algumas das espécies de microrganismos para produção de aditivos zootécnicos	19
Tabela 5 – Composição em PNAs de Milho e Farelo de Soja utilizados em dietas de frangos de corte.	21
Tabela 6 – Efeito da inclusão das enzimas carboidrases em diferentes ingredientes da ração	23
Tabela 7 – Conteúdo de ingredientes de ração usados nas dietas de aves.	25
Tabela 8 – Fitases comerciais.....	26
Tabela 9 – Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para o nitrogênio (EMAn), coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e da energia bruta (CDEB) na matéria natural do milho para frangos de corte.....	30

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	AVICULTURA BRASILEIRA	16
2.2	ADITIVOS.....	17
2.3	ENZIMAS.....	18
2.3.1	UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS NA AVICULTURA	20
2.3.2	FONTES DE ENZIMAS.....	21
2.4	TIPOS DE ENZIMAS MAIS UTILIZADAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS	22
2.4.1	CARBOIDRASES	22
2.4.2	FITASES.....	24
2.4.3	PROTEASES.....	28
3.	COMPLEXOS ENZIMÁTICOS	30
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
5.	REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne de frango aumenta a cada ano, e o Brasil continua entre os maiores produtores. Para atender a esta demanda torna-se necessário grande volume de ração. Assim, no ano de 2020, foram produzidas cerca de 34,1 milhões de toneladas de rações e cerca de 14.354 toneladas de aditivos zootécnicos voltados para a produção de frangos, sendo que 8.471 toneladas foram de enzimas (SINDIRAÇÕES, 2020).

Os custos com ração na produção animal são altos, desta forma é essencial o uso de compostos, como aditivos, que possam reduzir tal situação. Os aditivos alimentares são compostos que podem melhorar o desempenho animal (DALÓLIO et al, 2016), destacando-se as enzimas que melhoram a digestão de nutrientes.

As enzimas comerciais podem ser utilizadas nas dietas de aves, auxiliando a melhorar a digestão dos nutrientes, pois seu sistema gastrointestinal não possui enzimas que possam, por exemplo, degradar fibras que provocam redução na absorção de alguns nutrientes (ALAGAWANY et al., 2018). Além disso, o uso de enzimas exógenas, como a fitase, reduz suplementação de fósforo inorgânico, (DELMACHIO, 2018).

Dentre as enzimas comerciais mais utilizadas, destaca-se a fitase, que foi descoberta em 1907, sendo indispensável em indústrias produtoras de rações para não ruminantes (RABELLO et al., 2017), pois essa enzima melhora a absorção de fósforo pelo organismo (PUPPALA et al., 2021) através da hidrólise de ácido fítico, visto que ocorre a liberação de fosfato inorgânico (SANDHAYA et al., 2019).

Pesquisas demonstram que o uso de enzimas melhora o desempenho de frangos de corte, principalmente com a inclusão da enzima fitase. Walters et al. (2019) utilizaram níveis crescentes de fitase microbiana com 250, 500, 750, 1.000, 2.000 e 3.000/1.000 FTU/kg e observaram que a inclusão de altas doses de fitase (2.000 e 3.000/1.000 FTU/kg) produziu melhoria no desempenho dos frangos, na digestibilidade dos nutrientes e mineralização óssea até os 28 dias. Os autores recomendaram o uso de fitase na dose maior até a fase final, pois proporcionou melhor consumo de ração e peso corporal.

Além do uso de enzimas comerciais, como a fitase, o uso de uso de complexos enzimáticos comerciais também pode ser viável em dietas durante os períodos de criação. Em estudo de Fernandes et al. (2017) que utilizaram complexo

enzimático (amilase, protease e xilanase) na dosagem de 500g/t, em dietas com grãos de milho com diferentes qualidades. Foi observado que, até os 21 dias, ocorre maior ganho de peso, consumo de ração em todas as dietas. As enzimas exógenas podem ser empregadas como ferramenta para melhorar a digestibilidade de nutrientes e de energia dos grãos de milho com variação nutricional.

Diante do exposto, objetiva-se realizar revisão bibliográfica sobre a utilização de enzimas em rações para frangos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 AVICULTURA BRASILEIRA

A produção e o consumo de carne cresceram nas últimas décadas no Brasil, destacando-se na produção de não ruminantes, especialmente produção de frango de corte (Tabela 1). O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de carne de frango do mundo. Em comparação aos anos anteriores, a produção de carne no Brasil aumentou em 2019 (Procópio e Lima, 2020).

Tabela 1 - Produção e consumo de carne de frango em milhões de toneladas no Brasil durante o período de 2010 a 2019.

Informações sobre carne de frango no Brasil		
Ano	Produção em Milhões de Toneladas	Consumo <i>per capita</i> (kg/hab)
2010	12,230	44,09
2011	12,058	47,38
2012	12,645	45,00
2013	12,309	41,80
2014	12,691	42,78
2015	13,140	43,25
2016	12,900	41,10
2017	13,050	42,07
2018	12,855	41,99
2019	13,245	42,84

Fonte: Adaptado de APBA, 2020.

Em 2020 a maior parte das exportações brasileiras de carne de frango, foram destinadas para Ásia, sendo a China o maior importador. A Ásia importou 1,635 milhão de toneladas, a África 555,7 mil toneladas, a União Europeia 252,2 mil

toneladas, países Extra-EU 120,3 mil toneladas, Oriente Médio 1,335 milhão de toneladas, e América 225,1 mil toneladas (ABPA, 2021).

Com aumento da produção e exportações o uso de ingredientes, como os aditivos, para produção de ração continuou aumentando, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Uso de aditivos zootécnicos em toneladas para frangos de corte no período de 2019 e 2020.

Uso de Aditivos Zootécnicos				
Ano	Enzimas	Melhoradores de Desempenho	Pré e Probióticos	Total
2019	8.103	1.120	4.507	13.731
2020	8.471	1.171	4.712	14.354

Fonte: Adaptado de Sindirações, 2020.

O uso de aditivos zootécnicos na produção de frangos de corte no primeiro trimestre de 2020 superou as do 2019, sendo que o uso de enzimas tem se destacado em comparação aos demais aditivos.

2.2 ADITIVOS

Conforme a Instrução Normativa 13 de 30 de novembro de 2004 do MAPA, aditivos zootécnicos são toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais e estão divididos em grupos específicos (BRASIL, 2004).

Dessa forma, são produtos destinados à alimentação animal, sendo derivados de substâncias, microrganismos e/ou produto formulado cuja finalidade é melhorar as características da ração e/ou melhorar o desempenho dos animais (COELHO e TOLEDO, 2017; GARCIA e GOMES, 2019).

Os aditivos classificados como zootécnicos (Tabela 3) têm como objetivo aumentar as taxas de crescimento, sobrevivência, melhorar a saúde, eficiência alimentar e minimizar a excreção de dejetos no ambiente. Desta forma os aditivos aumentam a produtividade, melhorando o desempenho dos frangos, aliado às características dos alimentos (DELMASCHIO, 2018).

