

**ROSA APARECIDA REIS DE LÉO**

**EQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM FITASES COMERCIAIS PARA  
FRANGOS DE CORTE USANDO MÉTODO DE CURVA PADRÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino

Coorientador: Arele Arlindo Calderano

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L576e  
2022

Léo, Rosa Aparecida Reis de, 1996-  
Equivalência de fósforo disponível em fitases comerciais  
para frangos de corte usando método de curva padrão / Rosa  
Aparecida Reis de Léo. – Viçosa, MG, 2022.  
1 dissertação eletrônica (25 f.): il.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Zootecnia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 21-25.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.311>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Frango de corte - Nutrição. 2. Minerais na nutrição  
animal. 3. Enzimas. I. Albino, Luiz Fernando Teixeira, 1953-.  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 636.508527

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB6/2552

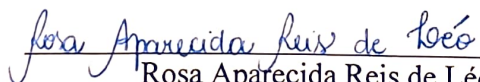
**ROSA APARECIDA REIS DE LÉO**

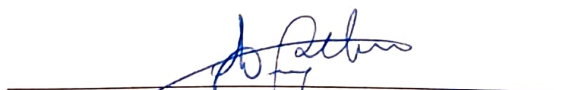
**EQUIVALÊNCIA DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM FITASES COMERCIAIS PARA  
FRANGOS DE CORTE USANDO MÉTODO DE CURVA PADRÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2022.

Assentimento:

  
Rosa Aparecida Reis de Léo  
Autora

  
Luiz Fernando Teixeira Albino  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta etapa da vida e me permitiu com sabedoria vencer todos os desafios e entraves dessa fase.

Ao meu avô Antônio, em memória, por me ajudar desde a minha criação, até o ingressar na faculdade.

A minha avó Maria, que na sua simplicidade sempre fez de tudo por mim, além de me incentivar a não desistir desse sonho.

A minha mãe, Márcia, que em momento algum mediu esforços para me ajudar.

A minha tia, Vânia, por sempre acreditar no meu potencial, e mediante a toda dificuldade ser uma boa conselheira e amiga.

As minhas companheiras de república: Letícia e Andréia que ao longo desse período em Viçosa me acolheram e estiveram ao meu lado, nos momentos mais difíceis e também nos de descontração, obrigada meninas, vocês foram essenciais!

Aos amigos de Viçosa: Rafael Ferreira, Thiago Diana, Rayanne, Samuel, Romário, Lucimauro, Kelly, Carlos, Thaisa (Lorota), Joyce, Thiago Moreira, Artur (Magrelim), Nathana, Bárbara e todos outros por estarem em momentos de estudo, desafios durante os experimentos, análises e momentos de descontração.

Aos colegas e amigos de trabalho em equipe no setor de avicultura: Bruno, Tobias, Maria Rita, Pedro Condé, Kaique, Eduardo (Dudu), Rafael Fabossi, Carol, Patrícia, André, Rodrigo e todos outros que tive o prazer de conhecer e conviver, passar por todos os tropeços do experimento e me ajudaram tanto.

Aos colegas de laboratório: Pedro Lourenço, Paulo Dornelas, Pauliane, Gustavo Amorim, Dante, Vinicius, Wagner, Alberto, Giovanna, Renato, Eloi... vocês me socorreram muito em todas as minhas análises! Obrigada por todo esforço e dedicação!

Agradeço a UFV por me proporcionar estudar em uma universidade tão promissora. Ao Departamento de Zootecnia por possuir profissionais tão competentes e responsáveis.

Deixo também meus agradecimentos a todos os professores que conheci durante o mestrado, em especial ao meu professor e orientador Luiz Fernando por proporcionar essa oportunidade e ter dado todo o suporte necessário durante o meu mestrado, sempre com bom humor e compreensão nas horas difíceis.

Ao professor e coorientador Arele Calderano por me mostrar o quanto podemos evoluir e aprender quando estamos determinados, e por incansáveis vezes me ajudou.

Aos membros da banca, por terem aceitado participar da minha banca de defesa.

A todos os funcionários do setor de Avicultura, por ajudar e contribuírem para a realização e sucesso do trabalho.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização do curso.

Aos amigos que conheci durante o mestrado, e a todos as demais pessoas que me ajudaram nessa jornada, que não cabem dentro desse agradecimento, mas que tem seu imenso valor...

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

## **BIOGRAFIA**

ROSA APARECIDA REIS DE LÉO, filha de André Luís Manhães de Léo e Márcia Valéria da Silva Reis, nasceu em Bom Jesus do Norte, ES, em 27 de maio de 1996.

Em 2014 ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, colando grau em janeiro de 2019.

Em 2020 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2022.

## RESUMO

LÉO, Rosa Aparecida Reis de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Equivalência de fósforo disponível em fitases comerciais para frangos de corte usando método de curva padrão.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Coorientador: Arele Arlindo Calderano.

