RAFAEL ARAÚJO NACIMENTO

**Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos
a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e
suplementadas com superdosagem de fitase**

Pirassununga

2017

RAFAEL ARAÚJO NACIMENTO

**Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos
a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e
suplementadas com superdosagem de fitase**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Departamento:

Departamento de Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo

Pirassununga

2017

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3577
FMVZ

Nascimento, Rafael Araújo

Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e suplementadas com superdosagem de fitase / Rafael Araújo Nascimento. -- 2017.
72 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2018.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo.

1. Custo de dieta. 2. Lucratividade. 3. Redução energética. 4. Redução mineral. 5. Redução proteica. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e suplementadas com superdosagem de fitase.", protocolada sob o CEUA nº 7280161017, sob a responsabilidade de **Lúcio Francelino Araújo e equipe; Rafael Araújo Nascimento** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 06/12/2017.

We certify that the proposal "Economic analysis and performance of broilers submitted to commercial diets with valorizate nutritional matrix and supplemented with phytase superdosing.", utilizing 1200 Birds (1200 males), protocol number CEUA 7280161017, under the responsibility of **Lúcio Francelino Araújo and team; Rafael Araújo Nascimento** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 12/06/2017.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **11/2017** a **01/2018**

Área: **Nutrição E Produção Animal**

Origem: **Animais provenientes de estabelecimentos comerciais**

Espécie: **Aves**

sexo: **Machos**

idade: **1 a 42 dias**

N: **1200**

Linhagem: **Cobb 500**

Peso: **42 a 2900 g**

Resumo: Cerca de 70% dos custos de produção voltados para a produção de frangos de corte são devidos a alimentação. Das dietas, os ingredientes que mais as oneram são milho, farelo de soja, óleo de soja e fosfato bicálcico. Para a redução destes custo, uma alternativa seria a redução da participação destes nas rações. No entanto, sua redução indevida acarretaria em diminuição do desempenho dos animais. Assim, faz-se necessário o uso de enzimas exógenas, como a fitase, visando liberar nutrientes antes indisponíveis, podendo, assim, reduzir quantidades da participação dos ingredientes sem afetar o desempenho dos animais. Com isso, o estudo tem por objetivo avaliar o desempenho zootécnico e mineralização óssea de frangos de corte, bem como analisar economicamente o uso de superdosagem de fitase sobre dietas comerciais com matriz nutricional valorizadas em cálcio (Ca), fósforo (P), energia metabolizável (EM) e proteína bruta (PB). Para tanto, serão utilizados 1200 pintos de 1d (Cobb500) distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos, sendo uma dieta adequada nos níveis nutricionais, e três dietas com matriz nutricional valorizada em Ca, P, EM e PB suplementadas com 500, 1000 e 1500FTU/kg de fitase com 25 repetições por tratamento e 12 aves por repetições. Os dados serão avaliados quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias e, atendendo as respectivas premissas, os dados serão submetidos ao teste de comparação de médias Tukey e considerado significativo a 0,05. Para as variáveis sugeridas, os animais, bem como as sobras de ração, serão pesados aos 21, 33 e 42 dias em balanças digitais ($\alpha=0,05$). Posteriormente, duas aves de cada repetição serão encaminhadas ao Abatedouro Escola para obtenção dos dados de rendimento de carcaça, peito e pernas. Destas, serão coletadas a tíbia direita para envio ao laboratório e obtenção dos dados de cinzas ósseas.

Local do experimento: O experimento acontecerá no galpão experimental no laboratório de avicultura.

São Paulo, 08 de dezembro de 2017

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretária Executiva

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: NACIMENTO, Rafael Araújo

Título: **Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e suplementadas com superdosagem de fitase microbiana.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Inicialmente, dedico a Deus que nos envia a essa vida, cheia de retalhos, com um objetivo especial, que ainda temos de entender. Para sua conclusão, Ele nos dá ferramentas que usamos para unir, ponto a ponto, estes retalhos, a fim de que coçamos e juntemos nossos destinos aos demais, e construamos o retorno para Casa. A alguns destes retalhos, dou nomes e dedico momentos.

Dedico a minha mãe terrena, Cida, a minha Mãe do Céu e Intercessora, Nossa Senhora, e as minhas tantas outras mães que, com palavras e ações, quer sejam duras, quer sejam afáveis, me permitem continuar caminhando. A elas, dedico também as minhas vitórias e minhas forças para levantar todos os dias.