Tabela 3 - Aditivos Zootécnicos

Aditivo Zootécnico		
Aditivos	Função	Exemplos

Digestivos	Substância que facilita a digestão sobre determinada matéria-prima	Enzimas
Equilibradores de flora	Microrganismos formadores de colônias ou substâncias definidas quimicamente	Probióticos, Prebióticos e acidificantes
Melhoradores de desempenho	Substâncias definidas quimicamente que melhoram vários parâmetros zootécnicos	-

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2020.

Os aditivos zootécnicos mais usados são os melhoradores de crescimento, que são antibióticos, quimioterápicos, probióticos, prebióticos e os aditivos fitogênicos (VALENTIM et al., 2018). Entre os aditivos zootécnicos mais utilizados são as enzimas comerciais, utilizadas nas dietas, principalmente na avicultura de corte décadas, para melhorar os parâmetros nutricionais (BERTI et al., 2021).

2.3 ENZIMAS

As enzimas são proteínas muito complexas que precisam de umidade, temperatura e pH para atuar nos substratos específicos (SORIO, 2012). São proteínas globulares (MACIEL et al., 2020) encontradas em todos os seres vivos que catalisam substâncias químicas e convertem em energia e tecidos, ligando-se a substratos e que realizam a quebra em compostos menores, sendo o modo de ação específico, para cada substrato existe uma enzima específica (DAILIN et al., 2018).

As enzimas exógenas melhoram a digestibilidade dos nutrientes da ração, reduzindo os efeitos antinutricionais, pois aumentam a disponibilidade de nutrientes para absorção e otimização da atividade enzimática endógena (SCHIMIDT e SILVA, 2018; ORDONEZ et al., 2018), melhoram a eficiência de crescimento, produção de ovos, previnem doenças (PIRGOZLIEV et al., 2019) e reduz a excreção de fósforo nas excretas (ALAGAWANY et al., 2018).

As pesquisas com enzimas na alimentação animal são realizadas há décadas, relatadas a quase um século e comercialmente quase há 40 anos (BEDFORD, 2018). O uso foi se intensificando nos últimos anos, tornando o seu uso comum nas empresas (MIRELES-ARRIAGA et al, 2015).

As enzimas podem ser utilizadas nas rações sozinhas ou na forma de complexos enzimáticos. Enquanto a enzima só tem um substrato alvo, os complexos

podem agir em diversos substratos, dependendo das atividades enzimáticas presentes no complexo enzimático comerciais.

As enzimas são produzidas a partir de processos de isolamento de material de origem vegetal, animal e processos de fermentação por microrganismos. A produção por fermentação é a mais utilizada pois tem como recursos a padronização e custos mais baratos (SORIO, 2012).

Mais de 50% das enzimas são produzidas por fungos filamentosos e leveduras, 30% são produzidos por bactérias, 8% por animais e 4% por plantas (RIGO et al. 2021). Além disso as enzimas exógenas são classificadas como aditivos zootécnicos e estão no grupo de aditivos digestivos (BRASIL, 2004). A atividade da enzima é expressa em Unidade Internacional (U), sendo definida como a quantidade de enzima necessária para catalisar a conversão de 1 μmol de substrato (PERNA et al., 2018).

A forma de inclusão nas dietas pode ser pelos métodos over the top, on the top e por superestimação da dieta. A forma “over the top” (por cima), pode ocorrer aumento o custo de formulação. A forma “on the top” é utilizada com a quantidade de nutrientes reduzidos na dieta, assim, ajusta-se o valor nutricional. Outra forma é a adição por superestimação de um ou mais ingredientes da dieta. A forma de aplicação mais simples e prática é a on the top (SILVA et al., 2018; MOHITI-ASLI et al, 2020).

Foi emitido uma nota pelo MAPA de aditivos para uso na alimentação animal, em destaque pode-se citar os aditivos enzimáticos mais comuns, a amilase, fermentados de *Aspergillus spp*, fitase, glucanase, produtos de fermentação de *Aspergillus*, proteases, xilanase e entre outros (Tabela 4).

Tabela 4. Algumas das espécies de microrganismos para produção de aditivos zootécnicos.

Aditivos
<i>Aspergillus spp</i>
<i>Bacillus Amyloliquifaciens</i>
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>
<i>Penicillium Canescens</i>
<i>Phicia Pastoris</i>
<i>Streptomyces Fradiae</i>

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2020.

2.3.1 UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS NA AVICULTURA

O uso de enzimas na alimentação animal é mais antiga que se imagina, sendo relatada em 1925 por Hervey, mostrando benefícios no peso corporal de galinhas da linhagem leghorns (BEDFORD, 2018), e em 1925 por Clickner e Follwell, melhorando o desempenho de galinhas poedeiras (ELWINGER et al., 2016). Nas últimas décadas, seu uso se tornou comum, sendo comercializada em grande escala.

O uso comercial ocorreu devido ao aumento dos preços dos ingredientes base da ração, desta forma, foi inserindo o uso de ingredientes substitutos. O ponto negativo de seu uso é que na maioria das vezes esses ingredientes não podem ser aproveitados de forma significativa pelo organismo da ave, devido aos polissacarídeos não amiláceos ou PNA's. As enzimas exógenas quebram os PNA's, reduzindo a viscosidade intestinal, e, portanto, aumentando a digestibilidade dos nutrientes, e também diminuem a excreção de nutrientes e excesso de nitrogênio, zinco e cobre no ambiente (ALAGAWANY et al., 2018).

As enzimas comerciais são utilizadas na avicultura para melhorar o desempenho metabólico e são classificadas em três grupos: enzimas para alimentos com baixa viscosidade, alta viscosidade e enzimas para degradar ácido fítico dos grãos (DELMASCHIO, 2018).

As enzimas mais comuns usadas em dietas na avicultura são enzimas que atuam sobre polissacarídeos não amiláceos, fitases e proteases, que melhoram a digestibilidade dos nutrientes (ORDONEZ et al., 2018; BEDFORD e COWIESON, 2020; WALK e BEDFORD, 2020) e de bônus o nutricionista ainda consegue diminuir a densidade energética das formulações. As enzimas mais utilizadas são celulase (β -glucanases), xilanases, fitases, proteases, lipases e galactosidases. Vale ressaltar que a maioria das enzimas comerciais são fabricadas a partir de *Aspergillus* (CAMPOS et al., 2017; ORDONEZ et al., 2018; KUMAR et al., 2019; PIRGOZLIEV et al., 2019).

Para um uso estratégico das enzimas é importante atentar para a disponibilidade de substrato, capacidade de aproveitamento dos resíduos da hidrólise enzimática, resíduos da hidrólise enzimática e custo-benefício (ORDONEZ et al., 2018).

Por isso, o uso de enzimas é interessante, pois os ingredientes das rações podem conter fatores antinutricionais que diminuem a eficiência alimentar, destacando-se os PNAs (Tabela 5).

Tabela 5. Composição em PNAs de Milho e Farelo de Soja utilizados em dietas de frangos de corte.

Composição em PNAs	
Ingredientes	Total de %
Milho	8,00
Farelo de Soja	27,00

Fonte: Adaptado de Silva et al., 2016.

2.3.2 FONTES DE ENZIMAS

Alguns requisitos para produção de enzimas é não gerar resíduos incompatíveis, ter a melhor conversão do substrato do produto, ter baixo custo e ter grande disponibilidade (CAMPOS et al., 2017).

