



LETÍCIA SANTOS AMARAL

**AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO DE DIFERENTES
FITASES COMERCIAIS EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE**

LAVRAS – MG

2023

LETÍCIA SANTOS AMARAL

**AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO DE DIFERENTES FITASES
COMERCIAIS EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso
de Zootecnia, para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

Orientador

MSc. Andressa Carla de Carvalho

Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

LETÍCIA SANTOS AMARAL

**AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO DE DIFERENTES FITASES
COMERCIAIS EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso
de Zootecnia, para a obtenção do título de
Bacharel.

APROVADA em 20 de julho de 2023.

Dr. Antônio Gilberto Bertechini	UFLA
MSc. Andressa Carla de Carvalho	UFLA
MSc. Rayanne Andrade Nunes	UFV

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador
MSc. Andressa Carla de Carvalho
Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

Aos meus pais, Maria Neide e José Ronaldo, por todo o incentivo,
apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me guiar, iluminar e me dar coragem para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais, Maria Neide e José Ronaldo, por terem me dado força e sustentabilidade durante toda a minha vida, e por terem me mostrado os caminhos certos a seguir.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini pela paciência, dedicação, incentivo e por todos os ensinamentos passados.

A minha coorientadora Dra. Andressa Carla de Carvalho, por todo conhecimento compartilhado, e por ter concebido tanta oportunidade de crescimento tanto pessoal quanto profissional.

A minha irmã, Tarsila, que desde sempre foi uma das minhas maiores inspirações, obrigada por todo o carinho.

A todos os meus familiares, por todo o apoio, amor e torcida.

Ao meu namorado, Antonio, por todo o companheirismo, por sempre me incentivar, me dando confiança e força para seguir em frente, obrigada por toda paciência.

Ao NECTA, por tantos conhecimentos adquiridos e por todas as amizades feitas.

A minha família de Lavras, Tamyres, Thaina, Raissa, Bruna, Marina e Gabi, por esses 6 anos de irmandade, vocês foram essenciais para que eu chegasse aqui.

Aos meus colegas de curso, principalmente Maria Paula e Joana Pedrini.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), por todas as oportunidades e por todos os momentos que me proporcionaram crescimento profissional e pessoal.

A todos os professores, funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA e do Centro de Pesquisa e Tecnologia Avícola (CPTA).

Muito Obrigada!

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá." (Ayrton Senna)

RESUMO

As dietas e frangos de corte no Brasil são principalmente compostas por alimentos de origem vegetal. No entanto, esses ingredientes vegetais podem conter substâncias antinutricionais, como o fitato. Para contornar esse problema, as enzimas fitases são utilizadas como estratégia para disponibilizar fósforo para ser absorvido pelos animais. Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de duas fitases comerciais em dietas para frangos de corte sobre o desempenho produtivo, o rendimento de carcaça e cortes e as características ósseas. Foram utilizados 2.000 pintos de corte machos da linhagem Cobb 500 com 1 dia de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em dez tratamentos com oito repetições de 25 aves em cada unidade experimental. Os tratamentos foram: T1 (Controle Positivo, com atendimentos de Ca e Pd), T2 (Controle Negativo, -0,18% Pd e Ca), T3, T4, T5 e T6, todos controles negativos com suplementação de fitase A em 500, 750, 1000 e 3000 FTU, respectivamente. Os tratamentos T7, T8, T9 e T10, todos controles negativos suplementados com fitase B nas doses 500, 750, 1000 e 3000 FTU, respectivamente. Foram avaliados o desempenho animal, rendimento de carcaça e características ósseas. Os resultados foram submetidos à ANOVA e ao teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos experimentais. Observou-se no período de 1 a 7 dias que houve efeito ($P < 0,05$) sobre o ganho de peso (GP), independente da dose, ambas as fitases foram eficientes, e para conversão alimentar (CA), onde a fitase B na dose 3000 FTU apresentou melhor índice que o controle negativo (CN) e fitase A 750 FTU. Para as fases 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade o CR, GP e CA tiveram diferenças significativas ($P < 0,05$) com a redução de 0,18% de Pd e Ca e pela suplementação com diferentes fitases. Houve efeito ($P < 0,05$) para rendimento de carcaça, rendimento de peito ($P = 0,0559$) e rendimento de coxa+sobrecoxa ($P = 0,0706$) em dietas com redução de Ca e Pd e suplementação de fitases A e B. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) no rendimento de dorso, asas e gordura abdominal em nenhum dos tratamentos. Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) para o ganho médio diário dos frangos de corte na fase total de criação, sendo que a suplementação de 1000 FTU da fitase A e 3000 da fitase B possibilitaram maior GMD em relação aos demais tratamentos. Acerca da viabilidade criatória, houve efeito ($P < 0,05$) da suplementação de fitases e da redução de Ca e Pd, sendo que a menor VC foi observada no tratamento CN. Observou-se efeito ($P < 0,05$) para teores de cálcio, fósforo e cinzas nas tíbias. Não houve diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para IS. Verificou-se que para teor de Ca e P nas tíbias, de 21 e 42 dias de idade, de maneira geral a fitase A proporcional melhor formação óssea do frango. Neste sentido, conclui-se as duas fitases estudadas proporcionaram tanto um bom desempenho nos frangos, quanto boas características ósseas quando comparado as dietas controles.

Palavras-chave: Enzimas. Aves. Resistência óssea. Desempenho. Fitases

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Enzimas Exógenas	10
2.2	Fitases	11
2.3	Efeito do uso de fitase para frangos de corte	13
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1	Local, aves, instalação e equipamentos	15
3.2	Delineamento experimental, tratamentos e metodologia aplicada	15
3.3	Avaliação estatística	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1	Desempenho	18
4.2	Estimativa dos níveis de suplementação das Fitases A e B em dietas com redução de 0,18% de Ca total e 0,18% de Pd.....	25
4.2.1	Fitase A.....	25
4.2.2	Fitase B.....	28
4.3	Teores de cinzas, cálcio e fósforo nas tíbias	31
4.4	Resistência óssea e índice de Seedor	33
4.5	Biodisponibilidade relativa.....	35
5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

As dietas de frangos de corte brasileiras são baseadas principalmente em alimentos de origem vegetal, como o milho e soja, que são ingredientes de grande importância na alimentação dessas aves. No entanto, é importante ressaltar que esses ingredientes possuem alguns fatores antinutricionais que podem comprometer a digestibilidade dos nutrientes. Segundo Bertechini (2021), são muitos os fatores tidos como antinutricionais, os mais comuns são aqueles que interferem no processo digestivo, podendo ser citados os Polissacarídeos Não Amiláceos (PNAs), que aumentam a viscosidade intestinal, dificultando a ação das enzimas endógenas e absorção e, os fitatos, que indisponibilizam minerais, principalmente os metais bivalentes.

Com isso, de acordo com Lima (2007), as enzimas são acrescentadas à ração animal com a finalidade de aumentar a sua digestibilidade, remover fatores antinutricionais, melhorar a disponibilidade dos nutrientes, bem como por razões ambientais. Pois, conforme Fukayama et al. (2008) o fósforo fítico, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes e causa sérios problemas ao meio ambiente, como eutrofização e nitrificação, que provocam diminuição da quantidade de oxigênio nas águas dos rios e lagos, além da contaminação do solo.

Nesse contexto, o setor avícola busca constantemente estratégias com a finalidade de melhoria da eficiência produtiva, redução de custos e otimização da qualidade do produto final. Dentre as estratégias adotadas, destaca-se a suplementação enzimática nas dietas, visando aprimorar a digestibilidade e absorção de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das aves.

Entre os nutrientes essenciais para o crescimento saudável das aves, o fósforo é um componente vital das estruturas ósseas e desempenha um papel crucial nos processos metabólicos. No entanto, a disponibilidade deste mineral nas matérias-primas utilizadas na formulação de dietas para frango de corte é frequentemente limitada. Para contornar essa limitação, a suplementação de fitases tem se mostrado uma alternativa eficaz, uma vez que essas enzimas possuem a capacidade de liberar o fósforo fítico presente em ingredientes de origem vegetal. Segundo Roland et al. (2006) a fitase tem função de catalisar o fitato disponibilizando fósforo e outros elementos que também estavam indisponíveis como cálcio, magnésio, zinco, ferro e moléculas orgânicas, como aminoácidos.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação de duas fitases comerciais em dietas para frangos de corte sobre o desempenho produtivo, o rendimento de carcaça e cortes e as características ósseas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Enzimas Exógenas

De acordo com Sheppy (2001), conforme citado por Caires et al. (2008, p. 491), a utilização de enzimas na nutrição animal é motivada por quatro razões principais:

- 1- Remoção de fatores antinutricionais: Componentes da parede celular dos grãos, como b-glucanos e arabinose, possuem um efeito antinutricional em aves. Quando esses componentes estão na forma solúvel, eles aumentam a viscosidade da ingestão alimentar, interferindo na motilidade e absorção de outros nutrientes, resultando em fezes úmidas e pegajosas e baixos rendimentos. A adição de enzimas específicas, como as b-glucanases, nas dietas melhora a qualidade nutricional dos grãos de cereais, como cevada, centeio, aveia e trigo.
- 2- Aumento da disponibilidade de nutrientes: A má digestibilidade das matérias-primas resulta, em princípio, da quantidade insuficiente de enzimas endógenas para extrair os nutrientes dos alimentos. A suplementação de enzimas nas dietas pode melhorar a ação das enzimas endógenas nos ingredientes tradicionais, aumentando seu valor nutritivo e o desempenho das aves.
- 3- Aumento na digestibilidade de polissacarídeos não amiláceos (fibras): Os monogástricos não possuem capacidade endógena para digerir fibras. Enzimas exógenas podem ser utilizadas para hidrolisar os polissacarídeos não amiláceos, potencialmente tornando-os disponíveis para as aves.
- 4- Suplementação na produção de enzimas endógenas: Aves e suínos jovens possuem uma menor produção de enzimas endógenas em comparação a adultos. Isso resulta em menor digestibilidade dos alimentos para animais jovens, podendo ser melhorada por meio da adição de enzimas exógenas.