Dedico ao meu pai terreno, Jurandir, que, apesar das poucas falas sempre se atém a fazê-las assertivas ou até mesmo "atextuais". A este, digo: "Muitas vezes, não se fazem necessárias palavras, apenas atos concretos que as demonstrem por si só".

Dedico aos meus sobrinhos: Heitor, João Gabriel, mas principalmente ao nosso primeiro, que teve uma passagem curta e objetivos certos. Dentre eles, preparar-nos para as boas novas que Deus nos enviava, e voltar rapidinho pra morar com Ele.

Dedico aos meus irmãos, Gabriella, Segundo, Danylo, Aldeise e Afrânio, cada qual com suas particularidades e peculiaridades. Quer seja como exemplo de pai/mãe e pessoa, quer seja como exemplo de profissionais.

Dedico aos meus primos Jordano e Flávio, pela força e coragem frente as adversidades e lutas. Aos meus tios e tias, Dedé, Neném, Nininha, Sandro pelo apoio, carinho e os diversos momentos de palavras e reflexões concomitantemente anexadas.

Dedico a meus avós, seu Gabriel e dona Maria, pela presença, carinho, e pela espera.

E por último, dedico aos tropeços e dificuldades que nos chaga o visível e o invisível, o perceptível e o imperceptível. A estes dedico a minha vontade de vencer.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelas Graças concedidas e as vitórias alcançadas, e a Nossa Senhora que tem intercedido incansavelmente e incessantemente por estas. Agradeço, ainda a Ele, pelo meu pai terreno, Jurandir, minha mãe terrena Cida, meus irmãos Gabriella, Segundo e Danyllo. Aos meus três sobrinhos, Heitor, João Gabriel, e ao "meu primeiro", que foi morar com Ele. Aos meus tios Dedé e Sandro e tias Neném e Nininha. Aos meus avós, Gabriel e Maria, e aos meus cunhados Afrânio e Aldeise.

Agradeço ao senhor Urbano Ribeiral e a senhora Nice Ribeiral e família, por acreditarem e tornar possível que um sonho fosse sonhado, e realizado. A estes agradeço ainda a confiança depositada e as oportunidades dadas.

Agradeço ao Grupo Piraves pela condução e execução de todos os estudos desenvolvidos e conhecimentos e oportunidades gerados ao longo destes três anos. Em especial, ao Professor Lúcio Francelino Araújo e Cristiane Soares da Silva Araújo, os quais depositaram em mim sua confiança, acreditando no meu potencial. E ainda, arrisco a dizer: "sem a ajuda de vocês, não estaria aqui, hoje. Vocês foram/são peças importantes para meu desenvolvimento pessoal e profissional".

Agradeço ainda a todos os outros professores (Rennó, Veiga, Gameiro, Brunetto, Simone, Mazza, Angélica, Daniel, Júlio, Gobesso), que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação. A estes, acrescento meus antigos mestres, em especial professor Álvaro Júnior, Ricardo Tomaz, Benner, Eneida, Nelson, Érica, Andrea, Flávio, com tão grande importância quanto a dos demais. Peço perdão a estes e àqueles pela forma simplória como me referi, o que não reflete o tamanho da contribuição e importância que tiveram para mim.

Agradeço as meninas, carinhosamente apelidadas de "meninas da limpeza", pelo sorriso no rosto e a receptividade que sempre tiveram, apesar da reconhecida

vida dura e laboriosa. Agradeço a dona Lúcia e, aproveito para dizer: "A senhora não faz 'só' o café! Em vários momentos, as palavras ditas durante a interminável espera por este, foram ainda mais importantes que todo o resto".

Agradeço ao Zequinha pelas hora e meia de agradável conversa de assuntos mais diversos, enquanto assistíamos ao futsal.

Agradeço aos funcionários "seu" Pedro, Paulo, Edinho, China, Claudinho, Adriano pela conversa, aos minutos acumulados de lamentações, e às horas de boas risadas, em meio a trabalho. A estes, somo Alessandra, Fábria, D. Lourdes.

Agradeço ao João Paulo por toda a ajuda, ao Zeca e Gilson.