As enzimas industriais são produzidas a partir de fungos filamentosos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Rhizopus* (CAMPOS et al., 2017). Os fungos filamentosos produzem enzimas capazes de degradar resíduos orgânicos, colonizam substratos, facilitam a absorção de nutrientes (WOSTEN, 2019) e são microrganismos eucarióticos, encontrados com facilidade em todos os locais, e por isso estão presentes nas fabricações de enzimas e outros produtos (ZHANG et al., 2020).

As enzimas são produzidas a partir de fermentação microbiana (figura 1) por substratos de resíduos agroindustriais, ocorrendo a fermentação em estado sólido e fermentação submersa.

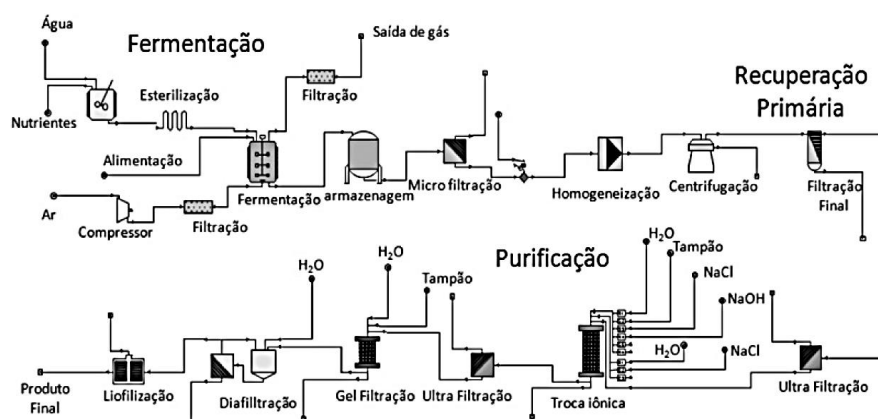


Figura 1 - Processo de fermentação para obtenção de enzimas comerciais.

FONTE: Monteiro e Silva, 2009.

A fermentação em estado sólido ocorre quando o processo de crescimento de um substrato sólido em água livre aparente, que pode ser: bagaço de cana-de-açúcar, farelo de arroz, farelo de trigo, farelo de soja dentre outros, como fonte de carbono e energia ao crescimento microbiano. Posteriormente, o substrato é esterilizado e o microrganismo é inserido, misturado e acondicionado em reator, ocorrendo fermentação, secagem do material obtido que será moído, padronizado e embalado. A fermentação submersa ocorre maior rendimento, sendo realizada a partir de microrganismos em meio líquido rico em nutrientes, acondicionados em fermentador que controla temperatura, pH e oxigênio. Após esse processo, é feita a secagem, processamento e padronização (GOMES et al, 2019; RIGO et al., 2021).

As fitases bacterianas têm pH alcalino, têm resistência a proteases no sistema digestório, alta especificidade de substrato e dependem de cálcio. As fitases fúngicas têm pH ácido (2,5 a 6,0), baixa especificidade de substrato e não dependem de cálcio sendo derivadas de *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficum* (RABELLO et al., 2017).

2.4 TIPOS DE ENZIMAS MAIS UTILIZADAS EM RAÇÕES PARA FRANGOS

2.4.1 CARBOIDRASES

As carboidrases catalisam a quebra do carboidrato em açúcares simples, sendo enzimas que degradam o amido ou enzimas que degradam os polissacarídeos não amiláceos (CAMPOS et al., 2017).

Os polissacarídeos não amiláceos ou PNA's estão presentes na forma solúvel e insolúvel, são conhecidos como fatores antinutricionais dos grãos de cereais que podem prejudicar a integridade intestinal, com maior incidência de doenças e maior custos (RAZA et al., 2019).

Os PNA's são carboidratos poliméricos que variam em estrutura e composição no amido, sendo uma parte solúvel em água que dificilmente forma gel com textura viscosa no trato gastrointestinal das aves. E, no entanto, as aves não produzem enzimas que hidrolisam os PNA's, causando redução da eficiência alimentar (ALAGAWANY et al., 2018), aumentando o tempo de passagem, devido à

retenção de água, o que dificulta a ação enzimática endógena (DELMASCHIO, 2018).

A classe das carboidrase é extensa, abrangendo por exemplo, amilases, β -glucanases, celulase, pectinases e xilanases. As amilases quebram o amido em açúcares simples; as β -glucanases degradam celulose e melhoram a absorção de nutrientes, pois diminuem a viscosidade e liberam açúcares disponíveis e atuam nos β -glucanos; as celulasas degradam celulose, e estão presentes em várias atividades enzimáticas como endo-glucanase, exo-glucanase, β -glucanase.

Por outro lado, as pectinases quebram as pectinas e melhoram a digestibilidade e diminuem a viscosidade do trato gastrointestinal, enquanto que as xilanases degradam xilanas e estão envolvidas nos processos de degradação das pentosanas nos cereais com disponibilização dos açúcares e melhor digestibilidade dos nutrientes contidos em alguns cereais. E também quebram o aleatoriamente a estrutura do arabinoxilano, resultando na produção de xilo-oligossacarídeos ramificados, sofrem hidrólise por bactérias benéficas, as aumentando e reduzindo as patogênicas (SORIO, 2012; GOMES et al, 2019; RAZA et al., 2019).

Na Tabela 6 é possível verificar o efeito da inclusão das enzimas carboidrases em diferentes ingredientes da ração bem como os efeitos positivos com a utilização de enzimas carboidrases.

Tabela 6 – Efeito da inclusão das enzimas carboidrases em diferentes ingredientes da ração

Enzima	Ingredientes	Inclusão	Resposta
Xilanase	Farelo de milho e soja	50–200 U/kg	A utilização de energia e a digestibilidade da proteína bruta e da matéria seca.
Xilanase, amilase, protease	Milho / soja / trigo	2.000 U/kg, 200 U/kg 4.000 U/kg	Melhoraram a eficiência calórica ao reduzir a quantidade de energia necessária para produzir um kg de ganho de peso corporal.
Glucanase, Amilase, Protease	Farelo de milho / soja	250 g/t	Melhora a digestibilidade dos nutrientes.
Multi-glicanase	Trigo e cevada	180 unidades/g	Melhora a taxa de crescimento e características de carcaça, parâmetros sanguíneos e propriedades físico-químicas intestinais de frangos de corte.

Xilanase, celulase e β -galactosidase	Farelo de arroz	de 4520U, 4060U e 2700 U	Aumentam a hidrólise da parede celular do farelo de arroz com maior digestibilidade dos nutrientes.
Xilanase, glucanase, mananase	Farinha de trigo e soja	de 500 mg/kg de dieta	Aumentaram o peso corporal, diminui a viscosidade da digesta, diminui a colonização ileal de <i>C. perfringens</i> e <i>Lactobacillus</i> .
Xilanase, glucanase, celulase	Trigo	0,5 g/kg	Melhoram o desempenho de crescimento, histomorfologia e microbiota intestinal.
Glucanase	Cevada	1500 U/kg	Melhora o valor nutritivo das dietas à base de cevada.