Além disso, segundo Teixeira (2007), as enzimas têm sido reconhecidas como alternativas naturais para reduzir a dependência de antibióticos na alimentação animal. Esses compostos naturais não apenas promovem melhorias nas condições do epitélio intestinal, mas

também desempenham um papel de moduladores na dieta. Além disso, o uso desses componentes está alinhado com a crescente preocupação global sobre a diminuição do uso de produtos químicos na produção de alimentos para animais.

As enzimas são catalisadores biológicos proteicos que aumentam a velocidade das reações químicas sem serem consumida, elas interagem com os substratos formando um complexo enzima-substrato. Essa interação causa uma mudança conformacional na enzima, permitindo a catálise. O complexo enzima-substrato é convertido em complexo enzima-produto, que se dissocia posteriormente. As enzimas são altamente eficientes, catalisando reações de forma muito mais rápida do que as não catalisadas. Além disso, elas são altamente específicas, interagindo com poucos substratos e catalisando apenas um tipo de reação química. (BROWN, 2018; FERRIER, 2019).

Os aditivos enzimáticos não têm uma função nutricional direta, mas desempenham um papel fundamental ao facilitar a digestão e otimizar a absorção dos nutrientes presentes na dieta. De acordo com Penz Júnior (1998), as enzimas possuem uma especificidade de ação para reações e substratos particulares, possuindo um sítio ativo que possibilita sua atuação em ligações químicas específicas, desde que as condições ideais de temperatura, umidade e pH estejam presentes.

2.2 Fitases

A enzima fitase, também chamada de mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase, tem sido estudada desde 1968, quando Nelson e seus colaboradores testaram um resíduo de fermentação de *Aspergillus ficcum* em aves. Devido ao maior fornecimento de fósforo (P) recebido, as aves tratadas experimentaram um aumento na quantidade de cinzas ósseas. A partir dessa data, ocorreram avanços da biotecnológica para a produção dessa enzima e, atualmente, se conhecem os efeitos na liberação de P fítico para diversas espécies (BERTECHINI, 2021).

Segundo Casey e Walsh (2004), as fitases formam um grupo de enzimas responsáveis por catalisar a hidrólise dos fitatos, resultando geralmente em inositol, inositol monofosfato e fosfato inorgânico. Essa hidrólise aumenta a disponibilidade de fósforo para ser absorvido.

O fitato, presente em grãos de cereais e oleaginosas utilizados em dietas, é um dos principais fatores antinutricionais que se complexam com o fósforo, tornando-o indisponível para os animais. Além disso, ele tem um potencial poder quelante com proteínas, energia metabolizável e outros minerais contidos nos alimentos. No entanto, esse fósforo fítico só pode

se tornar disponível para o animal na presença da enzima fitase, porém a produção de fitase endógena pelas aves é quase nula e, por isso, a fitase exógena administrada via ração tem sido utilizada como fonte de suplementação de fósforo (DALLMANN et al., 2023).

As fitases produzidas industrialmente por meio de processos biotecnológicos são derivadas de microrganismos que são altamente valorizados na indústria biotecnológica. Especificamente, bactérias, fungos e leveduras têm se destacado nesse campo devido à sua capacidade de fornecer fitases com maior estabilidade térmica e uma faixa de pH mais ampla. Essas características são desejáveis para garantir a funcionalidade e a eficácia delas em diferentes condições de processamento e uso (MONTEIRO et al., 2012).

Foram desenvolvidas diversas fitases para uso na indústria avícola, sendo as mais comumente utilizadas aquelas derivadas de fungos, como *Aspergillus niger* e *Peniophora lycii*, e as de origem bacteriana, como *Escherichia coli*. Essas fitases são classificadas em duas categorias principais: 3-fitase e 6-fitase, que se referem ao local onde ocorre a hidrólise do ácido fítico. Cada tipo de fitase apresenta recomendações específicas para melhorar a digestibilidade de nutrientes importantes, como fósforo, cálcio, aminoácidos e energia. Portanto, a escolha adequada da fitase depende das necessidades nutricionais das aves e das condições específicas de produção avícola (SELLE, 2007; COWIESON, 2008).

Para Campestrini (2005) a fitase é uma enzima que atua como fosfatase, promovendo a hidrólise de um ou mais grupos fosfato do fitato. É conhecido que a maior parte do fósforo presente nos ingredientes de origem vegetal, que constituem os principais componentes das dietas de suínos e aves, encontra-se na forma de fitato. Devido a essa forma, apenas cerca de 30% do fósforo dos vegetais é considerado disponível para animais não-ruminantes. A indisponibilidade ocorre devido à quantidade de fósforo que está ligada à molécula de ácido fítico. Além de não tornar o fósforo disponível, o fitato forma complexos com cátions bivalentes como cálcio, ferro, magnésio, sódio, cobre, entre outros, e interfere na absorção de aminoácidos. Além disso, o fitato também pode inibir a atividade das enzimas tripsina e pepsina.

Engelen et al. (1994) citados por Bertechini (2021) diz que a unidade de fitase (FTU) é a quantidade de enzima necessária para liberar 1 micromol de ortofosfato inorgânico por minuto, a partir de 5,1 micromol de fitato de sódio em pH 5,5 e uma temperatura de 37°C. Por fim, a inclusão de fitase exógena na alimentação de frangos de corte tem se mostrado uma opção viável devido ao alto custo associado à utilização de fontes inorgânicas de minerais. A adição de fitase permite a substituição parcial ou completa de certos ingredientes presentes nas dietas, como o fosfato bicálcico, resultando em uma redução nos custos de formulação. Além disso,

essa abordagem melhora a absorção de nutrientes, o desempenho das aves e também contribui para uma significativa redução na excreção de poluentes no meio ambiente.

2.3 Efeito do uso de fitase para frangos de corte

Atualmente, a redução de custos de produção, especialmente no que se refere à alimentação, tem sido objeto de intensas pesquisas conduzidas por empresas, nutricionistas e pesquisadores técnicos. Esses estudos exploram estratégias como a substituição total ou parcial de insumos, bem como a inclusão de substâncias que melhoram a eficiência na utilização dos nutrientes presentes na ração. O objetivo principal é alcançar a redução de custos de maneira sustentável, sem comprometer a qualidade nutricional e o desempenho dos animais.

Para Schoulten et al. (2003), alimentação é um dos fatores que contribuem significativamente para os custos de produção de frangos de corte criados em sistemas intensivos. Esses custos podem representar até 70% do total, sendo as fontes de proteína e energia os componentes mais dispendiosos. Em seguida, a suplementação mineral de fósforo também tem um impacto considerável, representando aproximadamente de 2% a 3% do valor total.

Os principais minerais utilizados no desenvolvimento das aves são o cálcio e o fósforo. Esses minerais desempenham um papel crucial no metabolismo das aves, especialmente na formação dos ossos. Aproximadamente 98 a 99% do cálcio total do organismo e 80 a 85% do fósforo estão concentrados nos ossos. Isso significa que os ossos funcionam como grandes reservatórios para atender às necessidades desses elementos químicos no organismo das aves. Os ossos estão constantemente passando por remodelação e renovação para suprir a demanda circulante desses minerais. (VARGAS JUNIOR et al., 2003).

O fósforo possui diversas funções no organismo animal, segundo Suttle (2010) ele é o segundo mineral mais abundante no corpo dos animais, sendo cerca de 80% encontrado nos ossos e dentes, sua função mais importante é a formação e manutenção óssea, semelhante ao cálcio, sua falta pode levar a alterações na estrutura e composição óssea. Além disso, o fósforo é necessário para a formação da matriz óssea orgânica e sua mineralização. Os outros 20% estão distribuídos nos fluidos e tecidos moles do corpo, desempenhando diversas funções essenciais. Ele é componente dos DNA e RNA, essencial para o crescimento e diferenciação celular. Como fosfolípido, contribui para a fluidez e integridade das membranas celulares e para a mielinização dos nervos. Além disso, o fósforo como fosfato ajuda a manter o equilíbrio ácido-

base, também desempenha um papel vital em várias funções metabólicas, incluindo a utilização e transferência de energia através de AMP, ADP e ATP, com implicações na gliconeogênese, transporte de ácidos graxos, além da atividade da bomba de íons de sódio e potássio.

De acordo com Augspurger et al. (2003) citados por Freitas (2021), a maioria das fitases disponíveis no mercado é capaz de atuar eficientemente na parte superior do trato gastrointestinal das aves, mais especificamente no proventrículo e moela, onde o ambiente é ácido. Isso permite que a molécula de ácido fítico permaneça solúvel. No entanto, quando a digesta avança para o intestino delgado, onde o pH é de cerca de 6-7, o ácido fítico se liga a minerais como cálcio e zinco, formando precipitados insolúveis. Essa ligação inibe a interação do complexo fitase:fitato, impedindo a desfosforilação. Portanto, para uma atividade ótima da fitase, é necessário que ela atue em um ambiente ácido do trato gastrointestinal e seja resistente à proteólise.