Objetivou-se avaliar a equivalência de fósforo das fitases comerciais em dietas de frangos de corte, utilizando a curva padrão, e seus efeitos no desempenho, mineralização óssea, peso relativo do fígado e fosfatase alcalina total na fase inicial (1 a 21 dias). Foram utilizados 2.500 pintos de corte machos, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com 10 tratamentos, 10 repetições de 25 aves por unidade experimental. As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais das aves, com exceção do teor de fósforo e cálcio disponível. Os tratamentos adotados foram divididos da seguinte forma: T1 com 0,18% de fósforo disponível (Pd); T1 + 0,07% Pd; T1 + 0,14% Pd; T1 + 0,21% Pd ; T1 + fitase 1; T1 + fitase 2; T1 + fitase 3; T1 + fitase 4; T1 + fitase 5 e T1 + fitase 6. Para padronização das enzimas foram utilizados 500 FTU/kg de cada. Os animais submetidos aos maiores níveis de fósforo disponível (T2, T3 e T4) e com a adição das fitases comerciais (T5, T6, T7, T8, T9 e T10) tiveram melhores resultados de desempenho e mineralização óssea quando comparados ao tratamento de menor inclusão de fósforo disponível (T1). Verificou-se que todas as fitases avaliadas melhoraram o peso vivo final, ganho de peso, conversão alimentar e teor de cinzas e fósforo na tíbia em relação ao controle negativo. A suplementação com as fitases comerciais promove melhora no desempenho, bem como na mineralização óssea em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade e disponibilizam em média 0,154% de fósforo do ácido fítico.

Palavras-chave: Enzimas. Minerais. Nutrição.

## ABSTRACT

LÉO, Rosa Aparecida Reis de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2022. **Phosphorus equivalence available in commercial phytases for broilers using standard curve method.** Adviser: Luiz Fernando Teixeira Albino. Co-adviser: Arele Arlindo Calderano.

The objective was to evaluate the phosphorus equivalence of commercial ribbons in broiler diets, using a standard curvature, and its effects on performance, bone mineralization, relative liver weight and total alkaline phosphatase in the initial phase (1 to 21 days). There were 2,500 broiler chicks, distributed in a completely randomized design, with 10 treatments, 10 repetitions of 25 birds used per experimental unit. How the diets were formulated to meet the nutritional requirements of the birds, with the exception of the available phosphorus and calcium content. The available treatments used (were prepared as follows: T1 with 0.18% available phosphorus (Pd); T1 + 0.07% Pd; T1 + 0.14% Pd; T1 + 0.21% Pd; T1 + phytase 1; T1 + phytase 2; T1 + phytase 3; T1 + phytase 4; T1 + phytase 5 and T1 phytase 6. For the enzymes 50 FTU/kg of each were used. T2, T3 and T4) and with the addition of commercial phytases (T5, T6, T7, T8, T9 and T10) had bone performance and mineralization results when compared to the treatment with lower inclusion of available phosphorus (T1). as theoretical correctness of final values, live weight gain, feed conversion and all phosphorus in relation to the control. Supplementation with commercial phytases improves performance, as well as bone mineralization in broilers from 1 to 21 days of age and promotes an average of 0.154% phosphorus from phytic acid.

Keywords: Enzymes. Minerals. Nutrition.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
3. RESULTADOS .....	16
4. DISCUSSÃO .....	19
5. CONCLUSÕES .....	21

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente 90% das dietas para aves são compostas por ingredientes de origem vegetal, principalmente milho e farelo de soja. Isso se dá, pois, esses ingredientes possuem alto valor energético e proteico. O fósforo é outro nutriente rico nesses ingredientes, porém cerca de 60 a 70% do teor total de fósforo presente nesses ingredientes encontra-se na forma de fitato, indisponível para aves (NRC, 1994).

O fitato é um composto indigestível complexado com minerais e proteínas, fato que prejudica sua digestão e absorção (Jain et al., 2016). A presença do fitato na dieta limita o uso de minerais como o fósforo, que desempenha papel essencial no desenvolvimento animal (Humer et al., 2014). Além disso, os animais monogástricos têm pouca ou nenhuma capacidade de utilização do fitato, pois há pouca ou nenhuma síntese natural da enzima fitase no trato digestivo (Greiner & Konietny, 2010). A maior parte da fração de fósforo do fitato que não é utilizada é excretada com as fezes, gerando poluição ambiental.

Enzimas exógenas estão sendo amplamente estudadas e utilizadas na nutrição animal, sendo a fitase uma das mais conhecidas. A fitase hidrolisa o fitato liberando o fósforo e os demais nutrientes complexados contribuindo com o melhor desempenho, a retenção e a disponibilidade de nutrientes, reduzindo a variabilidade da energia dos alimentos para animais e neutralizando os efeitos antinutricionais do fitato; aumentando assim a precisão da formulação da ração (SOUSA et al., 2015).