Fonte: Adaptado de Raza et al., 2019.

As enzimas carboidrase podem reduzir a viscosidade da digesta, melhorar a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte (BROOMHEAD et al., 2019). Um exemplo de carboidrase, a amilase exógena, que é produzida principalmente por *Aspergillus*, e em menor quantidade por *Rhizopus*, melhora a ação da amilase endógena no organismo (CAMPOS et al., 2017).

De acordo com SILVA et al. (2019) o uso de suplementação enzimática (carboidrase comercial a base de combinações de xilanase, α -amilase e β -glucanase) na dosagem de 200 g/t em dietas com resíduos secos de mandioca (10%) foi recomendado para frangos no período de 22 a 42 dias.

Da mesma forma, no estudo de WICKRAMASURIYA et al. (2019) a suplementação de multi-carboidrases (xilanase, glucanase, invertase, celulase, amilase e manase) na proporção de 500g/t juntamente com dietas contendo farelo de milho, soja, trigo e subprodutos do trigo para frangos. A suplementação demonstra uma variedade de atividades fibrolíticas, que degradam polissacarídeos indigestíveis da parede celular. Foi observado melhor desempenho no crescimento, eficiência alimentar e digestibilidade dos nutrientes, sendo indicado o uso desde o nascimento até os 35 dias.

2.4.2 FITASES

O fósforo é um dos ingredientes mais caros na formulação da dieta para aves, e também é um fator limitante, pois devido às suas propriedades é essencial para manutenção do organismo (ORDONEZ et al., 2018). No entanto, o fósforo pode ser indisponível para o aproveitamento, pois o fitato (Figura 2) está presente na maioria

dos grãos de cereais, sendo considerado fator antinutricional, pois está ligado ao fósforo, a outros minerais, proteínas e amidos. Assim, para melhor aproveitamento do fósforo, torna-se importante incluir a enzima fitase que faz a quebra do substrato fitato (EL-HACK et al., 2018).

As fitases pertencem à classe das fosfo-hidrolases que iniciam a hidrólise gradual dos fosfatos sendo que os fitatos são derivados do mio-inositol (SING et al, 2017). As fitases são enzimas que hidrolisam ligações fosfomonoéster dos fitatos (JATUWONG et al., 2020), ou seja, hidrolisa o fitato no sistema digestório das aves. Os principais benefícios são a absorção de minerais, melhora no ganho de peso de frangos (EL-HACK et al., 2018), sistema imunológico, qualidade dos ovos (DAILIM et al., 2018) e reduz o uso de fósforo inorgânico na dieta (ORDONEZ et al., 2018) com redução de custos da dieta.

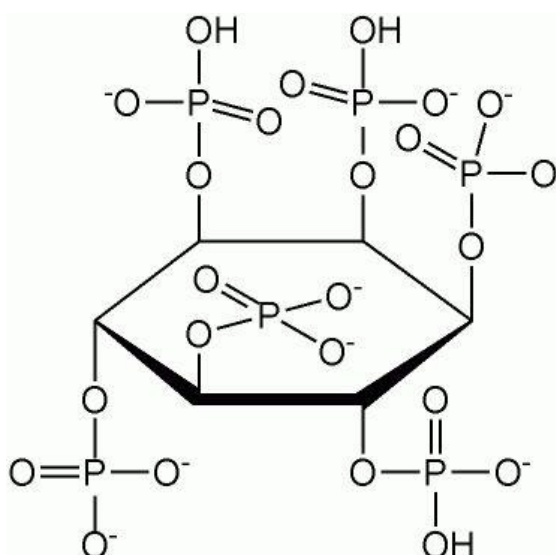


Figura 2 - Estrutura molecular do ácido fitico.

Fonte: <http://www.food-info.net/uk/qa/qa-fp162.htm>

A composição da dieta de frangos de corte é baseada na utilização de vários ingredientes, principalmente milho e farelo de soja. A maioria destes ingredientes apresenta variação no conteúdo das atividades de fósforo total, fitato e tipos de fitase (Tabela 7).

Tabela 7 - Conteúdo de ingredientes de ração usados nas dietas de aves.

Ingredientes	P Total (%)	P-Fitase (%)	Atividade de Fitase (U/kg)
Farinha ou Farelo de			

oleaginosas			
Soja	0,64	0,38	62,2
Cereais			
Milho	0,33	0,21	24,1
Sorgo	0,30	0,21	112,1
Resíduo de Milho	0,26	0,18	-
Trigo	0,30	0,21	1565,0
Subprodutos de Cereais			
Farelo de arroz	1,78	1,41	122,3
Farelo de trigo	1,09	0,83	2957,0
Sementes de Leguminosas			
Soja	0,73	0,33	-

Fonte: Adaptada de Abassi et al. (2019)

A unidade de fitase é definida como a quantidade de enzima necessária para liberar 1 μmol de fósforo inorgânico do fitato de sódio a 37 ° C e pH 5,5, e se utiliza a unidade FTU (WALK & OLUKOSI, 2019).

A superdosagem de fitase é um conceito recente em nutrição baseado no uso de doses de enzima com efeito promotor de crescimento, onde se melhora a digestibilidade de aminoácidos, minerais, cálcio e energia. A utilização da fitase em dietas é recomendada em doses elevadas, acima de 1.000 FTU/kg de ração, nas fases inicial e crescimento para melhor desempenho, mineralização óssea, além de poder substituir a suplementação de fósforo inorgânico na dieta (HAMDI et al., 2018; SCHOLEY et al., 2018). Desta forma, as empresas adotam o uso da enzima fitase que são disponíveis em diferentes marcas comerciais (Tabela 8).

Tabela 8 - Fitases comerciais.

Nome comercial	Fonte
Natuphos TM da BASF	<i>Aspergillus niger</i> NRRL 3135 phyA com gene clonado em sistema PluGBug [®]
Ronozyme TM da Novo Nordisk	<i>Peniophora lycii</i> produzida em sistema com <i>A. niger</i>
Phyzyme XP (Danisco, Brabrand, Denmark)	<i>Escherichia coli</i> expressa em <i>Saccharomyces pombe</i>
Optiphos (JBS, USA)	Enzima Fitase a base de <i>E. coli</i>
VEMOZYME F NTP	Produto natural
Allzyme da Alltech	<i>A. niger</i>
Finase [®] EC da AB Vista	6-Fitase derivada <i>E. coli</i>

As fitases podem ser divididas em 3-fitases, 6-fitases ou 5-fitases, vai depender no carbono no anel de mio-inositol de fitato em que a desfosforilação é iniciada (BROCH et al.,2020).

Conforme Broch et al. (2018) em dietas para frangos a adição de 1000, 2000 e 3000 FTU de fitase comercial melhorou o desempenho, sendo recomendado doses altas aos 21 dias, acima de 2000 FTU, com maior ganho de peso, e ao final dos 42 dias ocorreu maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, deixando claro que nenhum parâmetro avaliado foi afetado negativamente.

No estudo de Attia et al. (2020) que avaliaram a inclusão de suplementação de 500 FTU/kg fitase bacteriana (*Escherichia coli*) e fitase fúngica (*Aspergillus niger*) na dieta de frangos. Foi observado a redução dos níveis de fósforo não fítico na ração afeta negativamente o desempenho, por isso é indicado a suplementação com fitase. Em observações o uso de fitase fúngica apresentou uma eficiência superior em comparação à fitase bacteriana.