Muitas pesquisas têm mostrado os benefícios da suplementação da fitase no desempenho das aves (COSTA et al., 2007; FUKAYAMA et al., 2008; ADEJUMO et al., 2021; HOFMANN et al., 2022). Avaliando os efeitos da fitase em frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial Costa et al. (2007) constataram que as aves que consumiram ração com a adição da enzima tiveram resultados para desempenho melhor que aquelas que não consumiram a dieta suplementada com fitase.

Em sua pesquisa Fukayama et al. (2008) verificaram que a suplementação de fitase nos níveis 750 e 1000 U/kg de ração melhora digestibilidade do fósforo e a energia digestível, constatou também que a adição de 750 U/kg de ração proporcionou os melhores resultados de mineralização e resistência óssea das tíbias das aves. Assim como nos estudos de Adejumo et al. (2021), as aves que consumiram da dieta suplementada com fitase tiveram uma melhor resistência óssea e também maior porcentagem de cinzas nos ossos.

Naves et al. (2014) avaliando níveis crescentes de fitase em dietas formuladas com teor de fósforo disponível reduzido verificou que ao utilizar 2.250 U/kg de dieta formulada para frangos de corte no período de 15 a 28 dias de idade, é possível reduzir o teor de fósforo disponível de 0,426% para 0,213% sem prejudicar o desempenho, o teor de cinzas da tíbia e o coeficiente de retenção de cálcio, além de reduzir a excreção total de fósforo em 56,75% e melhorar sua utilização pelas aves em 38,58%.

Por fim, a inclusão de fitase exógena na alimentação de frangos de corte tem se mostrado uma opção viável devido ao alto custo associado à utilização de fontes inorgânicas de minerais. A adição de fitase permite a substituição parcial ou completa de certos ingredientes presentes

nas dietas, como o fosfato bicálcico, resultando em uma redução nos custos de formulação. Além disso, essa abordagem melhora a absorção de nutrientes, o desempenho das aves e também contribui para uma significativa redução na excreção de poluentes no meio ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, aves, instalação e equipamentos

O experimento foi conduzido nas dependências do Centro de Pesquisa em Tecnologia Avícola (CPTA/UFLA), localizado na BR 265, Km 344 no município de Lavras, Minas Gerais. Para o ensaio foram utilizados 2.000 pintos de corte machos da linhagem Cobb 500 com 1 dia de idade até os 42 dias de idade, no sistema de cama, com maravalha nova com 8 cm de espessura. O aquecimento dos pintinhos foi realizado por aquecedores a gás com controle automático de temperatura. O galpão onde as aves foram criadas dispunha de cortinas laterais internas e externas, forro no teto, ventiladores, nebulizadores e termômetros para a manutenção e registro da temperatura e umidade relativa do ambiente de acordo com a idade, indicada no manual da linhagem (Cobb-500, 2016). A ração foi fornecida na forma farelada em comedouros tubulares, sendo *ad libitum* ração e água (bebedouros tipo *nipple*) durante todo o período experimental.

3.2 Delineamento experimental, tratamentos e metodologia aplicada

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em dez tratamentos com oito repetições de 25 aves em cada unidade experimental. A descrição dos tratamentos experimentais encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos experimentais

Trat.	Descrição	Fitase	Dose (FTU)	Rep.
1	Controle Positivo (Atendimento de Ca e Pd)	0	-	8
2	Controle Negativo (- 0,18% Pd e 0,18% Ca)	0	-	8
3	Controle Negativo (- 0,18% Pd e 0,18% Ca)	A	500 (25 g/ton)	8
4	Controle Negativo (- 0,18% Pd e 0,18% Ca)	A	750 (37,5 g/ton)	8
5	Controle Negativo (- 0,18% Pd e 0,18% Ca)	A	1.000 (50 g/ton)	8
6	Controle Negativo (- 0,18% Pd e 0,18% Ca)	A	3.000 (150 g/ton)	8
7	Controle Negativo (-0,18% Pd e 0,18% de Ca)	B	500 (50 g/ton)	8
8	Controle Negativo (-0,18% Pd e 0,18% de Ca)	B	750 (75 g/ton)	8
9	Controle Negativo (-0,18% Pd e 0,18% de Ca)	B	1.000 (100 g/ton)	8
10	Controle Negativo (-0,18% Pd e 0,18% de Ca)	B	3.000 (300 g/ton)	8
Total de parcelas				80

Fitase B – 10.000 u/g (Analisada): 6-Fitase bacteriana

Fitase A – 20.000 u/g (Analisada): 6-Fitase bacteriana

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com os níveis nutricionais recomendados por Bertechini (2013), sendo adotados ajustes para dietas comerciais comumente utilizadas na produção avícola industrial. O tratamento controle positivo teve todos os requerimentos atendidos para cada fase. As dietas controle negativo com e sem a suplementação com as duas fitases comerciais (A e B) tiveram os níveis de fósforo disponível (Pd) e de cálcio total (Ca) reduzidos em -0,18% e -0,18%, respectivamente em relação ao controle positivo. Foram formuladas dietas para cada fase de criação sendo: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias), a base de milho e de farelo de soja. Na Tabela 2 está especificado a composição centesimal e nutricional basal das rações para as aves, nas diversas fases de criação.

Tabela 2. Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para frangos de corte nas diversas fases de criação.

Ingredientes	1-7 dias	8 – 21 dias	22-35 dias	36-42 dias
Milho	562,296	594,240	640,000	655,430
Farelo de soja	369,000	339,000	294,000	275,000
Óleo de soja	25,300	27,000	29,900	34,700
Sal comum	4,230	4,240	4,300	4,310
F. Bic 19%	19,270	17,365	15,039	14,127
Calcário	9,100	8,436	6,078	6,453
Pr. Mineral	1,000	1,000	1,000	1,000
Pr. Vitamínico	1,000	1,000	1,000	1,000
DL-Met 99%	3,500	3,120	2,850	2,700
L-Lisina 79%	2,030	1,670	1,919	1,740
L-Treo 98,5%	0,710	0,090	0,000	0,000
Cl Colina 60%	0,250	0,250	0,250	0,250
Salinomicina	0,550	0,550	0,550	0,550
Bac. De Zinco	0,250	0,250	0,250	0,250
Antioxidante	0,100	0,100	0,100	0,100
Inerte	1,414	1,689	2,764	2,390
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Composição Calculada (%)				
EM (kcal/kg)	2950,000	3002,000	3080,000	3130,000
PB (%)	21,172	20,061	18,380	17,642
FB (%)	2,765	2,676	2,536	2,470
EE (%)	5,384	5,616	5,983	6,480
P disp (%)	0,470	0,430	0,380	0,360
Ca (%)	0,940	0,860	0,700	0,680
Met+Cis d (%)	0,910	0,850	0,800	0,760
Lis dig (%)	1,220	1,120	1,020	0,970
Treo dig (%)	0,830	0,730	0,661	0,630
Na (%)	0,180	0,180	0,180	0,180

¹Suplementação por quilograma de ração: vitamina A, 12.000 UI; vitamina D3, 2.500 UI; vitamina E, 30 UI; vitamina B1, 2 mg; vitamina B6, 3 mg; pantotenato de cálcio, 10 mg; biotina, 0,07 mg; vitamina K₃, 3 mg; ácido fólico, 1 mg; ácido nicotínico, 35 mg; vitamina B₁₂, 15 µg; selênio, 0,300 mg. ²Suplementação por kg de ração: manganês, 80 mg; ferro, 50 mg; zinco, 50 mg; cobre, 10 mg; cobalto, 1 mg; iodo, 1 mg.

As aves e as sobras das rações fornecidas foram pesadas aos 7, 21, 35 e 42 dias de idade para a investigação do peso médio corporal, do ganho de peso médio, do consumo de ração médio, da conversão alimentar, da taxa de mortalidade, da viabilidade criatória e do índice de eficiência produtiva.

Aos 21 e 42 dias de idade, uma ave por unidade experimental foi eutanasiada por deslocamento cervical para retirada das tíbias esquerda e direita para avaliação da resistência óssea, do índice de Seedor e do teor de cinzas na tíbia dos frangos de corte e percentual de Ca e P.

Duas aves por unidade experimental foram eutanasiadas, aos 42 dias de idade, por deslocamento cervical e em seguida foram sangradas, depenadas e evisceradas para avaliação do rendimento de carcaça, de peito, de coxa + sobrecoxa, de dorso, de asas e de gordura abdominal.

3.3 Avaliação estatística

Ao final de cada fase e na fase total de criação dos frangos de corte, os dados foram analisados mediante análise de variância (ANOVA), utilizando o pacote computacional SISVAR (2016) sendo utilizado o teste de SNK (Student-Newman-Keuls) ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos experimentais. Para cada fitase em estudo (A e B) foram realizadas análises de regressão linear posteriores à ANOVA para as medidas de desempenho com o objetivo de estabelecer as doses ótimas de suplementação de cada enzima. Posteriormente, com base nos dados de Ca e P nas tíbias foi determinada a biodisponibilidade relativa das fitases em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho

Os dados de desempenho dos frangos de corte na fase pré-inicial, no período de 1 a 7 dias de idade, estão apresentados na Tabela 3. O consumo de ração (CR) não foi afetado ($P > 0,05$) pela suplementação com as diferentes fitases e a redução de 0,18% de Pd e Ca na dieta, esse resultado também foi encontrado por Costa et al (2007), mas contrários a Conte et al. (2001), onde foi visto que a partir do momento em que foi adicionada a fitase, houve um aumento no consumo de ração.

Houve efeito ($P < 0,05$) sobre o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) dos frangos de corte. O tratamento controle negativo, com redução de Pd e Ca, proporcionou o pior GP. Com relação à suplementação de diferentes fitases na dieta, foi possível observar que,

independentemente da dose, ambas as fitases (A e B) foram eficientes em proporcionar GP dos frangos de corte semelhante ao tratamento controle positivo.