Os efeitos e os benefícios da fitase no desempenho de frangos de corte têm sido demonstrados em diferentes estudos (ABBASI, et al., 2019; WALK et al. 2018). Quando tal fato ocorre, há melhora da integridade intestinal e conseqüentemente maior absorção de nutrientes e melhor desempenho do animal (SMULIKOWSKA et al., 2010).

No entanto, existem diversas fitases disponíveis no mercado e o conhecimento do valor nutricional de cada uma é fundamental para a formulação precisa das rações, minimizando os custos de produção.

Desta forma, objetivou-se avaliar a equivalência de fósforo das fitases comerciais em dietas de frangos de corte, utilizando-se a curva padrão e seus efeitos no desempenho, mineralização óssea, peso relativo do fígado e fosfatase alcalina total na fase inicial (1 a 21 dias) de frangos de corte.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos adotados no presente estudo foram previamente avaliados e aprovados, pelo comitê de ética no uso de animais de fazenda CEUAP/UFV (Protocolo de registro: 64/2021); estavam em conformidade com os princípios éticos da experimentação animal estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Produção e Nutrição de Aves do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais, Brasil (20°45'57,19"S, 42°51'35,42"W; e 682 m de altitude).

Os frangos de corte machos (Cobb 500) utilizados no experimento foram provenientes de um incubatório comercial (Rivelli Alimentos SA, Matheus Leme, MG, Brasil), com 1 dia de idade e foram previamente sexados.

Foram utilizadas seis diferentes fitases comerciais, possuindo diferentes quantidades de FTU/kg e com objetivo de padronização do material utilizou-se uma dosagem de 500 FTU/kg de cada fitase (Tabela 1).

Tabela 1 - Informações das fitases comerciais.

<b>Tratamento</b>	<b>Concentração (FTU/g)</b>	<b>Dosagem recomendada (FTU/kg)</b>	<b>Cepas</b>	<b>Inclusão de fitase (g/t)</b>
Fitase 1	250.000	500-1000	<i>Aspergillus niger</i>	2
Fitase 2	20.000	1000-2000	<i>Aspergillus niger</i>	25
Fitase 3	50.000	500	<i>Aspergillus niger</i>	10
Fitase 4	250.000	300-500	<i>Aspergillus niger</i>	2
Fitase 5	50.000	100-1500	<i>Aspergillus niger</i>	10
Fitase 6	50.000	500-4000	<i>Aspergillus oryzae</i>	10

Os tratamentos experimentais aplicados na presente pesquisa compreenderam o Tratamento 1 (T1; - 0,18% de fósforo disponível); Tratamento 2 (T1 + 0,07% de fósforo disponível); Tratamento 3 (T1 + 0,14% de fósforo disponível); Tratamento 4 (T1 + 0,21% de fósforo disponível); Tratamento 5 (T1 adicionado com fitase 1 - inclusão: 2g/t), Tratamento 6 (T1 adicionado com fitase 2 - inclusão: 25g/t), Tratamento 7 (T1 adicionado com fitase 3 - inclusão: 10g/t), Tratamento 8 (T1 adicionado com fitase 4 - inclusão: 2g/t), Tratamento 9 (T1 adicionado com fitase 5 - inclusão: 10g/t) o Tratamento 10 (T1 adicionado com fitase 6 - inclusão: 10g/t).

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais das aves, com exceção do teor de fósforo disponível e cálcio (relação Ca:Pdisp = 2,25:1), com exceção da dieta NC1 com 0,555% Ca e 0,180% Pdisp (3,08:1 ). Com exceção dos níveis de Ca e Pdisp, os demais nutrientes atenderam às recomendações das Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos (Rostagno et al., 2017) para a fase de 1 a 21 dias, com base em milho e farelo de soja (Tabela 2). As enzimas foram adicionadas “on the top” às dietas experimentais.

Um total de 2.500 pintos de corte machos de um dia de idade da linhagem comercial Cobb-500®, com peso inicial de 44g, foram utilizados para avaliar o desempenho de 01 a 21 dias de idade para avaliar o desempenho dos animais. Foram pesados e distribuídos em dez

tratamentos seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições e 25 animais por unidade experimental. Os pintos foram alojados em galpão de alvenaria dividido em boxes de 1,0 x 2,0 m forradas com maravalha, equipados com dois bebedouros tipo nipple e um comedouro de ração.

Os animais foram submetidos a um programa de luz de 24 horas a 32°C até os 21 dias de vida. As aves tiveram acesso a ração e água *ad libitum* durante todo o período experimental; as temperaturas máximas e mínimas no interior das instalações foram registradas diariamente por três termômetros posicionados em pontos estratégicos, na altura das aves.

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais para a fase de 1 a 21 dias de idade. Relação Ca:Pdisp = 2,25:1. Relação Ca:Pdisp = 2,25:1, exceto para a dieta T1 com 0,555% Ca e 0,180% Pdisp (3,08:1).