Na pesquisa de Hamdi et al. (2018) foram usados diferentes tipos de fitases comerciais em dietas para frangos de 1 a 35 dias com níveis de fitase de 0, 250, 500 e 1000 FTU/kg e foi observado que o nível mais adequado é de 1000 FTU/kg de fitase comercial na fase de crescimento, pois melhora o ganho de peso, eficiência alimentar e mineralização óssea das aves.

Conforme Ekine e Onunkwo (2020) o uso da enzima comercial fitase Smartchoice®, com inclusão de 0g, 10g, 15g, 20g e 25g a cada 100 kg na dieta de frangos na fase inicial. O uso é indicado até 20g/100kg, porém não ocorreram diferenças no desempenho zootécnico avaliado, considerando a oportunidade de futuros estudos com a inclusão de níveis mais altos de fitase.

Conforme Walk e Olukosi (2019) o uso de fitase (*Escherichia coli* 6-fitase expressa em *Trichoderma reesei*) em concentrações de 2.000 ou 4.000 FTU/kg em dieta para frangos. A suplementação de doses crescentes de fitase em dietas com alto teor de fitato e baixo teor de nutrientes melhorou o ganho de peso da eclosão aos 18 dias. A suplementação com 4.000 FTU/kg melhorou a hidrólise de fitato e

éster de fitato na moela, ocorrendo na maior absorção de nutrientes digestíveis, minerais e aminoácidos.

Babatunde et al. (2020) com frangos de corte usando a inclusão na dieta de fitase em níveis crescentes. Os frangos alimentados aos 42 dias com dosagem de 500 e 750 FTU/kg de fitase tiveram maior eficiência alimentar. A inclusão de 750 FTU/kg de fitase melhorou a eficiência alimentar aos 42 dias de idade. A inclusão de fitase melhora o ganho de peso, consumo de ração, digestibilidade de nutrientes e minerais e a mineralização óssea são remendados a dietas baixas em fósforo.

Fernandes et al. (2019) avaliaram superdosagem de fitase em dietas contendo 0, 500, 1000 e 2000 FTU/kg, na fase de 1 a 21 de idade a dosagem com 2000 FTU/kg melhorou o desenvolvimento ósseo, pois a maior disponibilidade de fósforo e o efeito extra fosfórico, permitem melhorar a integridade óssea do fêmur e tibiotársico. Também melhorou a digestibilidade de proteína, estando relacionado com a degradação do fitato e aumento da disponibilidade de mio-inositol.

Também Scholey et al. (2018) avaliaram o efeito da suplementação de fitase em dietas com baixo teor de fósforo inorgânico, com níveis crescentes de fitase com 415, 727, 821, 718, 912 e 1.529 FTU/kg e concluíram que o uso de fitase é indicado para disponibilizar o fósforo presente nos alimentos, principalmente na fase final de criação, com dose acima de 1.000 FTU/kg de ração, podendo diminuir os custos com a utilização de outras fontes de fósforo inorgânico nas dietas.

Em estudos de Kriseldi et al. (2021) foi utilizado 0, 400 e 1200 FTU/kg de fitase sendo observado que a adição de fitase 1.200 FTU/kg aumentou a degradação do fitato e a liberação de inositol na moela e no intestino delgado aos 28 dias de criação. Seria necessário a adição de fitase maior que a dose máxima no estudo, para melhorar a degradação do fitato. Os autores enfatizaram que, após a sua degradação, ocorre aumento de inositol no plasma sanguíneo, sendo usado como biomarcador para eficiência na produção da fitase, podendo identificar a destruição de fitase durante a fabricação da ração e consecutivamente aumentar. e melhorar os índices de absorção pelo organismo.

2.4.3 PROTEASES

uso de proteases exógenas reduz o teor de proteínas das dietas, melhora o desempenho zootécnico, além de aumentar a resistência às doenças, pois

indiretamente melhora a saúde intestinal, reduzindo alguns hormônios (HASSAN et al., 2018), melhora a digestibilidade de proteínas e aminoácidos (PIRGOZLIEV et al., 2019), juntamente com as enzimas endógenas que o organismo das aves produz.

As proteases exógenas são responsáveis pela catálise das ligações peptídicas, juntamente com aminoácidos de proteínas e fatores antinutricionais, melhorando a quantidade de aminoácidos e consecutivamente a energia metabolizável, e também por aumento da produção endógena de peptidase (CAMPOS et al., 2017).

Conforme Moreira et al. (2020) na pesquisa utilizaram dietas para frangos de corte sem ou com enzima proteases comerciais com 200g/tonelada e níveis de levedura de cana-de-açúcar (0, 6 e 12 %). Mostraram que tratamentos isolados com ou sem inclusão de protease não influenciou o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar das aves. O uso de protease poderia ser maior, pois em quantidades suficientemente é capaz de acessar a proteína contida na levedura da cana.

Na pesquisa de Carvalho et al. (2020), que utilizaram dietas para frangos com rações contendo farinhas animais, vegetais e a sua associação, sem ou com enzima protease em 500g/t da dieta foi verificado que a inclusão de protease em dietas a base de vegetais é indicada no período inicial de criação, com melhor conversão alimentar. Os autores afirmaram que esperavam resultados melhores de desempenho com uso de proteases, pois ocorre o aumento da digestibilidade de proteínas e aminoácidos, e resultados mais satisfatórias na biometria do pâncreas, pois afetaria o aumento de enzimas endógenas.

Em estudos de Walk et al. (2019) foram usadas três enzimas proteases (duas proteases serinas neutras e 1 protease aspártica ácida) na alimentação de frangos de corte no período de 1 a 42 dias. Os níveis de inclusão de cada protease foram selecionados para atingir uma quantidade de proteína enzimática menor e maior que 225g/tonelada na dieta final. Não se verificou benefício dessa prática sobre o desempenho e digestibilidade de nitrogênio em comparação ao uso da enzima fitase.

3. COMPLEXOS ENZIMÁTICOS

Os complexos enzimáticos são a associação de enzimas comerciais com intuito de melhorar o aproveitamento dos nutrientes e o desempenho zootécnico na avicultura (CAMPOS et al., 2017; MACIEL et al., 2020).

A inclusão de farelo de algodão em dietas com suplementação das enzimas fitase e xilanase em dietas para frangos, apresentou melhores índices sobre o consumo de ração, peso corporal, ganho de peso e conversão alimentar de 1 a 42 dias de idade. Proporcionou melhor disponibilização dos nutrientes das rações contendo farelo de algodão (MIRANDA et al., 2017).

Barbosa Filho et al. (2018) avaliaram a utilização de complexo enzimático a base de α -amilase, β -glucanase, fitase, celulase, xilanase, protease, fitase, endo-1,4- β -xilanase, endo-1,3- β -glucanase, endo-1,4- β -mananase, com níveis crescentes de inclusão (350; 500; e 400 g/ton) foi observado que houve maior consumo de ração e de energia, sem alterar características sensoriais da carne e rendimento de carcaça.