O maior GP dos animais pode estar relacionado com a diminuição da viscosidade intestinal das aves, tendo uma melhoria na digestão e absorção dos nutrientes no TGI desses indivíduos. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Costa et al. (2007), concluíram que as aves que consumiram as rações suplementadas com as enzimas fitases de diferentes empresas, tiveram um ganho de peso maior que aquelas alimentadas com o tratamento sem a adição de fitase na ração. Os autores também indicam que o aumento no GP dos animais pode ter sido resultado da redução da viscosidade intestinal das aves, o que resultou em uma melhoria na digestão.

Com relação a CA foi observado que o tratamento com suplementação da Fitase B na dose de 3000 FTU apresentou melhor índice de conversão em relação aos tratamentos controle negativo e com suplementação da Fitase A em 750 FTU. Já os demais tratamentos não foram observados diferenças para a CA.

Tabela 3. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com diferentes fitases.

Tratamentos	1 – 7 dias de idade		
	CR (kg/ave)	GP (kg/ave)	CA (kg/kg)
T1 Controle positivo	0,136	0,125 a	1,098 ab
T2 Controle negativo CN (- 0,18% Ca e Pd)	0,136	0,117 b	1,156 a
T3 CN + Fitase A (500 FTU)	0,132	0,125 a	1,060 ab
T4 CN + Fitase A (750 FTU)	0,143	0,126 a	1,146 a
T5 CN + Fitase A (1000 FTU)	0,137	0,129 a	1,059 ab
T6 CN + Fitase A (3000 FTU)	0,135	0,129 a	1,054 ab
T7 CN + Fitase B (500 FTU)	0,137	0,128 a	1,072 ab
T8 CN + Fitase B (750 FTU)	0,144	0,132 a	1,094 ab
T9 CN + Fitase B (1000 FTU)	0,142	0,132 a	1,073 ab
T10 CN + Fitase B (3000 FTU)	0,136	0,133 a	1,025 b
P – valor	0,1069	<0,0001	0,0094
Coeficiente de variação (%)	5,34	4,61	6,54

^{a-b} letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK a 5%.

De acordo com a tabela 4, foi observado diferenças significativas ($P < 0,05$) da redução de Ca e Pd na dieta e da suplementação com as diferentes fitases (A e B) sobre o CR, o GP e a CA dos frangos de corte na fase inicial, de 1 a 21 dias de idade.

Houve um maior CR para o tratamento com suplementação de Fitase B em 3000 FTU, seguido dos tratamentos com suplementação da Fitase B em 1000 FTU, Fitase B 750 FTU, Fitase B 500 FTU e controle positivo, controle negativo e com Fitase A 500 FTU. Os

tratamentos com suplementação de Fitase A nas doses de 750 e 1000 FTU não diferiram com relação ao tratamento com Fitase B 3000 FTU para a medida de CR.

Os tratamentos com suplementação de Fitase B 3000 FTU e Fitase A em 1000 e 3000 FTU proporcionaram maior GP em relação aos tratamentos Fitase B em 500 e 750 FTU, Fitase A 500 e controle positivo e controle negativo. O menor GP na dieta CN pode ser explicado pelas deficiências nutricionais e também pela redução no consumo de ração.

Com relação ao tratamento controle negativo, foi observado que proporcionou a pior CA. A suplementação com Fitase A 500 e Fitase A 3000 melhorou a CA em comparação ao tratamento controle positivo e negativo. No caso do tratamento com a Fitase A em 500 FTU, a melhoria de CA foi devido ao menor CR. Para os demais tratamentos avaliados foi observado CA semelhante.

Avaliando a influência da superdosagem de uma fitase microbiana na dieta sobre o desempenho de frangos em crescimento, Adeola et al. (2013) observaram que os animais alimentados com redução dos níveis de cálcio e fósforo e com a inclusão de 1000 ou 1500 FTU da enzima apresentaram maiores CR e GP, sendo mais eficientes que as aves dos demais tratamentos.

O mesmo foi observado por Watson et al (2006), ao reduzir fósforo disponível e cálcio das dietas, viram que a adição da enzima fitase aumentou o consumo de ração e também o ganho de peso, porém não afetando a conversão alimentar, que é o que difere deste presente estudo. Contrastando com esses resultados, Angel et al (2006) trabalhando com dietas com baixo fósforo disponível, não obtiveram diferença no desempenho na fase inicial com a inclusão de fitase nas dietas.

Tabela 4. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com diferentes fitases.

Tratamentos	1 – 21 dias de idade		
	CR (kg/ave)	GP (kg/ave)	CA (kg/kg)
T1 Controle positivo	1,230 d	0,895 d	1,373 b
T2 CN (- 0,18% Ca e Pd)	1,205 e	0,750 e	1,606 a
T3 CN + Fitase A (500 FTU)	1,070 f	0,843 d	1,269 c
T4 CN + Fitase A (750 FTU)	1,330 ab	1,004 b	1,324 bc
T5 CN + Fitase A (1000 FTU)	1,342 ab	1,023 ab	1,312 bc
T6 CN + Fitase A (3000 FTU)	1,309 bc	1,030 ab	1,270 c
T7 CN + Fitase B (500 FTU)	1,251 d	0,949 c	1,317 bc
T8 CN + Fitase B (750 FTU)	1,298 c	0,979 c	1,326 bc
T9 CN + Fitase B (1000 FTU)	1,319 bc	1,008 b	1,308 bc
T10 CN + Fitase B (3000 FTU)	1,383 a	1,054 a	1,312 bc
P – valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Coefficiente de variação (%)	4,24	2,99	3,61

^{a-b-c-d-e-f} letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK a 5%. CN = Controle negativo.

Os dados de desempenho dos frangos de corte na fase inicial e de crescimento, de 1 a 35 dias de idade, estão apresentados na Tabela 5. Houve efeito ($P < 0,05$) da redução de Ca e Pd na dieta e da suplementação com as diferentes fitases (A e B) sobre o CR, o GP e a CA dos frangos de corte.

Foi observado que o tratamento controle negativo apresentou o menor CR, seguido do tratamento com Fitase A 500 FTU. Já o maior CR dos frangos de corte foi observado para o tratamento com suplementação de Fitase A em 1000 FTU. Os demais tratamentos avaliados possibilitaram CR semelhante.

Sobre o GP, o tratamento com Fitase B em 3000 FTU possibilitou maior ganho em relação aos tratamentos controle negativo, controle positivo, Fitase A (500 e 750 FTU) e Fitase B (500 e 750 FTU). Os tratamentos com suplementação de Fitase A (1000 e 3000 FTU) e Fitase B (1000 e 3000 FTU) apresentaram GP semelhante.

O tratamento controle negativo apresentou a pior CA. Já os melhores índices de conversão foram observados para os tratamentos com Fitase A 3000 e Fitase B em 1000 e 3000 FTU. Os tratamentos controle positivo, Fitase A (500, 750 e 1000 FTU) e Fitase B (500 e 750 FTU) apresentaram CA semelhante.

Os resultados estão semelhantes ao de Santos (2016) que avaliou a eficiência de três fitases de origem bacteriana no desempenho e qualidade óssea de frangos de corte alimentados com dietas de níveis reduzidos de fósforo disponível, foi observado que aos 35 dias de idade a redução de Pd sem a inclusão de fitase prejudicou o desempenho dos animais.

Tabela 5. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com diferentes fitases.

Tratamentos	1 – 35 dias de idade		
	CR (kg/ave)	GP (kg/ave)	CA (kg/kg)
T1 Controle positivo	3,509 b	2,300 c	1,526 bc
T2 CN (- 0,18% Ca e Pd)	3,090 d	1,747 e	1,770 a
T3 CN + Fitase A (500 FTU)	3,290 c	2,174 d	1,512 bc
T4 CN + Fitase A (750 FTU)	3,616 b	2,428 b	1,489 c
T5 CN + Fitase A (1000 FTU)	3,755 a	2,472 ab	1,520 bc
T6 CN + Fitase A (3000 FTU)	3,545 b	2,465 ab	1,439 d
T7 CN + Fitase B (500 FTU)	3,551 b	2,279 c	1,558 b
T8 CN + Fitase B (750 FTU)	3,635 b	2,385 b	1,524 bc
T9 CN + Fitase B (1000 FTU)	3,510 b	2,458 ab	1,429 d
T10 CN + Fitase B (3000 FTU)	3,578 b	2,532 a	1,414 d
P – valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Coeficiente de variação (%)	2,82	2,80	2,77

^{a-b-c-d} letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK a 5%. CN = Controle negativo.

Os dados de desempenho dos frangos de corte na fase total de criação, de 1 a 42 dias de idade, estão apresentados na Tabela 6. O CR, o GP e CA dos frangos de corte foi afetado ($P < 0,05$) pela redução de Ca e Pd na dieta e da suplementação com diferentes fitases (A e B).

Foi observado que o tratamento controle negativo apresentou o menor CR, seguido dos tratamentos controle positivo e com suplementação de Fitase A 500 FTU. A suplementação de Fitase A em 1000 FTU possibilitou maior CR em relação ao tratamento Fitase A 3000 FTU. Os demais tratamentos avaliados possibilitaram CR semelhante.

Segundo Munaro et al (1996b), a deficiência em fósforo leva a uma redução no consumo de ração, mas quando a fitase é adicionada em níveis apropriados, ocorre a ruptura máxima do complexo P- ácido fítico, permitindo a liberação desse mineral para absorção e superando o efeito depressor da sua deficiência sobre o consumo de ração.