<b>Ingredientes</b>	<b>T1 0,18 % P disp</b>	<b>T2 0,25 % P disp</b>	<b>T3 0,32 % P disp</b>	<b>T4 0,39 % P disp</b>	<b>T5 a T10 0,18% P disp</b>
Milho (0,18%P fítico, 0,06Pd, 02 Ca )	51,715	51,715	51,715	51,715	51,715
Farelo de soja 45% (0,36% P fítico)	40,720	40,720	40,720	40,720	40,720
Óleo de soja	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Lisina HCl, 79%	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
DL-Metionina, 99%	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325
L Treonina. 98%	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
Valina, 98%	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Cloreto de Colina, 60%	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Salinomicina 12%	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
BHT <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Calcário (Ca: 37,7%)</b>	<b>0,826</b>	<b>0,600</b>	<b>0,771</b>	<b>0,942</b>	<b>0,826</b>
<b>Fosfato Bicálcico (Ca:24,5% ; P:18,5%)</b>	<b>0,388</b>	<b>0,766</b>	<b>1,146</b>	<b>1,524</b>	<b>0,388</b>
<b>Areia Lavada<sup>4</sup></b>	<b>1,253</b>	<b>1,101</b>	<b>0,550</b>	<b>0,001</b>	<b>1,253</b>
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<b>Valores Calculados<sup>5</sup></b>					
Proteína bruta, %	22,931	22,931	22,931	22,931	22,931
EM, kcal/kg.	3000,0	3000,0	3000,0	3000,0	3000,0
<b>Cálcio, %</b>	<b>0,555</b>	<b>0,563</b>	<b>0,720</b>	<b>0,878</b>	<b>0,675</b>
<b>Fósforo disponível, %</b>	<b>0,180</b>	<b>0,250</b>	<b>0,320</b>	<b>0,390</b>	<b>0,300</b>
<b>Fósforo Total, %</b>	<b>0,420</b>	<b>0,490</b>	<b>0,560</b>	<b>0,630</b>	<b>0,420</b>
<b>Fósforo fítico, %</b>	<b>0,240</b>	<b>0,240</b>	<b>0,240</b>	<b>0,240</b>	<b>0,240</b>
Sódio %	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Lisina digestível, %	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256
Treonina digestível, %	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829
Met. + Cis. digestível, %	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929
Isoleucina digestível, %	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894
Triptofano digestível, %	0,263	0,263	0,263	0,263	0,263
Arginina digestível, %	1,442	1,442	1,442	1,442	1,442
Valina digestível, %	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
Gli + Ser digestível, %	1,846	1,846	1,846	1,846	1,846

<sup>1</sup> - Suplemento mineral (Quantidade por kg de Ração): Manganês 82 mg; Ferro – 58,4 mg; Selênio - 0,35 mg; Cobre – 11,6 mg ; Iodo – 1,18 mg.

<sup>2</sup> - Suplemento vitamínico (Quantidade por kg de Ração): vitamina A – 13.493 UI; vitamina D3 – 3.374 UI; Vitamina E – 50,5 UI; Vitamina B1 - 3,64 UI; vitamina B2 – 9,0 UI; vitamina B6 – 5,05 UI; Ac Pantotênico - 18,1 mg; Biotina - 0,126 mg; Vitamina K3 – 2,71 mg ; Ácido fólico – 1,26 mg ; Ácido nicotínico- 54,9 mg ; Vitamina B12 – 0,022 mg.

<sup>3</sup> - Hidroxi butil tolueno

<sup>4</sup> – As enzimas serão adicionadas em substituição a areia lavada. Todas as fitases (Tratamentos 5 a 10) serão consideradas com uma contribuição média de 0,12% de Ca e 0,12% de P disp.

<sup>5</sup> – Valores calculados segundo as Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos, 2017.

O peso corporal, consumo de ração e as sobras de ração foram registrados no período de 1 a 21 dias em cada unidade experimental para determinar o ganho de peso corporal (GPC), consumo médio de ração (CR) e conversão alimentar (CA) durante o período.

Aos 21 dias de idade, uma ave por unidade experimental de peso médio foi selecionada para coleta de sangue do coração, utilizando agulhas hipodérmicas (1,20 × 40 mm) e armazenada em tubos de 10 mL sem anticoagulante. As amostras foram imediatamente encaminhadas em temperatura ambiente ao Laboratório de análise local para determinação da enzima fosfatase alcalina total. Após a coleta de sangue, as aves foram eutanasiadas por deslocamento cervical e abatidas. O fígado de cada ave foi retirado e pesado separadamente em balança digital (0,0001 g) para determinar o peso relativo do órgão. O peso relativo do órgão (g/kg PC) foi calculado da seguinte maneira:

$$\text{Peso Relativo \u00f3rg\u00e3o (\%)} = \text{Peso do \u00f3rg\u00e3o (g)} / \text{Peso vivo do animal (Kg)} \times 100$$

Ao final do experimento, 2 aves de cada repeti\u00e7\u00e3o foram abatidas e as respectivas t\u00edbias coletadas (total de 400 t\u00edbias), pesadas e congeladas para posterior an\u00e1lise de cinzas, c\u00e1lcio e f\u00f3sforo no Laborat\u00f3rio de Nutri\u00e7\u00e3o Animal (LNA - DZO), seguindo a metodologia proposta com adapta\u00e7\u00f5es para material de origem animal (Detmann *et al.*, 2021).