No estudo de Moura et al. (2019) foi verificado que o uso de dois complexos enzimáticos, um com enzimas fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase (CES); e o segundo com enzimas protease, celulase e amilase (CEV), na proporção de 150g/ton para ambos. Foi verificado que não proporcionou efeito positivo para nenhum dos complexos enzimáticos na utilização de energia do milho, porém houve melhor digestibilidade da proteína do milho nos períodos de 11 a 20 e 31 a 40 dias de criação de frangos (Tabela 9).

Tabela 9 - Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para o nitrogênio (EMAn), coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e da energia bruta (CDEB) na matéria natural do milho para frangos de corte.

Tratamentos	EMA (kcal/kg de MS)	EMAn	CDMS	CDPB (%)	CDEB
Ensaio 1 – 11 a 20 dias					
Milho	3456 ^a	3321 ^a	75,87	50,07 ^b	73,58
Milho + CES	3445 ^a	3248 ^a	75,83	63,34 ^a	74,69
Milho + CEV	2962 ^b	2856 ^b	74,64	43,56 ^c	73,21
Ensaio 2 – 21 a 30 dias					
Milho	3613 ^a	3417 ^a	78,69 ^a	65,79 ^a	75,49 ^a
Milho + CES	3417 ^b	3203 ^b	73,86 ^b	54,68 ^b	72,90 ^{ab}
Milho +	3253 ^c	3127 ^b	73,63 ^b	43,54 ^c	70,87 ^b

CEV		Ensaio 3 – 31 a 40 dias			
Milheto	3468 ^a	3383 ^a	73,06 ^a	42,23 ^b	69,31
Milheto + CES	3265 ^{ab}	3171 ^b	71,64 ^a	40,07 ^b	68,58
Milheto + CEV	3103 ^b	2892 ^c	66,25 ^b	51,85 ^a	68,46

Médias com letras diferentes na coluna diferem pelo teste de SNK (P<0,05)

Fonte: Adaptada de Moura et al, 2019.

De acordo com Santos et al. (2020) foi utilizado complexo enzimático (α -Galactosidase, amilase, β -Mananase, α -glucanase, protease e xilanas) com 200g/ton na dieta de frangos de corte. Nos períodos de 22 a 33; 34 a 42 e 22 a 42 dias, não houve nenhum efeito significativo do uso do complexo enzimático no desempenho de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, isso é explicado devido a adição de enzimas exógenas são mais eficazes nos períodos iniciais, pois o organismo ainda está em desenvolvimento. Foi verificado que a inclusão do complexo enzimático para frangos de corte aos 33 dias de idade mantém o valor de energia metabolizável e produção de calor das aves, entretanto aumenta a largura de cripta do duodeno. O complexo enzimático não altera o desempenho zootécnico e rendimento de carcaça dos frangos, não sendo viável economicamente no período de 21 a 42 dias.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de enzimas exógenas e complexo enzimático pode melhorar o desempenho zootécnico e a digestibilidade dos nutrientes nas fases de criação. Portanto, é indicado o uso de enzimas e complexos enzimáticos na dieta de frangos tendo em vista os ingredientes incluídos na ração e prevendo aumento no desempenho.

5. REFERÊNCIAS

- ABASI, F.; FAKHUR-UN-NISA, T.; LIU, J.; LUO, X.; ABBASI, I.H.R. Low digestibility of phytate phosphorus, their impacts on the environment, and phytase opportunity in the poultry industry. **Environmental Science and Pollution Research**, v.26, p.9469–9479, 2019.
- ALAGAWANY, M.; ELNESR, S.S.; FARAG, M.R. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v.19, n.3, p.157–164, 2018.
- Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA. 2020 – **Informe institucional e conjuntural N.24|dez/jan 2021**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/01/Informe-Institucional-no-24-1.pdf>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2021.
- Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA. 2020 – **Relatório Anual**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf> Acesso em: 02 de fevereiro de 2021.
- ATTIA, Y.A.; BOVERA, F.; IANNACCONE, AL-HARTHI, M.A.; ALAQIL, A.A.; ZEWEIL, H.S.; MANSOURS, A.E. Microbial and fungal phytases can affect growth performance, nutrient digestibility and blood profile of broilers fed different levels of non-phytic phosphorous. **Animals**, v.10, n.4, p.1-13, 2020.
- BABATUNDE, O.O.; JENDZA, J.A.; ADER, P.; XUE, P.; ADEDOKUM, S.A.; ADEOLA, O. Response of broiler chickens in the starter and finisher phases to 3 sources of microbial phytase. **Poultry Science**, v.99, n.8, p.3997-4008, 2020.
- BARBOSA FILHO, J.A.; OLIVEIRA, J.P.F.; BOAS, A.D.C.V.; ALMEIDA, M.; DORNELLAS, T.; HOLFFMANN, A.C.; SILVA, C.A.; OBA, A. Características produtivas e qualitativas de frangos de corte alimentados com diferentes complexos enzimáticos. **Boletim de Indústria Animal**, v.75, p.1-9, 2018.
- BEDFORD, M.R. The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: the role of data interpretation. **British Poultry Science**, v.59, n.5, p.486-493, 2018.
- BEDFORD, M.R.; COWIESON, A.J. Matrix values for exogenous enzymes and their application in the real world. **J. Journal of Applied Poultry Research**, v.29, n.1, p.15–22, 2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 13 de 30 de novembro de 2004.** Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf/view>> Acesso em: 06 de fevereiro de 2021. BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Orientações para apresentação de relatório técnico** – Aditivos zootécnicos e tecnológicos (adsorventes de micotoxinas e inoculantes de silagem). 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/COD_14_20_1Ed.pdf>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.

BRASIL - Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Aditivos aprovados pelo mapa para uso na alimentação animal.** 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/Listaaditivos17.03.2020.pdf>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.

BROOMHEAD, J.N.; LI, X.; RAAB, R.M. Safety of corn-expressed carbohydrase when fed to broilers at a high dietary level. **Journal of Applied Poultry Research**, v.28, n.3, p.631-637, 2019.

BROCH, J.; NUNES, R.V.; EYNG, C.; PESTI, G.M.; SOUZA, C.; SANGALLI, G.G.; FASCINA, V.; TEIXEIRA, L. High levels of dietary phytase improves broiler performance. **Animal Feed Science and Technology**, v.244, p.56-65, 2018.

BROCH, J.; SANGALLI, G.G.; SAVARIS, V.D.L.; NUNES, R.V. Fitase e seus efeitos extrafosfóricos em dietas para frangos de corte: revisão. **Agropecuária Catarinense**, v.33, n.1, p.68-72, 2020.

CAMPOS, C.F.A.; RODRIGUES, K.F.; VAZ, R.G.M.V.; GIANNES, G.C.; SILVA, G.F.; PARENTE, I.P.; AMORIM, A.F.; BARBOSA, A.F.C.; SILVA, M.C.; FONSECA, F.L.R.; ARAUJO, C.C.; SILVA, V.S.; SILVA, J.R.; SILVA, E.M.; CAMPOS, M.L.; MACHADO, S.B. Enzimas fúngicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. **Revista Desafios**, v.04, n.02, P.35-53, 2017.