O menor GP foi observado no tratamento controle negativo. Já o maior GP dos frangos de corte foi observado para os tratamentos com suplementação com Fitase A (1000 e 3000 FTU) e Fitase B (1000 e 3000 FTU). A suplementação com Fitase A e B em 750 FTU possibilitaram GP semelhante. A suplementação com Fitase B 500 FTU possibilitou GP semelhante ao tratamento controle positivo.

Foi observado que o tratamento controle negativo apresentou a pior CA, seguido dos tratamentos com Fitase A e B ambas em 500 FTU. A suplementação com Fitase A e B em 3000 FTU promoveu melhor CA em relação aos tratamentos Fitase A (500, 750 e 1000 FTU) e Fitase B (500 e 750 FTU). O tratamento controle positivo apresentou CA semelhante aos tratamentos com Fitase A (750, 1000 e 3000 FTU) e Fitase B (750, 1000 e 3000 FTU). Percentualmente a suplementação com fitase A 3000 e fitase B 3000 possibilitaram melhoria

de 3,295 e 3,675%, respectivamente, apesar de serem estatisticamente iguais.

A melhoria do desempenho dos animais ao consumir dietas com fitase pode ser atribuída, em parte, às alterações nas microvilosidades intestinais. Essas microvilosidades são responsáveis pela absorção de nutrientes no enterócito, que é a principal porta de entrada dos nutrientes. A presença de fitase nas dietas ajuda a disponibilizar os nutrientes de forma mais eficiente para os animais, reduzindo assim o substrato no lúmen intestinal que poderia ser utilizado por bactérias patogênicas. Isso resulta em uma melhora na saúde intestinal das aves, permitindo que elas aproveitem os nutrientes de maneira mais eficaz. (LIMA, 2018).

Tabela 6. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com diferentes fitases.

Tratamentos	1 – 42 dias de idade		
	CR (kg/ave)	GP (kg/ave)	CA (kg/kg)
T1 Controle positivo	4,936 c	3,127 c	1,578 cd
T2 CN (- 0,18% Ca e Pd)	4,526 d	2,405 e	1,882 a
T3 CN + Fitase A (500 FTU)	4,946 c	2,989 d	1,655 b
T4 CN + Fitase A (750 FTU)	5,251 ab	3,288 b	1,597 c
T5 CN + Fitase A (1000 FTU)	5,393 a	3,364 a	1,603 c
T6 CN + Fitase A (3000 FTU)	5,176 b	3,391 a	1,526 d
T7 CN + Fitase B (500 FTU)	5,238 ab	3,150 c	1,662 b
T8 CN + Fitase B (750 FTU)	5,296 ab	3,256 b	1,626 bc
T9 CN + Fitase B (1000 FTU)	5,211 ab	3,372 a	1,545 cd
T10 CN + Fitase B (3000 FTU)	5,209 ab	3,426 a	1,520 d
P – valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Coefficiente de variação (%)	2,62	2,13	2,40

^{a-b-c-d} letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK a 5%. CN = Controle negativo.

Os dados de rendimento de carcaça e de cortes dos frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 7. Não houve efeito ($P > 0,05$) da redução de Ca e Pd na dieta e da suplementação de fitases A e B sobre o rendimento de dorso, asas e gordura abdominal. Contudo, houve efeito ($P < 0,05$) sobre o rendimento de carcaça (RC). Também foi observado que a suplementação com Fitases A e B em dietas com redução de Ca e P afetou o rendimento de peito (RP) ($P = 0,0559$) e o rendimento de coxa+sobrecoxa (RCS) ($P = 0,0706$).

O tratamento com suplementação de Fitase B em 1000 e 3000 FTU possibilitou maior RC em relação ao tratamento controle negativo. Contudo, para os demais tratamentos controle positivo e suplementação com Fitases A e B foi observado RC semelhante.

Para o RP foi observado que a suplementação de Fitase B em 1000 FTU possibilitou menor valor em relação ao tratamento controle negativo. No entanto, para os demais tratamentos controle positivo e suplementação com Fitases A e B foi observado RP

semelhante. Com relação ao RCS foi observado que o tratamento com suplementação de Fitase B em 1000 FTU possibilitou menor valor em relação ao tratamento controle negativo. Todavia, para os demais tratamentos controle positivo e suplementação com Fitases A e B foi observado RCS semelhante.

Tabela 7. Rendimento de carcaça (RC), de peito (RP), de coxa + sobrecoxa (RCS), de dorso (RD), de asas (RA) e de gordura abdominal (GA) de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade alimentados com dietas suplementadas com diferentes fitases.

Tratamentos	RC (%)	RP (%)	RCS (%)	RD (%)	RA (%)	GA (%)
T1.CP	71,98 ab	38,24 ab	29,68 ab	19,58	10,81	1,21
T2.CN	70,87 b	37,27 b	30,35 a	19,83	10,94	1,13
T3.CN+Fit A	71,95 ab	37,73 ab	30,13 ab	19,30	11,30	1,10
T4.CN+Fit A	71,93 ab	38,58 ab	29,01 ab	19,44	10,76	1,36
T5.CN+Fit A	72,42 ab	38,22 ab	29,14 ab	19,92	10,72	1,43
T6.CN+Fit A	72,64 ab	39,19 ab	28,84 ab	19,58	10,48	1,37
T7.CN+Fit B	71,51 ab	38,87 ab	28,83 ab	19,66	10,95	1,10
T8.CN+Fit B	72,95 ab	39,57 ab	28,46 ab	19,44	10,89	1,36
T9.CN+Fit B	73,39 a	41,45 a	27,51 b	19,13	10,46	1,07
T10.CN+Fit B	73,53 a	38,12 ab	29,41 ab	20,12	10,58	1,29
P – valor	0,0211	0,0559	0,0706	0,9704	0,8124	0,4238
CV (%)	2,12	6,11	5,85	7,69	8,77	28,17

^{a-b} médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK a 5% de probabilidade; CV (%) = coeficiente de variação. CN = controle negativo. CP = controle positivo. Fit A = Fitase A; Fit B = Fitase B.

Na tabela 8 estão apresentados os dados de ganho médio diário, viabilidade criatória e o índice de eficiência produtiva dos frangos de corte alimentados com dietas com redução de Ca e Pd com e sem suplementação de Fitases A e B. Foi observado efeito ($P < 0,05$) sobre o ganho médio diário (GMD) dos frangos de corte na fase total de criação. A suplementação de Fitases A e B em 1000 e 3000 FTU possibilitaram maior GMD em relação aos demais tratamentos avaliados.

De acordo com Sebastian et al. (1996), aves alimentadas com dietas contendo fitase pode ter melhoria no seu desempenho devido a três fatores: a liberação dos minerais presentes no complexo fitato-mineral; a utilização do inositol (produto final da desfosforalização do ácido fítico) pelos animais; e o aumento da digestibilidade do amido e da disponibilidade da proteína.

Acerca da viabilidade criatória (VC) houve efeito ($P < 0,05$) da suplementação de Fitases e da redução de Ca e P, sendo que a menor VC foi observada para o tratamento controle negativo. Com relação ao índice de eficiência produtiva (IEP), foi observado maiores valores absolutos para os tratamentos com suplementação de Fitases A e B em 3000 FTU.

Tabela 8. Ganho médio diário (GMD, g), viabilidade criatória (VC, %) e índice de eficiência produtiva (IEP) dos frangos de corte alimentados com dietas com diferentes fitases.

Tratamentos	GMD (g)	VC (%)	IEP
T1. Controle Positivo	74,24 c	97,73 a	459
T2. Controle Negativo (-0,18% de Ca e Pd)	57,26 e	88,06 b	269
T3. CN + Fitase A (500 FTU – 25 g/ton)	71,16 d	96,59 a	415
T4. CN + Fitase A (750 FTU – 37,5 g/ton)	78,29 b	98,86 a	485
T5. CN + Fitase A (1000 FTU – 50 g/ton)	79,97 a	99,43 a	494
T6. CN + Fitase A (3000 FTU – 150 g/ton)	80,74 a	97,73 a	517
T7. CN + Fitase B (500 FTU – 50 g/ton)	75,01 c	98,86 a	446
T8. CN + Fitase B (750 FTU – 75 g/ton)	77,54 b	99,43 a	474
T9. CN + Fitase B (1000 FTU – 100 g/ton)	80,29 a	97,73 a	508
T10. CN + Fitase B (3000 FTU – 300 g/ton)	81,59 a	98,29 a	520
P – valor	<0,0001	0,0006	---
Coefficiente de variação (%)	2,13	5,01	---

^{a-b-c-d} letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK a 5%.

4.2 Estimativa dos níveis de suplementação das Fitases A e B em dietas com redução de 0,18% de Ca total e 0,18% de Pd

Com o objetivo de determinar as recomendações de suplementação das fitases A e B em dietas com redução de Ca e Pd, procedeu-se a realização de análise de variância seguida de modelos de regressão linear para estimar as doses ótimas de suplementação para a melhoria dos parâmetros produtivos de desempenho dos frangos de corte.

4.2.1 Fitase A

Na tabela 9 estão apresentados os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 7 dias de idade. Não foi observado efeito ($P>0,05$) da suplementação de Fitase A em dietas com redução de Ca e Pd sobre o CR. Com relação ao GP, houve efeito ($P<0,05$) quadrático, sendo que a dose estimada para o maior GP foi de 76,50 g/ton (1589 FTU). Para a CA dos frangos de corte houve efeito ($P<0,05$) linear da suplementação de Fitase A com melhoria da CA devido à inclusão crescente da Fitase A.

Tabela 9. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 7 dias de idade.