As dietas foram analisadas para determinar os teores de mat\u00e9ria seca (MS), prote\u00edna bruta (PB), energia bruta (EB), mat\u00e9ria mineral (MM), c\u00e1lcio (Ca) e f\u00f3sforo (P). O m\u00e9todo de Kjeldahl foi usado para determinar os n\u00edveis de nitrog\u00eanio, com base em m\u00e9todos oficiais de an\u00e1lise (Detmann *et al.*, 2021). Os valores de energia bruta (EB) foram determinados usando um calor\u00edmetro de bomba adiab\u00e1tica C5001 (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Alemanha).

As t\u00edbias foram congeladas, liofilizadas a -40\u00b0C por 72 horas e mo\u00eddas em moinho de bolas (Tecnal Equipamentos para Laborat\u00f3rio, TE-350, S\u00e3o Paulo, Brasil) por 5 minutos, at\u00e9 se tornarem uma mistura fina. Em seguida procedeu-se a an\u00e1lise qu\u00edmica da mat\u00e9ria seca (MS), mat\u00e9ria mineral (MM) e prepara\u00e7\u00e3o das solu\u00e7\u00f5es minerais para leitura de c\u00e1lcio e f\u00f3sforo. Os valores de c\u00e1lcio e f\u00f3sforo foram obtidos pela metodologia proposta por Detmann *et al.*, 2021.

Os par\u00e2metros avaliados foram analisados estatisticamente por meio da an\u00e1lise de vari\u00e2ncia (ANOVA) e regress\u00e3o linear:  $Y = a + b \cdot X$ ; em que  $a$  \u00e9 a constante da regress\u00e3o ou intercepto,  $b$  \u00e9 o par\u00e2metro da regress\u00e3o para o componente linear. A equival\u00eancia de f\u00f3sforo dispon\u00edvel das fitases testadas foi estimada utilizando a curva padr\u00e3o e a seguinte equa\u00e7\u00e3o, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2016).

$$Y = a + b \cdot X$$

A ração T1 (0,18% de fósforo disponível) foi considerada como o nível 0,0%, e os demais tratamentos sem a inclusão da enzima foram tidos como 0,07%, 0,14% e 0,21%, respectivamente.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento PROC reg do pacote estatístico SAS (SAS Institute, Inc., 2010).

### 3. RESULTADOS

Os valores médios de peso vivo final, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar (CA) e teor de cinzas e fósforo nas tíbias, juntamente com peso relativo do fígado e concentração da fosfatase alcalina total avaliados de cada tratamento encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 - Médias dos parâmetros de desempenho (peso vivo final em g, ganho de peso em g, consumo de ração em g e conversão alimentar) e do conteúdo de cinzas na tíbia (g e %), fósforo (g e %), peso relativo do fígado (%) e fosfatase alcalina total (U/L) de frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis crescentes de P disponível e diferentes fitases.

Tratamentos	Peso vivo final (kg)	Ganho de peso (kg)	Consumo ração (kg)	CA	Cinza		Fósforo		Peso Relativo Fígado (%)	Fosfatase Alcalina Total (U/L)
					%	(g)	%	(g)		
T1 Controle negativo (CN) - 0.18 % de P disp	0,917	0,873	1,179	1,351	42,3464	3,9229	6,13	0,535	2,5525	8241,3
T2 0.25 % de P disp	1,039	0,995	1,282	1,290	43,0891	3,9870	6,33	0,554	2,5894	7944,4
T3 0.32 % de P disp	1,076	1,032	1,297	1,265	45,0913	4,1579	6,85	0,586	2,6145	7788,3
T4 0.39 % de P disp	1,101	1,057	1,336	1,261	45,6478	4,3734	7,03	0,622	2,6600	7560,6
T5 CN – 0.18% Pdisp + Fitase 1	1,101	1,055	1,334	1,263	43,2522	3,9363	6,35	0,549	2,6531	7873,6
T6 CN – 0.18% Pdisp + Fitase 2	1,098	1,053	1,334	1,281	43,5604	3,9531	6,44	0,562	2,5320	8048,5
T7 CN – 0.18% Pdisp + Fitase 3	1,099	1,055	1,335	1,268	43,9009	4,3488	6,19	0,552	2,5857	8134,0
T8 CN – 0.18% Pdisp + Fitase 4	1,071	1,027	1,331	1,297	43,9145	3,9404	6,36	0,544	2,5838	7651,1
T9 CN – 0.18% Pdisp + Fitase 5	1,082	1,038	1,302	1,302	43,3291	3,9842	6,76	0,543	2,6001	7467,4
T10 CN – 0.18% Pdisp + Fitase 6	1,084	1,040	1,330	1,279	43,1845	4,0546	6,69	0,546	2,5723	7451,4

Os animais que receberam as rações com os maiores níveis de fósforo disponível e com a adição das fitases comerciais tiveram melhores resultados de desempenho e mineralização óssea quando comparados ao tratamento de menor inclusão de fósforo disponível (T1).