CARVALHO, D.P.; LEANDRO, N.S.M.; ANDRADE, M.A.; OLIVEIRA, H.F.; PIRES, M.F.; TEIXEIRA, K.A.; ASSUNÇÃO, P.S.; STRINGHINI, J.H. Protease inclusion in plant- and animal-based broiler diets: Performance, digestibility and biometry of

digestive organs. **South African Journal of Animal Science**, v.50, n.2, p.291-301, 2020.

COELHO, R.P.; TOLEDO, J.C. Programas para segurança na indústria de alimentos corn–soybean mealbased diets on growth performance and ileal nutrients digestibility of male broilers. **Italian Journal of Animal Science**, v.19, n.1, p.1533-1541, 2020.

DAILIN, D.J.; MANAS, N.H.A.; AZLEE, N.I.W.; EYAHMALAY, J.; YAHAYA, S.A.; MALEK, R.A.; SIWAPIRAGAM, V.; SUKMAWATI, D.; ENSHASY, H.E. Current and Future Applications of Phytases in Poultry Industry: A Critical Review. **Journal of Advances in VetBio Science and Techniques**. v.3, n.3, p.65-64, 2018.

DALÓLIO, F.S.; MOREIRA, J.; VAZ, D.P.; ALBINO, L.F.T.; VALADARES, L.R.; PIRES, A.V.; PINHEIRO, S.R.P. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n.2, p.149-161, 2016.

DELMASCHIO, I.B. Enzimas na alimentação de animais monogástricos. **Revista Científica de Medicina Veterinária - UNORP**, v. 2, n. 1, p.6-20, 2018.

EKINE, O.A.; ONUNKWO, D.N.; Performance of starter broiler chickens fed diet supplemented with Smartchoice phytase enzyme. **Nigerian Journal of Animal Production**, v.47, n.2, p.196-203, 2020.

EL-HACK, M.E.A.; ALAGAWANY, M.; ARIF, M.; EMAM, M.; SAEED, M.; ARAIN, M.A.; SIYAL, F.A.; PATRA, A.; ELNESR, S.S.; KHAN, R.U. The uses of microbial phytase as a feed additive in poultry nutrition – a review. **Annals of Animal Science**, v.18, n.3, p.639–658, 2018.

ELWINGER, K.; FISHER, C.; JEROCH, H.; SAUVEUR, B.; TILLER, H.; WHITWHEAD, C.C. A brief history of poultry nutrition over the last hundred years. **World's Poultry Science Journal**, v.72, p.701-720, 2016.

FERNANDES, J.I.; HORN, D.; RONCONI, E.J.; BUZIM, R.; LIMA, F.K.; PAZDIORA, D.A. Effects of phytase superdosing on digestibility and bone integrity of broilers. **Poultry Science**, v.28, n.2, p.390-398, 2019.

FERNANDES, J.I.M.; CONTINI, J.P.; PROKOSKI, K.; GOTTARDO, E.T.; CRISTO, A.B.; PERINI, R. Desempenho produtivo de frangos de corte e utilização de energia e nutrientes de dietas iniciais com milho classificado ou não e suplementadas com complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.181-190, 2017.

GARCIA, D.A.; GOMES, D.E. A avicultura brasileira e os avanços nutricionais. **Revista Científica Unilago**, v.1, n.1, p.1-16, 2019.

GOMES, B.K.; CONY, B.S.L.; STELLA, L. Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.16, n.3, p.8477-8487, 2019.

HAMDI, M.; PEREZ, J.F.; LETOURNEAU-MONTMINY, M.P.; FRANCO-ROSSELLO, R.; ALIGUE, R.; SOLA-ORIOLO, D. 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**, v.243, n.1, p.41-51, 2018.

HASSAN, Y.I.; LAHAYE, L.; GONG, M.M.; PENG, J.; GONG, J.; LIU, S.; GAY, C.G.; YANG, C. Innovative drugs, chemicals, and enzymes within the animal production chain. **Veterinary Research**, v.49, n.71, p.1-17, 2018.

JATUWONG, K.; SUWANNARACH, N.; KUMLA, J.; PENKHRUE, W.; KAKUMYAN, P.; LUMYONG, S. Bioprocess for Production, Characteristics, and Biotechnological Applications of Fungal Phytases. **Frontiers in Microbiology**, v.11, n.188, p.1-18, 2020.

KRISELDI, R.; JOHNSON, J.A.; WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; DOZIER, W.A. Influence of exogenous phytase supplementation on phytate degradation, plasma inositol, alkaline phosphatase, and glucose concentrations of broilers at 28 days of age. **Poultry Science**, v.100, n.1, p.224–234, 2021.

KUMAR, R.; TIWARI, R.K.; KUMARI, A.; SHAHI, B.; SINGH, K.M.; SAHA, S.K. Effect of supplementation of non-starch polysaccharide cocktail enzyme on performance in broiler. **Journal do AgriSearch**, v.6, p.95-100, 2019.

MACIEL, J.T.L.; BRITO, C.O.; SILVA, C.M. Enzimas exógenas sobre a microbiota intestinal: a expressão de genes e o desempenho de frangos de corte. **Ciência Animal**, v.30, n.2, p.138-152, 2020.

MIRANDA, L.M.B., GOULARD, C.C.; LEITE, S.C.B.; BATISTA, A.S.M.; LIMA, R. C. Farelo de algodão em dietas com ou sem suplementação de enzimas para frango de corte. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 690-699, 2017.

MIRELES-ARRIAGA, A.I.; ESPINOSA-AYALA, E.; HERNANDEZ-GARCIA, P.A.; MARQUEZ-MOLINA, O. Use of exogenous enzyme in animal feed. **Life Science Journal**, v. 12, n. 2, p. 23-32, 2015.

MOHITI-ASLI, M.; GHANAATPARAST-RASHTI, M.; AKBARIAN, P.; MOUSAVI, S.N. Effects of a combination of phytase and multi-carbohydrase enzymes in low-density. **Italian Journal of Animal Science**, v.19, n.1, p.1533-1541, 2020.

MONTEIRO, V.N.; SILVA, R.N. Aplicações Industriais da Biotecnologia Enzimática. **Revista Processos Químicos**, v.3, p.9-23, 2009.

MOREIRA, E.M.S.C.; DOURADO, L.R.B.; BASTOS, H.P.A.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, S.R.G.; LOPES, J.B.; MOREIRA FILHO, M.A.; LIMA, S.B.P. Protease and sugarcane yeast in diets for broiler chicks. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.42, p.2-8, 2020.

MOURA, F.A.S.; DOURADO, L.R.B.; FARIAS, L.A.; LOPES, J.B.; LIMA, S.B.P.; FERNANDES, M.L. Complexos enzimáticos sobre a energia metabolizável e digestibilidade dos nutrientes do milho para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.3, p.990-996, 2019.

ORDONEZ, M.J.; BRAVO, M.X.R.; SALDANA, D.F.R. Rol de las enzimas en la alimentación de mono-gástricos, con énfasis en pollos de engorde (Artículo de revisión). **Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal**, v.2, n.3, p.25-42, 2018.

para animais: caracterização e benefícios percebidos com a implantação. **Gestão & Produção**, v.24, n.4, p.704-718, 2017.