Agradeço às integrantes da HardRoça, Maria, Vivi, Severino, Livia, Camylla, Priscila. Agrego a estes, todas as velhas e novas amizades feitas, em especial aos amigos Paulo, Yasmin, Mylena, Carlos, Fabrícia, Patrícia, Guilherme, Camila, Fernanda, Thiago, Débora, Gustavo, Hortência, Marina, Kelly, Mariana, Larissa, Henrique, e a todos os outros que, mesmo que não citados aqui, tem a mesma importância.

Agradeço a todo o Grupo Agrocere, pelo ensino e aprendizado prévio a este. Em especial, agradeço a Ana Beatriz Traldi, Leandro Hackenhaar e Miwa por, além de todo o mais, abrirem os caminhos para que eu me encontrasse onde eu me encontro hoje.

Encerro meus agradecimentos dizendo: "Sem vocês, sem cada um de vocês, nada disso seria possível".

"Dentro de mim, existem dois lobos:

O lobo do ódio e o lobo do amor.

Ambos disputam o poder sobre mim.

E quando me perguntam qual lobo é vencedor, respondo:

O que eu alimento".

~Provérbio indígena~

RESUMO

NACIMENTO, R. A. **Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e suplementadas com superdosagem de fitase.** [Economic analysis and performance of broilers submitted to commercial diets with valorized nutritional matrix and supplemented with superdosing of phytase]. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

O uso de fitase em dietas destinadas a frangos de corte é um consenso na indústria avícola. Juntamente ao emprego de 500FTU/kg de fitase, a recomendação de reduções de cálcio (Ca) e fósforo disponível (Pd) na matriz nutricional é tida como uma estratégia para a redução dos custos da dieta sem causar redução no desempenho dos animais. Com isso, foi hipotetizado que o uso de superdosagem de fitase (1500FTU/kg) em dietas com matriz nutricional valorizada para Ca e Pd, energia metabolizável (EM) e proteína bruta (PB), apresentaria menores custos de dieta e maior lucratividade, sem acarretar redução no desempenho dos animais. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da redução de Ca, Pd, PB e EM em dietas comerciais suplementadas com superdosagem de fitase sobre o custo de dietas e margem de lucro, bem como o desempenho, mineralização óssea e rendimento de carcaça de frangos de corte de 1 a 42d. Para tanto, foram utilizados 1200 pintos de um dia (Cobb500) distribuídos aleatoriamente em um programa de alimentação comercial composto por dieta sem redução nutricional e sem suplementação enzimática (C); dietas reduzidas em 23kcal, 0,23%, 0,10% e 0,09% na fase 1 e 2, e reduzida em 23kcal, 0,24%, 0,11% e 0,10% de EM, PB, Ca e Pd na fase 3, suplementadas com 500FTU/kg de fitase (500); dietas reduzidas em 29kcal, 0,29%, 0,13%, 0,12% nas fases 1 e 2, e dietas reduzidas em 30kcal, 0,31%, 0,14% e 0,13% de EM, PB, Ca e Pd na fase 3, suplementada com 1000FTU/kg de fitase (1000); e dietas reduzidas em 34kcal, 0,34%, 0,15%, 0,14% nas fases 1 e 2, e dietas reduzidas em 35kcal, 0,36%, 0,16% e 0,15% de EM, PB, Ca e Pd na fase 3, suplementada com 1500FTU/kg de fitase (1500); com 25 repetições por tratamento e 12 aves por unidade experimental. Os dados foram analisados pelo PROC GLM do SAS (2012) e quando atendidas, os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias (Tukey) a 5% de probabilidade. O uso de superdosagem de fitase promoveu o desempenho,

cinzas ósseas e rendimento de carcaça e pernas similares entre os animais ($p < 0.05$). No entanto, os animais submetidos a dietas suplementadas com 1500FTU/kg de fitase apresentaram melhor rendimento de peito ($p = 0.037$). Além disso, as dietas suplementadas com fitase apresentaram menor custo de dieta e maior lucratividade ($p < 0.0001$). Em conclusão, neste estudo, a utilização de superdosagem de fitase em dietas com matriz nutricional valorizada para Ca, Pd, EM e PB apresenta-se como uma alternativa viável para a redução de custos e aumento da lucratividade, sem afetar o desempenho de frangos de corte aos 42d.

Palavras-chave: Custo de dieta. Lucratividade. Redução energética. Redução mineral. Redução proteica.