Os valores das equações geradas, bem como seus coeficientes de determinação e o P valor de cada equação encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 - Resumo das equações por metodologia de curva padrão dos valores de Equivalência das diferentes Fitases em relação à fontes de P disponível do Fosfato bicálcico para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

<b>Variáveis</b>	<b>Curva Padrão</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P valor</b>
Peso vivo final (kg)	$Y=0,9447+0,8414X$	0,6695	<0,0001
Ganho de peso (kg)	$Y=0,9007+0,8404X$	0,6726	<0,0001
Consumo ração (kg)	$Y=1,2004+0,6953X$	0,515	<0,0001
Conversão alimentar	$Y=1,3362-0,4231X$	0,2811	0,0003
Cinza (%)	$Y=42,26+17,01X$	0,4502	<0,0001
Cinza (g)	$Y=3,882+2,175X$	0,2021	0,002
Fósforo (%)	$Y=6,107+4,563X$	0,3309	<0,0001
Fósforo (g)	$Y=0,5312+0,4159X$	0,2817	0,0003
Peso relativo fígado (%)	$Y=2,5521+0,4958X$	0,02553	0,399
Fosfatase Alcalina total (U/L)	$Y=8211-3126X$	0,00726	0,6788

Sendo Y a variável correspondente da linha, e X valores de fósforo disponível na fonte de fosfato bicálcico. R<sup>2</sup> é o coeficiente de determinação da equação. P valor <0,01 foram considerados significativos.

Todos os parâmetros avaliados tiveram efeito significativo de natureza linear ( $P < 0,01$ ), exceto para os parâmetros de peso relativo do fígado e fosfatase alcalina total, portanto as equações determinadas foram todas lineares e a equivalência de fósforo das enzimas foram calculadas a partir delas.

As equações de regressão linear de equivalências de fósforo disponível foram avaliadas em cada parâmetro e se encontram na tabela 5.

Tabela 5 - Resumo dos valores de Equivalência das diferentes Fitases em relação à fontes de P disponível do Fosfato bicálcico para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade por metodologia de curva padrão.

<b>Fitases</b>		<b>Peso vivo final (%)</b>	<b>Ganho de peso (%)</b>	<b>Consumo ração (%)</b>	<b>CA (%)</b>	<b>Cinza %</b>	<b>Fósforo %</b>	<b>Média (%)</b>
T5	CN – 0,18% Pdisp + Fitase 1	0,185	0,184	0,226	0,153	0,088	0,110	0,158
T6	CN – 0,18% Pdisp + Fitase 2	0,182	0,181	0,192	0,152	0,095	0,124	0,154
T7	CN – 0,18% Pdisp + Fitase 3	0,183	0,183	0,194	0,185	0,109	0,097	0,158
T8	CN – 0,18% Pdisp + Fitase 4	0,150	0,150	0,188	0,121	0,113	0,120	0,140
T9	CN – 0,18% Pdisp + Fitase 5	0,164	0,164	0,247	0,130	0,083	0,161	0,158
T10	CN – 0,18% Pdisp + Fitase 6	0,166	0,166	0,186	0,135	0,110	0,128	0,154

Verificou-se que todas as fitases avaliadas obtiveram resultados superiores ao T1 para peso vivo final, ganho de peso, conversão alimentar e teor de cinzas e fósforo na tíbia.

#### 4. DISCUSSÃO

O presente estudo registrou diminuição dos níveis Ca e P na ração dos animais; esses nutrientes desempenham papel essencial em várias funções metabólicas em seu corpo. O fósforo e o cálcio são minerais essenciais envolvidos em diversos processos metabólicos, como desenvolvimento esquelético, transferência de energia, ativação enzimática e equilíbrio ácido básico, entre outros (Jlali et al., 2020).

Todos os tratamentos que incluíram fitases comerciais responderam melhor aos parâmetros de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) em comparação aos animais do tratamento com menor nível de inclusão de fósforo (0.18% Pd). Vários trabalhos (Bosh *et al.*, 2020, Serafini, 2018 e Pereira *et al.*, 2014) demonstram que as fitases são utilizadas para liberação do fósforo fítico presente nas rações, possibilitando um maior aproveitamento deste nutriente que desempenham importante papel no crescimento animal. Além disso, o fósforo possui importância no controle da ingestão alimentar, visto que, segundo Garzillo (1996), baixos níveis de fósforo reduzem o metabolismo basal e também o apetite dos animais.