	Níveis de suplementação de Fitase A (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	25	37,5	75	150		L	Q
CR, kg/ave	0,136	0,132	0,143	0,137	0,135	7,22	0,8505	0,3205
GP, kg/ave	0,117	0,125	0,125	0,129	0,129	4,57	0,0041	0,0016 ¹
CA, kg/kg	1,156	1,060	1,146	1,059	1,054	7,33	0,0416 ²	0,2150
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ GP	Y = -0,000002x ² + 0,000306x + 0,117691					96,86%	76,50 g/ton (1589 FTU/Kg)	
² CA	Y = -0,000522x + 1,122988					64,08%	-----	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

Os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 21 dias de idade estão apresentados na Tabela 10. Houve efeito (P<0,05) quadrático da suplementação de Fitase A sobre o CR, GP e CA. As doses estimadas para o maior CR, maior GP e melhor CA foram de 105,27 g/ton (2105 FTU), 102,54 g/ton (2050 FTU) e 98,71 g/ton (1974 FTU), respectivamente.

Tabela 10. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 21 dias de idade.

	Níveis de suplementação de Fitase A (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	25	37,5	75	150		L	Q
CR, kg/ave	1,205	1,069	1,330	1,342	1,309	5,06	0,0001	0,0010 ¹
GP, kg/ave	0,751	0,843	1,004	1,023	1,030	3,69	0,0001	0,0001 ²
CA, kg/kg	1,606	1,269	1,324	1,312	1,269	4,30	0,0001	0,0001 ³
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ CR	Y = -0,000018x ² + 0,003790x + 1,149726					31,45%	105,27 g/ton (2105 FTU/Kg)	
² GP	Y = -0,000037x ² + 0,007588x + 0,734189					92,08%	102,54 g/ton (2050 FTU/ Kg)	
³ CA	Y = 0,000042x ² - 0,008292x + 1,561952					77,43%	98,71 g/ton (1974 FTU/ Kg)	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

Na tabela 11 estão apresentados os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 35 dias de idade.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) quadrático da suplementação de Fitase A sobre o CR, GP e CA. As doses estimadas para o maior CR, maior GP e melhor CA foram de 92,35 g/ton (1847 FTU), 98,12 g/ton (1962 FTU) e 102,61 g/ton (2052 FTU), respectivamente.

Tabela 11. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 35 dias de idade.

	Níveis de suplementação de Fitase A (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	25	37,5	75	150		L	Q
CR, kg/ave	3,090	3,290	3,616	3,755	3,545	3,37	0,0001	0,0001 ¹
GP, kg/ave	1,747	2,174	2,428	2,472	2,468	3,20	0,0001	0,0001 ²
CA, kg/kg	1,770	1,512	1,489	1,519	1,439	3,03	0,0001	0,0001 ³
	Equações de regressão					r ²	Dose estimada	
¹ CR	Y = -0,000098x ² + 0,018101x + 3,038972					90,61%	92,35 g/ton (1847 FTU/ Kg)	
² GP	Y = -0,000104x ² + 0,020409x + 1,750104					98,60%	98,12 g/ton (1962 FTU/ Kg)	
³ CA	Y = 0,000036x ² - 0,007388x + 1,739113					86,06%	102,61 g/ton (2052 FTU/ Kg)	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

Os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase A na fase de 1 a 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 12. Houve efeito ($P < 0,05$) quadrático da suplementação de Fitase A sobre o CR, GP e CA. As doses estimadas para o maior CR, maior GP e melhor CA foram de 92,14 g/ton (1842 FTU), 98,99 g/ton (1980 FTU) e 105,78 g/ton (2115 FTU), respectivamente.

Tabela 12. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de protease A na fase de 1 a 42 dias de idade.

	Níveis de suplementação de fitase A (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	25	37,5	75	150		L	Q
CR, kg/ave	4,526	4,947	5,251	5,393	5,176	3,28	0,0001	0,0001 ¹
GP, kg/ave	2,405	2,988	3,288	3,354	3,391	2,61	0,0001	0,0001 ²
CA, kg/kg	1,882	1,655	1,597	1,608	1,526	2,75	0,0001	0,0001 ³
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ CR	Y = -0,000130x ² + 0,023956x + 4,502190					98,40%	92,14 g/ton (1842 FTU/ Kg)	
² GP	Y = -0,000134x ² + 0,026531x + 2,414866					98,91%	98,99 g/ton (1980 FTU/ Kg)	
³ CA	Y = 0,000037x ² - 0,007828x + 1,862916					94,41%	105,78 g/ton (2115 FTU/ Kg)	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

4.2.2 Fitase B

Os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 7 dias de idade estão apresentados na Tabela 13. Não houve efeito significativo (P>0,05) da suplementação de Fitase A em dietas com redução de Ca e Pd sobre o CR. Sobre o GP foi observado efeito (P<0,05), sendo que a dose estimada para o maior GP foi de 106,50 g/ton (1065 FTU). Com relação ao CA dos frangos de corte houve efeito (P<0,05) linear da suplementação de Fitase B com melhoria da CA devido à inclusão crescente da Fitase B.

Tabela 13. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 7 dias de idade.

	Níveis de suplementação de Fitase B (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	50	75	100	300		L	Q
CR, kg/ave	0,135	0,137	0,144	0,142	0,136	6,51	0,7509	0,0526
GP, kg/ave	0,117	0,128	0,132	0,133	0,133	4,71	0,0003	0,0001 ¹
CA, kg/kg	1,156	1,071	1,094	1,073	1,025	6,89	0,0041 ²	0,1718
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ GP	Y = -0,000001x ² + 0,000213x + 0,118102					97,87%	106,50 g/ton (1065 FTU/ Kg)	
² CA	Y = -0,000352x + 1,121355					72,57%	-----	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

Os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 21 dias de idade estão apresentados na Tabela 14. Houve efeito (P<0,05) quadrático da suplementação de Fitase B sobre o CR, GP e CA. As doses estimadas para o maior CR, maior GP e melhor CA foram de 235,50 g/ton (2355 FTU), 217,93 g/ton (2179 FTU) e 191,86 g/ton (1918 FTU), respectivamente.

Tabela 14. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 21 dias de idade.

	Níveis de suplementação de Fitase B (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	50	75	100	300		L	Q
CR, kg/ave	1,205	1,251	1,298	1,319	1,383	4,47	0,0001	0,0241 ¹
GP, kg/ave	0,751	0,949	0,978	1,008	1,053	2,53	0,0001	0,0001 ²
CA, kg/kg	1,606	1,317	1,326	1,308	1,312	4,26	0,0001	0,0001 ³
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ CR	Y = -0,000003x ² + 0,001413x + 1,201142					98,57%	235,50 g/ton (2355 FTU/ Kg)	
² GP	Y = -0,000008x ² + 0,003487x + 0,764241					96,98%	217,93 g/ton (2179 FTU/ Kg)	
³ CA	Y = 0,000011x ² - 0,004221x + 1,575616					87,41%	191,86 g/ton (1918 FTU/ Kg)	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

Os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo

diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 35 dias de idade estão apresentados na Tabela 15. Foi observado efeito ($P < 0,05$) quadrático da suplementação de Fitase B sobre o CR, GP e CA. As doses estimadas para o maior CR, maior GP e melhor CA foram de 186,88 g/ton (1869 FTU), 203,12 g/ton (2031 FTU) e 197,73 g/ton (1977 FTU), respectivamente.

Tabela 15. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 35 dias de idade.

	Níveis de suplementação de Fitase B (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	50	75	100	300		L	Q
CR, kg/ave	3,090	3,551	3,635	3,510	3,578	2,82	0,0001	0,0001 ¹
GP, kg/ave	1,147	2,279	2,385	2,458	2,532	3,09	0,0001	0,0001 ²
CA, kg/kg	1,770	1,558	1,524	1,429	1,413	3,07	0,0001	0,0001 ³
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ CR	$Y = -0,000018x^2 + 0,006728x + 3,150775$					78,98%	186,88 g/ton (1869 FTU/ Kg)	
² GP	$Y = -0,000024x^2 + 0,009750x + 1,779531$					97,60%	203,12 g/ton (2031 FTU/ Kg)	
³ CA	$Y = 0,000011x^2 - 0,004350x + 1,767223$					98,81%	197,73 g/ton (1977 FTU/ Kg)	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

Os dados de desempenho dos frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 16. Houve efeito ($P < 0,05$) quadrático da suplementação de Fitase B sobre o CR, GP e CA. As doses estimadas para o maior CR, maior GP e melhor CA foram de 186,39 g/ton (1863 FTU), 200,69 g/ton (2006 FTU) e 198,14 g/ton (1981 FTU), respectivamente.

Tabela 16. Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Fitase B na fase de 1 a 42 dias de idade.

	Níveis de suplementação de fitase B (g/ton)					CV (%)	P-valor	
	0	50	75	100	300		L	Q
CR, kg/ave	4,526	5,238	5,296	5,211	5,209	2,66	0,0001	0,0001 ¹
GP, kg/ave	2,405	3,150	3,256	3,372	3,427	2,15	0,0001	0,0001 ²
CA, kg/kg	1,882	1,662	1,626	1,545	1,520	2,60	0,0001	0,0001 ³
Equações de regressão						r ²	Dose estimada	
¹ CR	Y = -0,000028x ² + 0,010438x + 4,61123					83,41%	186,39 g/ton (1863 FTU/ Kg)	
² GP	Y = -0,000033x ² + 0,013246x + 2,453643					96,87%	200,69 g/ton (2006 FTU/ Kg)	
³ CA	Y = 0,000011x ² - 0,004359x + 1,876376					98,98%	198,14 g/ton (1981 FTU/ Kg)	

CV (%) = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; r² = coeficiente de determinação.