ABSTRACT

NACIMENTO, R. A. **Economic analysis and performance of broiler chickens submitted to commercial diets with valorized nutritional matrix and supplemented with superdosagem of phytase.** [Análise econômica e desempenho de frangos de corte submetidos a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada e suplementadas com superdosagem de fitase]. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

The use of phytase in diets for broilers is a consensus in the poultry industry. Together with the use of 500 FTU/kg of phytase, the recommendation of reductions in calcium (Ca) and available phosphorus (aP) in the nutritional matrix is taken as a strategy to reduce dietary costs without causing a reduction in animal performance. Therefore, it was hypothesized that the use of phytase superdosings (1500 FTU/kg) in diets with nutritional matrix valued for Ca and aP, metabolizable energy (ME) and crude protein (CP) would present lower dietary costs and higher profitability, with no effects on animal performance. The objective of the present study was to evaluate the effects of reduction of Ca, aP, CP and ME in commercial diets supplemented with phytase superdosing on the cost of diets and profit margin, as well as performance, bone mineralization and carcass dressing of broiler chickens from 1 to 42d of age. For this purpose, 1200 day-old chicks (Cobb500) were randomly distributed in a commercial feeding program composed of a diet without nutritional reduction and without enzymatic supplementation (C); diets reduced by 23kcal, 0.23%, 0.10% and 0.09% in phase 1 and 2, and reduced by 23kcal, 0.24%, 0.11% and 0.10% of ME, CP, Ca and aP in stage 3, supplemented with 500 FTU/kg of phytase (500); diets reduced by 29 kcal, 0.29%, 0.13%, 0.12% in phases 1 and 2, and diets reduced by 30 kcal, 0.31%, 0.14% and 0.13% of ME, CP, Ca and aP in stage 3, supplemented with 1000 FTU/kg of phytase (1000); and diets reduced by 34 kcal, 0.34%, 0.15%, 0.14% in phases 1 and 2, and diets reduced by 35 kcal, 0.36%, 0.16% and 0.15% of ME, CP, Ca and aP in stage 3, supplemented with 1500 FTU/kg of phytase (1500); with 25 replicates per treatment and 12 birds per experimental unit. The data were analyzed by PROC GLM of SAS (2012) and when met, the data were submitted to the test of comparison of averages (Tukey) at 5% of probability. The use of phytase superdosing promoted performance, bone ash, and carcass dressing and leg yield similar among treatments

($p>0.05$). However, animals fed diets supplemented with 1500 FTU/kg of phytase showed greater breast yield ($p=0.037$). In addition, diets supplemented with phytase had lower diet cost and greater profitability ($p<.0001$). In conclusion, in this study, the use of phytase superdosing in diets with nutritional matrix valued for Ca, aP, ME and CP is a viable alternative for reducing costs and increasing profitability, without affecting the performance of broiler chickens at 42d of age.

Keywords: Energy reduction. Feed cost. Mineral reduction. Profitability. Protein reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ácido fítico; Fitato; Inositol hexafosfato; Inositol hexakisfosfato; Mioinositol, 1,2,3,4,5,6 hexakis(fosfato); mioinositol hexafosfato.....	20
Figura 2: (A) Fitato de sódio; (B) ácido fítico di-potássico; (C) fitato de cálcio; (D) fitato monoférrico; (E) fitato de Cobre; (F) fitato de zinco; (G) fitato de bário; (H) fitato de magnésio.....	21
Figura 3: Agregação da proteína da soja pelo IP6(1-6) e IP5 com isômero em diferentes posições.	27
Figura 4: Inositol; Mioinositol; 1,2,3,4,5,6- ciclohexanohexol; hexahidroxíciclohexano; [C ₆ H ₁₂ O ₆].	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição das dietas em cada fase do programa de alimentação.....	50
Tabela 2: Composição nutricional das dietas em cada fase do programa de alimentação.....	51
Tabela 3: Reduções nutricionais calculada em cada fase de crescimento.....	52
Tabela 4: Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.	57
Tabela 5: Parâmetros de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.	59
Tabela 6: Porcentagem de cinzas tibiais de frangos de corte alimentados com dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.	61
Tabela 7: Custo da dieta e análise de sensibilidade de dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.	64
Tabela 8: Margem bruta e margem líquida estimada.	67