O uso de fitase também pode levar ao aumento do uso de energia dietética; segundo Bao et al., 2013 e Cowieson et al., 2017, isso acontece principalmente porque a fitase favorece a disponibilidade de mucina devido à maior renovação celular, que é desencadeada por sua presença na dieta. A fitase pode também atuar impedindo a formação de complexos binários proteína-fitado por hidrólise evitando então perdas proteicas para o ambiente (Cowieson et al., 2017; Gallardo et al., 2020), além de aumentar a atividade da pepsina e da tripsina (Murugesan et al., 2014); enzimas essenciais na digestão de proteínas, das quais são inibidas pela presença de fitato na dieta. No caso do tratamento com menor nível de fósforo disponível, os piores resultados podem ser explicados pelo fato da presença do fitato na dieta que pode proporcionar à complexação de aminoácidos, a inibição de enzimas endógenas e o

aumento da secreção de aminoácidos endógenos, fato que afeta a digestibilidade dos nutrientes da ração (Bao et al., 2013), bem como pelo menor nível de P na dieta.

Além do desempenho ter sido maior nas aves dos tratamentos com o maior percentual de fósforo disponível e nos tratamentos com a inclusão das fitases, o teor de cinzas e de fósforo na tíbia também foi superior nessas aves. Berner e Shike (1988) indicaram que o equilíbrio do fósforo nos animais é regulado pelo trato gastrointestinal, rins e ossos. Portanto, a adição do mineral até a exigência é utilizada para manter os níveis séricos e acúmulo nos ossos. Queiroz et al. (2008) observaram resultados superiores de cinzas na tíbia nas aves ao aumentar o nível de fósforo de 0,3% para 0,4% e atribuíram essa diferença pelo consumo de ração. Lima (1997) também encontrou resultados significativos para o teor de cinzas quando aumentou o nível de fósforo suplementado, de 35,9% no nível de 0,1% para 43% no nível de 0,3%.

Muitos autores indicam a porcentagem de cinza e fósforo no osso como a principal medida de resposta para avaliar a disponibilidade do fósforo, pois refletem melhor as variações do mineral na dieta segundo Conte *et al.* (2003).

Esse resultado mostra que os parâmetros de cinzas ósseas é a melhor variável para avaliar a liberação de P fítico do fitato, bem como visto por Grimbergen *et al.* (1985) e Augspurger *et al.* (2003).

Os resultados do presente trabalho indicam, portanto, o evidente efeito da fitase sobre a disponibilidade do fósforo fítico. Resultados semelhantes, foram encontrados por Lelis et al (2010), onde a quantidade de fósforo contido nas tíbias aumentou, quando houve suplementação dos animais com fitase (250 FTU/kg e 500 FTU/kg).

A qualidade óssea dos frangos de corte é de grande importância para a produção avícola e segundo Gomes et al. (2004), as variáveis relacionadas ao osso são mais sensíveis que as variáveis de desempenho. Portanto, para garantia boas condições na formação óssea, além de obter bom desempenho, o nível de fósforo disponível na dieta deve ser suficiente. De maneira

que no momento de apanha e abate dos animais não venha a gerar prejuízos por descarte de carcaças, por exemplo.

A utilização de fitase nas rações além de minimizar a excreção de fósforo para o meio ambiente possui um efeito econômico a ser explorado.

## 5. CONCLUSÕES

A suplementação dietética com as fitases comerciais promove melhora no desempenho, bem como na mineralização óssea em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

A adição de Fitase 1 (2g/t), Fitase 2 (25g/t), Fitase 3 (10g/t), Fitase 4 (2g/t), Fitase 5 (10g/t) e Fitase 6 (10g/t) disponibilizou em média 0,158%, 0,154%, 0,158%, 0,140%, 0,158% e 0,154% de fósforo do ácido fítico, respectivamente. Obtendo assim, uma disponibilidade média de 0,154% de fósforo do ácido fítico das fitases comerciais.

## 6. REFERÊNCIAS

- Abbasi, F.; Fakhur-um-Nisa, T.; Liu, J.; Luo, X. e Abassi, 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, n. 10, p. 9469–9479, 20 fev. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4000-0>
- Auguspurger, N.R.; Webel, D.M.; Lei, X.G. *et al.* 2003. Efficacy of an *E. coli* phytase expressed in yeast for releasing phytate- bound phosphorus in young chicks and pigs. *J. Anim. Sci.*, v.81, p.474-483.
- Bao, Y.; Romero, L. and Cowieson, A. 2013. Functional patterns of exogenous enzymes in different feed ingredients. *World's Poultry Science Journal* 74:759-774. doi: 10.1017/S0043933913000792.

Berner, Y. N., and M. Shike. 1988. Consequences of phosphate imbalance. *Annu. Rev. Nutr.* 8:121–148.