4.3 Teores de cinzas, cálcio e fósforo nas tíbias

As análises realizadas aos 21 e 42 dias para determinar os teores de cinzas e Ca e de P na tíbia, estão apresentadas nas Tabelas 17 e 18, respectivamente. Com relação aos teores de cinzas na tíbia, apenas o controle negativo apresentou menores valores (P<0,05) nas duas idades estudadas. Quanto ao teor de Ca, a fitase A apresentou maiores valores (P<0,05) nas tíbias aos 21 dias do que a fitase B, não diferindo do tratamento controle positivo, com os níveis recomendados de Ca e P na ração.

Por outro lado, aos 42 dias de idade os tratamentos controle positivo e as fitases (A e B) em estudo, apresentaram valores semelhantes (P>0,05) de Ca nas tíbias aos 42 dias de idade das aves. Para as duas idades, o tratamento controle negativo com reduções nutricionais de Ca e P, resultou em menores (P<0,05) teores de cinzas, Ca e P nas tíbias. Com relação ao Ca, de maneira geral, a fitase A apresentou melhores resultados de formação óssea aos 21 dias do que a fitase B.

O aumento no teor de cinzas ósseas em frangos que consumiram dietas suplementadas com fitase pode ser atribuído à ação enzimática da fitase, que hidrolisa a molécula de fitato e libera mais cálcio e fósforo. Isso resulta em uma maior disponibilidade desses minerais essenciais para a mineralização óssea, o que contribui para um aumento no teor de cinzas

ósseas nos frangos. (KOCABAGLI, 2001).

Com base na relação entre a porcentagem de cinzas na tíbia e a mineralização óssea em frangos de corte, os resultados obtidos indicam que as formulações das dietas com níveis reduzidos de fósforo disponível e cálcio, juntamente com a suplementação de fitase, não prejudicam a deposição de minerais no tecido ósseo e sugerem a viabilidade de substituir fontes inorgânicas de fósforo pelo uso da enzima.

Tabela 17. Teores de cálcio nas tíbias dos frangos de corte aos 21 e 42 dias de acordo com os tratamentos*.

Tratamentos	MM 21 dias,%	Ca 21 dias¹, %	MM 42 dias,%	Ca 42 dias², %
Controle positivo	45,38 a	19,267 ab	46,11 a	19,485 a
Controle negativo	37,48 b	17,793 b	40,23 b	17,081 b
Fitase A 500 FTU/kg	44,05	19,100	47,31	18,868
Fitase A 750 FTU/kg	45,63	19,452	47,46	19,601
Fitase A 1000 FTU/kg	45,77	20,113	47,94	19,952
Fitase A 3000 FTU/kg	46,87	21,433	48,46	21,362
Média	45,58 a	20,025 a	47,79 a	19,946 a
Fitase B 500 FTU/kg	44,19	18,321	46,24	18,460
Fitase B 750 FTU/kg	44,42	18,851	47,33	19,461
Fitase B 1000 FTU/kg	45,73	19,003	47,84	19,933
Fitase B 3000 FTU/kg	46,10	19,424	48,20	20,591
Média	45,11 a	18,900 b	47,40 a	19,611 a

¹Fitase A 21d $Y=0,8293 X + 17,09$; $r^2=0,96$. ²Fitase A 42d $Y=0,9646 X + 16,479$, $r^2=0,94$

¹Fitase B 21d $Y=0,3944 X + 17,495$; $r^2=0,97$. ²Fitase B 42d $Y=0,8493 X + 16,557$, $r^2=0,96$

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($P<0,05$).

Acerca das concentrações de P na tíbia (Tabela 18), verificou-se que os resultados foram semelhantes aos observados para o Ca, sendo que a fitase A apresentou maiores teores de P nas tíbias ($P<0,05$) em relação a fitase B, o controle positivo e negativo para a idade de 21 dias. Contudo, para a fase de 42 dias de idade, não houve diferenças significativas ($P>0,05$) entre as fitases (A e B) e ao tratamento controle positivo. Já o tratamento controle negativo apresentou menor teor de P nas tíbias, independentemente das idades em estudo ($P<0,05$).

Tabela 18. Teores de fósforo nas tíbias dos frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade de acordo com os tratamentos*.

Tratamentos	P 21 dias ¹ , %	P 42 dias ² , %
Controle positivo	9,943 ab	9,642 a
Controle negativo	8,616 c	8,903 b
Fitase A 500 FTU/kg	9,600	9,505
Fitase A 750 FTU/kg	9,832	9,692
Fitase A 1000 FTU/kg	10,159	9,793
Fitase A 3000 FTU/kg	10,416	9,858
Média	10,002 a	9,712 a
Fitase B 500 FTU/kg	8,948	9,385
Fitase B 750 FTU/kg	9,719	9,527
Fitase B 1000 FTU/kg	9,897	9,566
Fitase B 3000 FTU/kg	10,007	9,769
Média	9,643 b	9,562 a

¹Fitase A 21d $Y=0,4159 + 8,4769X$; $r^2=0,90$, ²Fitase A 42d $Y=0,2198 X + 8,8908$, $r^2=0,81$

¹Fitase B 21d $Y=0,3731 X + 8,3181$; $r^2=0,91$, ²Fitase B 42d $Y=0,1913 X + 8,8561$, $r^2=0,87$

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($P<0,05$).

Fukayama et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes aos do presente estudo, onde viram que no grupo controle negativo (com redução de Pd e Ca), houve menor deposição de matéria mineral (MM), Ca e P nas tíbias dos frangos e maior deposição desses nutrientes com a suplementação de 500 e 750 uft/kg da ração controle negativo. Outros pesquisadores (Viveros et al., 2002; Lan et al., 2002; Sebastian et al., 1996) também verificaram redução nos teores de matéria mineral e de P nas tíbias com a redução do Pd da dieta e aumento das cinzas e P nas tíbias ao utilizarem a enzima fitase.

Foi visto que no geral houve eficiência das fitases em manter a atividade enzimática normal no trato gastrointestinal (TGI) estimulando a disponibilização dos nutrientes complexados à molécula de fitato.

4.4 Resistência óssea e índice de Seedor

Os valores de resistência óssea e índice de Seedor aos 21 e 42 dias, estão apresentados nas Tabelas 19 e 20, respectivamente. Para a FMR (Força máxima de ruptura) aos 21 dias foi observado que a suplementação com as fitases A e B, independentemente da dose, proporcionou maior valor em relação aos tratamentos controle positivo e controle negativo ($P<0,05$). Já para a FMR aos 42 dias de idade dos frangos de corte, foi observado que o

tratamento controle negativo proporcionou o menor valor de resistência à ruptura da tíbia ($P < 0,05$) e a suplementação com as fitases A e B proporcionaram FMR das tíbias semelhantes ao tratamento controle positivo.

Os resultados obtidos para a resistência óssea refletiram os de mineralização óssea. As aves que receberam a dieta controle negativo apresentaram menor teor de matéria mineral e menor resistência óssea em comparação com as aves que receberam a dieta controle positivo. No entanto, quando a enzima fitase foi suplementada na dieta controle negativo, houve uma melhora na resistência óssea, com resultados semelhantes aos observados nas aves que receberam a dieta controle positivo.

Com a maior disponibilidade de Ca e P, que são considerados os minerais em maior proporção na estrutura óssea, pelas fitases, pode ter sido a principal causa da melhoria na porcentagem de cinzas e FMR.

Os valores de Índice de Seedor (IS) aos 21 e 42 dias de idade estão apresentados na tabela 20. Não houve ($P > 0,05$) diferença estatística para os valores de IS entre os tratamentos experimentais avaliados aos 21 e 42 dias.

Tabela 19. Força máxima de ruptura das tíbias dos frangos de corte aos 21 e 42 dias de acordo com os tratamentos*.

Tratamentos	FMR 21 dias ¹ , (kgf)	FMR 42 dias ² , kgf
Controle positivo	9,430 b	40,825 a
Controle negativo	7,152 b	25,167 b
Fitase A 500 FTU/kg	14,190	34,057
Fitase A 750 FTU/kg	14,460	47,337
Fitase A 1000 FTU/kg	14,917	54,472
Fitase A 3000 FTU/kg	13,855	61,307
Média	14,872 a	49,919 a
Fitase B 500 FTU/kg	15,927	43,255
Fitase B 750 FTU/kg	12,292	45,275
Fitase B 1000 FTU/kg	14,810	40,217
Fitase B 3000 FTU/kg	18,642	46,067
Média	14,158 a	46,204 a

¹Fitase A 21d $Y = -0,000003 X^2 + 0,011148 X + 7,808199$; $r^2 = 0,90$. Dose estimada = 1858 FTU. ²Fitase A 42d $Y = 0,010506 X + 33,436863$; $r^2 = 0,86$.

¹Fitase B 21d $Y = -0,000002 X^2 + 0,009132 X + 8,294899$; $r^2 = 0,76$. Dose estimada = 2283 FTU ²Fitase B 42d $Y = -0,000006 X^2 + 0,024227 X + 30,378202$; $r^2 = 0,64$. Dose estimada = 2019 FTU

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 20. Índice de Seedor (IS) da tíbia dos frangos de corte aos 21 e 42 dias de acordo com os tratamentos*.