PASQUALI, G.A.M.; OLIVEIRA, R.F.; AIELLO, P.A.B.; POLYCARPO, G.V.; CRISVELLARI, R.; CRUZ-POLYCARPO, V.C. Performance and economic viability of broiler chicken fed diets with multienzyme complexes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.39, n.1, p.91-96, 2017.

PERNA, V.; AGGER, J.W.; HOLCK, J.; MEYER, A.S. Multiple Reaction Monitoring for quantitative laccase kinetics by LC-MS. **Scientific Reports**, v.8, n.8114, p.1-9, 2018.

PIRGOZLIEV, V.; ROSE, S.P.; IVANOVA, S. Feed additives in poultry nutrition. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.25, p.8-11, 2019.

PROCÓPIO, D.P.; LIMA, H.J. D'A. Avaliação conjuntural da avicultura no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. 1-12, 2020.

PUPPALA, K.R.; BUDDHIWANT, P.G.; AGAWANE, S.B.; KADAM, A.S.; MOTE, C.S.; LONKAR, V.D.; KHIRE, J.M.; DHARNE, M.S. Performance of *Aspergillus niger* (NCIM 563) phytase based feed supplement for broiler growth and phosphorus excretion. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.31, 2021.

RABELLO, S; JOSE, L.; SINDHU, R.; ANEESH, E.M. Molecular advancements in the development of thermostable phytases. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.101, n.7, p.2677-2689, 2017.

RAZA, A.; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon**, v.5, n.4, p.14-37, 2019.

RIGO, D.; GAYESKI, L.; TRES, G.A.; CAMERA, F.D.; ZENI, J. Produção Microbiológica de Enzimas: uma Revisão. **Brazilian Journal of Development**. V.7, n.1, p.9232-9254, 2021.

RIGO, D.; GAYESKI, L.; TRES, G.A.; CAMERA, F.D.; ZENI, J.; VALDUGA, E.; CANSIAN, R.L.; BACKES, G.T. Produção microbiológica de enzimas: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p.9232-9254, 2021.

SANDHYA, A.; SRIDEVI, A.; PALLIPATI, S. Biochemical characterization of phytase purified from *Aspergillus niger* S2. **EurAsian Journal of BioSciences**, v.13, n.1, p.99-103, 2019.

SANTOS, E.T.; FERNANDES, M.L.; MARQUES, R.M.; BASTOS, H.P.A.; SOUSA, R.F.; SILVA, J.V.; KATO, R.K.; FERREIRA, G.B.C.; DOURADO, L.R.B. Complexo enzimático em dietas para frangos de corte na fase de crescimento. **Research, Society and Development**, v.9, n.7, p.1-21, 2020.

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.

SCHOLEY, D.V.; MORGAN, N.K.; RIEMENSPERGER, A.; HARDY, R.; BURTON, E.J. Effect of supplementation of phytase to diets low in inorganic phosphorus on growth performance and mineralization of broilers. **Poultry Science**, v.97, n.7, p.2435-2440, 2018.

SHOLEY, D.V.; MORGAN, N.K.; RIEMENSPERGER, A.; HARD, R.; BURTON, E.J. Effect of supplementation of phytase to diets low in inorganic phosphorus on growth performance and mineralization of broilers. **Poultry Science**, v.97, n.4, p.2435–2440, 2018.

SILVA, D.M.; RODRIGUES, D.R.; GOUVEIA, A.B.VS.; MESQUITA, S.A.; SANTOS, F.R.; MINAFRA, C.S. Carboidrases em rações de frangos de corte: Revisão. **Pubvet**, v.10, n.11, p.861-872, 2016.

SILVA, I.M.; BROCH, J.; WACHHOLZ, L.; SOUZA, C.; DALOLIO, F.S.; TEIXEIRA, L.V.; EYNG, C.; NUNES, R.V. Dry residue of cassava associated with carbohydrases in diets for broiler chickens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.28, n.4, p.1189-1201, 2019.

SINDIRAÇÕES. Sindicato Nacional Industrial de Alimentação Animal. **Boletim informativo do setor julho/2019**. Disponível em:<https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2019/07/boletim_informativo_do_setor_julho_2019_vs_final_port_sindiracoes.pdf> Acesso em: 01 de fevereiro de 2021.

SINDIRAÇÕES. Sindicato Nacional Industrial de Alimentação Animal. **Boletim informativo do setor dezembro/2020**. Disponível em:<https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2020/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2020_vs_final_port_sindiracoes.pdf>. Acesso em: 29 de janeiro de 2021.

SING, B.; BOUKHRIS, I.; PRAGYA, KUMAR, V.; YADAV, A.N.; FARHAT-KEMAKHEM, A.; KUMAR, A.; SINGH, D.; BLIBECH, M.; CHOUAYEKH, H.; ALGHAMDI, O.A. Contribution of microbial phytases to the improvement of plant growth and nutrition: a review. **Pedosphere**, v.30, n.3, p.295–313, 2020.

SORIO, A. **Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do Parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção**. Passo Fundo: Méritos, 2012. 300 p.

VALENTIM, J.K.; RODRIGUES, R.F.M.; BITTENCOURT, T.M.; LIMA, H.J.D.; RESENDE, G.A. Implicações sobre o uso de promotores de crescimento na dieta de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.15, n.04, p.8191-8199, 2018.

WALK, C.L.; BEDFORD, M.R. Application of exogenous enzymes: is digestibility na appropriate response variable?. **Animal Production Science**, n.60, n.8, p.993-998, 2020.

WALK, C.L.; JUNTUNEN, K.; PALOHEIMO, M.; LEDOUX, D.R. Evaluation of novel protease enzymes on growth performance and nutriente digestibility of poultry: enzyme dose response. **Poultry Science**, v.98, p.5525-5532, 2019.

WALK, C.L.; OLUKOSI, O.A. Influence of graded concentrations of phytase in high-phytate diets on growth performance, apparent ileal amino acid digestibility, and phytate concentration in broilers from hatch to 28 D post-hatch. **Poultry Science**, v.98, n.9, p.3884-3893, 2019.

WALTERS, H.G.; COELHO, M.; COULFAL, C.D.; LEE, J.T. Effects of increasing phytase inclusion levels on broiler performance, nutrient digestibility, and bone mineralization in low-phosphorus diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.28, n.4, p.1210-1225, 2019.

WICKRAMASURIYA, S.S.; KIM, E.; SHIN, T.K.; CHO, H.M.; KIM, B.; PATTERSON, R.; YI, Y.J.; PARK, S.; BALASUBRAMANIAN, B.; HEO, J.M. Multi-carbohydrase addition into a corn-soybean meal diet containing wheat and wheat by products to improve growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.28, n.2, p.399-409, 2019.

WOSTEN, H.A. Filamentous fungi for the production of enzymes, chemicals and materials. **Current Opinion in Biotechnology**, v.59, p.65–70, 2019.

ZHANG, T.; LIU, H.; BO, L.V., B.; LI, C. Regulating strategies for producing carbohydrate active enzymes by filamentous fungal cell factories. **Frontiers in bioengineering and biotechnology**, v.8, n.691, p.1-15, 2020.