Bosh, J.; Sangalli, G.G.; Saravis, V.D.L. e Nunes, R.V. Fitase e seus efeitos extra fosfóricos em dietas para frangos de corte: revisão. Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v33i1.491>

Conte, A. J., Teixeira, A.S., Fialho, E.T., Schoulten, N.A., Bertechini, A.G. 2003. Effect of phytase and xylanase on the performance and bone characteristics of broiler chicks fed diets with rice bran. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000500015>.

Cowieson, A.; Ruckebusch, J. P.; Sorbara, J.; Wilson, J.; Guggenbuhl, P. and Roos, F. 2017. A systematic view on the effect of phytase on ileal amino acid digestibility in broilers. *Animal Feed Science and Technology* 225:182-194. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.01.008.

Detmann, E.; Silva, L. F. C.; Rocha, G. C.; Palma, M. N. N. e Rodrigues, J. P. P. 2021. *Métodos para Análise de Alimentos: INCT - Ciência Animal*. 1ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 350p.

Gallardo, C.; Dadalt, J. C. and Trindade Neto, M. A. 2020. Carbohydrases and phytase with rice bran, effects on amino acid digestibility and energy use in broiler chickens. *Animal* 14:482-490. doi:10.1017/S1751731119002131.

Garzillo, J.M.F. 1996. Parâmetros biológicos usados na avaliação da biodisponibilidade do fósforo para frangos de corte em fosfatos comerciais e em fosfatos de rocha. 120p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

Gomes, P. C.; Runho, R. C.; D`agostini, P., et al. 2004. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p.1734-1746.

Greiner, R.; Konietzny, U. 2010. Phytases: biochemistry, enzymology and characteristics relevant to animal feed use. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE G.G. Enzymes in animal nutrition. Wallingford: CABI, p.96-128.

Grimbergen, A.H.M.; Cornelissen, J. P.; Stappers, H.P. 1985. The relative availability of phosphorus in inorganic feed phosphates for young turkeys and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.13, p.117-130.

Humer, E.; Schwarz, C. and Schedle, K. 2014. Phytate in pig and poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99:605-625. doi: 10.1111/jpn.12258.

Jain, J.; Sapna. and Singh, B. 2016. Characteristics and biotechnological applications of bacterial phytases. *Process Biochemistry* 51:159-169. doi: 10.1016/j.procbio.2015.12.004.

Jlali, M.; Cozannet, P.; Alleno, C. and Preynat, A. 2020. Evaluation of a multicarbohydrase and phytase complex in reduced energy, amino acids, available phosphorus and calcium diets fed to broilers. *Livestock Science* 241:104227. doi: 10.1016/j.livsci.2020.104227.

Lelis, G. R.; Albino, L. F. T.; Silva, C. R., et al. 2010. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.1768-1773.

Lima, F. R., Mendonça, C. X. JR., Alvarez, J. C., Garzillo, J.M.F., Ghion, E. and Leal, P. M. 1997. Biological Evaluations of Commercial Dicalcium Phosphates as Sources of Available Phosphorus for Broiler Chicks. *Poultry Science* 76:1707–1713.

Murugesan, G.; Romero, L. and Persia, M. 2014. Effects of Protease, Phytase and a *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* 9: e101888. doi: 10.1371/journal.pone.0101888.

National Research Council - NRC. Nutrients requirements of poultry. 9.ed. Washington, D.C.: 1994. 155p.

Pereira, R.; Menten, J. F. M.; Romano, G. G.; Silva, C. L. S.; Zavarize, K. C. e Barbosa, N. A. A. “Eficiência de uma fitase bacteriana na determinação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte”. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, vol. 64, n.º 1 , fevereiro de 2012, p. 137-44. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000100020>.

Queiroz, L. S. B.; Beterchini, A. G.; Rodrigues, P. B.; Guerreiro, M. C. 2008. Utilização de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial. Pesq. agropec. Bras. Brasília, v.43, n.10, p.1421-1427.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; Teixeira, M. L.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T. and Brito, C. O. 2017. Tabelas Brasileira Para Aves e Suínos. 4º ed. Viçosa.

Sakomura, N. K. and Rostagno, H. S. 2016. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. 2º ed. Funep, Jaboticabal.

Serafini, N. C. 2018. Fitase e fontes minerais para frango de corte. <http://hdl.handle.net/10183/180093>

Smulikowska, S. et al. 2010. Effect of an organic acid blend and phytase added to a rapeseed cake-containing diet on performance, intestinal morphology, caecal microflora activity, and thyroid status of broiler chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, v.94, p.15-23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00876>.

Sousa, J.P.L. et al. 2015. The effect of dietary phytase on broiler performance and digestive, bone, and blood biochemistry characteristics. Revista Brasileira de Ciência Avícola, v.17, p.69-76. <https://doi.org/10.1590/1516-635x170169-76>.

Walk, C. L.; Bedford, M. R.; Olukosi, O. A. Effect of phytase on growth performance, phytate degradation and gene expression of myo- inositol transporters in the small intestine, liver and kidney of 21 day old broilers. *Poultry Science*, v. 97, n. 4, p. 1155–1162, abr. 2018.

Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pex392>