Tratamentos	IS 21 dias, (g/cm)	IS 42 dias, (g/cm)
Controle positivo	0,751	1,714
Controle negativo	0,713	1,700
Fitase A 500 FTU/kg	0,762	1,689
Fitase A 750 FTU/kg	0,776	1,771
Fitase A 1000 FTU/kg	0,785	1,918
Fitase A 3000 FTU/kg	0,753	1,819
Média	0,791	1,799
Fitase B 500 FTU/kg	0,838	1,695
Fitase B 750 FTU/kg	0,796	1,576
Fitase B 1000 FTU/kg	0,834	1,573
Fitase B 3000 FTU/kg	0,776	1,712
Média	0,752	1,640

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

4.5 Biodisponibilidade relativa

As análises de regressão realizadas entre os níveis de suplementação das fitases e os resultados das análises ósseas de Ca e P está apresentada na Tabela 21. Verificou-se que, para o teor de Ca na tíbia de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, a fitase B apresentou biodisponibilidade relativa a fitase A de 60,01% e 88,04%, respectivamente. Com relação aos teores de P na tíbia de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, a biodisponibilidade relativa da fitase B foi de 89,71 e 87,03%, respectivamente.

Tabela 21. Biodisponibilidade relativa da fitase B aos 21 e 42 dias de idade dos frangos de corte para Ca e P analisadas nas tíbias.

Mineral	Fitase A	Fitase B
Calcio – 21 dias ¹	100	60,01
Cálcio – 42 dias ²	100	88,04
Fósforo – 21 dias ³	100	89,71
Fósforo – 42 dias ⁴	100	87,03

¹Fitase A 21d $Y=0,8293 X + 17,09$, $r^2=0,96$, ²Fitase A 42d $Y=0,9646 X + 16,479$, $r^2=0,94$

¹Fitase B 21d $Y=0,3944 X + 17,495$, $r^2=0,97$, ²Fitase B 42d $Y=0,8493 X + 16,557$, $r^2=0,96$

³Fitase A 21d $Y=0,4159 + 8,4769 X$, $r^2=0,90$, ⁴Fitase A 42d $Y=0,2198 X + 8,8908$, $r^2=0,81$

³Fitase B 21d $Y=0,3731 X + 8,3181$, $r^2=0,91$, ⁴Fitase B 42d $Y=0,1913 X + 8,8561$, $r^2=0,87$

No contexto das análises ósseas, verifica-se que de maneira geral a fitase A

proporcionou melhor formação óssea do frango, principalmente para a fase inicial de criação. Contudo, com base nas medidas de desempenho, ambas as fitases em estudo (A e B) foram eficientes para serem suplementadas em dietas com redução de Ca e P.

5. CONCLUSÕES

A redução de Ca e Pd em 0,18% nas dietas para frangos de corte, sem suplementação das Fitases, reduz o ganho de peso, piora a conversão alimentar e prejudica o rendimento de carcaça e de peito dos frangos de corte.

A suplementação das Fitases A e B, em 1000 e 3000 FTU, na fase total de criação, em dietas com redução de Ca e Pd, possibilita maior ganho de peso e conversão alimentar e rendimento de carcaça e cortes semelhantes ao tratamento controle positivo, sem suplementação de fitase e com adequados requerimentos de Ca e P.

Recomenda-se a suplementação de Fitase A nas doses de 76,50 g/ton (1020 FTU), 98,71 g/ton (1974 FTU), 102,61 g/ton (2052 FTU) e 105,78 g/ton (2115 FTU) nas fases de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade, para o maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar dos frangos de corte, respectivamente, em relação às aves alimentadas com dietas com redução de 0,18% de Ca e Pd.

Recomenda-se a suplementação de Fitase B nas doses de 106,50 g/ton (1065 FTU), 191,86 g/ton (1918 FTU), 197,73 g/ton (1977 FTU) e 198,14 g/ton (1981 FTU) nas fases de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade, para o maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar dos frangos de corte, respectivamente, em relação às aves alimentadas com dietas com redução de 0,18% de Ca e Pd.

Com às características ósseas das tíbias dos frangos de corte, as fitases A e B apresentaram valores semelhantes de força máxima de ruptura e de índice de Seedor. Contudo, com relação à qualidade de formação óssea a fitase A se comportou melhor do que a fitase B possibilitando maiores teores de Ca e P nas tíbias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEJUMO, I.O., et al. Effect of sodium sources and exogenous phytase supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and digesta pH of 21-day-old broilers. **Poultry Science**. v.100, n. 11, novembro 2021.
- ADEOLA, O. ; WALK, C.L. Linking ileal digestible phosphorus and bone mineralization in broilers chickens fed diets supplemented with phytase and highly soluble calcium. **Poultry Science**. v.92, n. 8, p. 2109-2117, agosto 2013.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**, 3. ed. Lavras: ED. UFLA, 2021, p 259 - 274.
- BROWN, TA. **Bioquímica** . São Paulo: Editora Guanabara Koogan, grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788527733038. Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527733038/>. Acesso em: 06 jun. 2023.
- CAIRES, C.M. et al. Enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 1, p. 491- 497, janeiro/ fevereiro 2008.
- CAMPRESTRINI, E; SILVA, V.T.M; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na nutrição animal. **Revista eletrônica Nutritime**. v.2, n.6, p.259-272, novembro/dezembro 2005.
- CASEY, A; WALSH, G. Identification and Characterization of a phytase of potential commercial interest. **Journal of Biotechnology**. v. 110, n.3, p. 313–322, 2004.
- CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; SCHOULTEN, N. A. **Efeito da fitase e xilanase em dietas com 15 % de farelo de arroz, sobre o desempenho de frangos de corte aos 21 dias de idade**. In: CONFERÊNCIA APINCO 2001 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2001, Campinas. Anais... Campinas: FACTA, 2001. p. 26
- COSTA, F.G.P., et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 865-870, maio/junho, 2007.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV - EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1., 1999, Concórdia. **Anais**. Concórdia: Embrapa, 1999. p. 118-132.

COWIESON, A.J; RAVIDRAN, V; SELLE, P.H. Influence of Dietary Phytic Acid and Source of Microbial Phytase on Ileal Endogenous Amino Acid Flows in Broiler Chickens. **Poultry Science**. v.87, n.11, p. 2287-2299, 2008.

DALLMANN, H.M, et al. Different phytase levels and energy densities in broiler diets on performance, nutrient digestibility, and bone integrity from 28 to 35 days of age. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.75, n.2, p.280- 292, 2023.

FERRIER, Denise R. **Bioquímica ilustrada. (Ilustrada)** . Porto Alegre: Editora Artmed, 2019. *E-book*. ISBN 9788582714867. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582714867/>. Acesso em: 07 jun. 2023.

FREITAS, H.B. **Níveis de fitase em dietas com ajustes nutricionais para frangos de corte**. 2021. 68f. Tese (Doutorado em produção animal)- Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

FUKAYAMA, E.H., et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.37, n.4, p.629-635, 2008.

HOFMANN, P., et al. Effects of added phytase on growth performance, carcass traits, and tibia ash of broiler chickens fed diets with reduced amino acid, crude protein, and phosphorus concentration. **Poultry Science**. v. 31, n. 3, setembro 2022.

JUNQUEIRA, O.M., et al. Effect of phytase supplementation on performance, bone densitometry and carcass yield in broilers chicks. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 33, n. 3, p. 301-307, 2011.

KOCABAGLI, N. The effect of dietary phytase supplementation at different levels on tibial bone characteristics and strength in broilers. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 25, n. 5, p. 797- 802, 2001.

LAN, G.Q.. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.81, p.1522-1532, 2002.

LIMA, G.S. **Superdosagem de fitase para frangos de corte e poedeiras leves**. 2018. Tese (Doutor em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba. p.97.

MONTEIRO, P.S., et al. Otimização da produção, caracterização e avaliação da fitase de *Rhizopus stolonifer* na hidrólise de fitato em ração animal. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18 n. 2-4, p.117-132, 2012

MUNARO, F.A. et al. Efeito da fitase em rações com 15% de farelo de arroz desengordurado no desempenho de frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.910-920, 1996a.

NAVES, L.P., et al. Increasing levels of phytase in diets formulated with reduced available phosphorus content supplied to male and female broilers. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.8, p.1479-1485, ago, 2014

PENZ JÚNIOR, A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: SBZ, 1998. p. 165-178.

ROLAND, D.A., et al.. Comparison of Natuphos and Phyzyme as Phytase Sources for Commercial Layers Fed Corn-Soy Diet. **Poultry Science**, v. 85, n. 1, p. 64-69, 2006.

ROSTAGNO, H.S., et al.. **Composição de alimentos e exigências nutricionais. Tabelas brasileiras para aves e suínos**, Viçosa. Minas Gerais, Brazil: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B. et al. Desempenho de Frangos de Corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. **Ciência e Agrotecnologia**, 23 Lavras. v. 27, n. 6, p. 1380-1387, 2003.

SEBASTIAN, S.. et al. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, cooper and zinc in broilers chickens fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, v.75, n.6, p.729-736, 1996.

SELLE, P.H; RAVIDRAN, V, Microbial phytase in poultry nutrition. **Poultry Science**. v. 135, n. 1-2, p 1-41, 2007.

SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**, 4 ed. Oxfordshire, UK: CAB International. 2010. p. 122–167.

TEIXEIRA, M. **Anátomo-clínica e biologia em frangos de corte experimentalmente infectados com eimeria acervulina e suplementados com betaína**. 2007. 60f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

VARGAS JUNIOR, J.G., et al.. Níveis Nutricionais de Cálcio e Fósforo Disponível para Aves de Reposição Leves e Semipesadas de 0 a 6 Semanas de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1919-1926, 2003.

VIVEROS, A.. et al. Effects of microbial pitase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, v.81, p.1172-1183, 2002.

WATSON, B.C., et al. The effects of phytase on growth performance and intestinal transit time of broilers fed nutritionally adequate diets and diets deficient in calcium and phosphorus. **Poultry Science**, v. 85, n. 3, p. 493-497, março 2006.