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	18
1. INTRODUÇÃO	18
2. O ÁCIDO FÍTICO E A NUTRIÇÃO DE MONOGÁSTRICOS	20
3. POR QUE O ÁCIDO FÍTICO É CONSIDERADO UM FATOR ANTINUTRICIONAL?	22
3.1. PREJUÍZOS NA ABSORÇÃO MINERAL	22
3.2. PREJUÍZO NA ABSORÇÃO DE AMINOÁCIDOS	23
3.3. PREJUÍZO NA ABSORÇÃO DE ENERGIA	24
4. FITASE	25
4.1. CLASSIFICAÇÃO E MECANISMO DE AÇÃO DAS FITASES	26
4.2. FATORES QUE AFETAM A ATUAÇÃO DAS FITASE	27
4.3. FITASE E O IMPACTOS NO CUSTO DAS DIETAS	28
5. FORMAS DE AVALIAÇÃO DA ATUAÇÃO DA FITASE	29
6. POR QUE UTILIZAR SUPERDOSAGEM DE FITASE?	30
7. REDUÇÃO DOS CUSTOS DE DIETAS PARA AVES: VALORIZAÇÃO DA MATRIZ NUTRICIONAL E SUPLEMENTAÇÃO COM FITASE EXÓGENA	33
8. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO II	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1. PRODUTO USADO	48
2.2. AVES E ALOJAMENTO	48
2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS	49
2.4. CRESCIMENTO E COLETA DE AMOSTRAS	52
2.5. ANÁLISES ECONÔMICAS	53
2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1. DESEMPENHO	56
3.2. RENDIMENTO DE CARÇA E CINZA ÓSSEA	58
3.3. ANÁLISE ECONÔMICA	61
REFERÊNCIAS	69

CAPÍTULO I

**IMPLICAÇÕES DA UTILIZAÇÃO DE FITASE E SUA SUPERDOSAGEM
SOBRE DIETAS DE FRANGOS DE CORTE.**

1. INTRODUÇÃO

De todos os custos envolvidos na produção de frangos de corte, a variável que mais impacta no custo de produção de frangos de corte é a nutrição (EMBRAPA, 2017). Dessa forma, medidas que impliquem em reduções nos custos relativos a nutrição, impactam diretamente nos valores finais, tanto de custo quanto de receita. Quando discriminamos os componentes de uma dieta destinada para monogástricos, nos deparamos comumente com produtos oriundos de grãos de milho e soja. Estes por sua vez, são componentes básicos, empregados em todas as fases de um programa de alimentação destinado a frangos de corte.

Dentre os ingredientes que mais impactam na formulação de dietas encontra-se, além do milho e soja (EMBRAPA, 2017), fontes de fósforo inorgânicos (AHMED; ARABI, 2013) sendo o último necessário para balancear as dietas em P, já que por si só os demais ingredientes não o fazem.

Sabe-se que nos grãos, a principal forma de estocagem de P é por meio de uma molécula conhecida como fitato (KUMAR et al., 2012). Destes, aproximadamente 80% apresenta-se nessa forma. Além de ser uma fonte de estocagem de P, o fitato configura-se como um potencial fator antinutricional devido a sua capacidade de se ligar a outros nutrientes, como minerais, aminoácidos e carboidratos, formando compostos insolúveis, o que causa a indisponibilidade destes nutrientes, reduzindo o desempenho animal.

Com isso, somado ao P presente nas dietas via sementes, a prática corriqueira da suplementação da dieta com fontes de P-não fítico, alavancam os custos da dieta, implicando em menor retorno financeiro.

Dessa forma, medidas que possibilitem a liberação de fósforo fítico, configura-se em uma alternativa para a produção animal por potencialmente reduzir os custos da dieta. Nesse cenário destaca-se a utilização de fitases exógenas.

Inicialmente, a fitase foi destinada para a hidrólise do fitato e liberação de P, sendo sua dose consensual estabelecida em 500FTU/kg. No entanto, sua capacidade em contribuir com o aumento da proteína e energia dietética também foram constatadas, possibilitando com isso a redução não somente dos níveis nutricionais de Ca e P, mas também energia e proteína bruta da matriz nutricional.

Além disso, nos últimos anos, estudos tem evidenciado que níveis acima da dose comumente empregada, chamadas superdosagens, aumentaria a capacidade da enzima em liberar Ca e P. Diante desse fato, por empirismo, ter-se-ia maior redução nos custos das dietas, já que somado aos níveis de contribuição da enzima para energia e proteína bruta, reduzir-se-ia ainda mais os níveis de Ca e P. No entanto, tais evidências e os benefícios econômicos encontrados são pouco discutidas ou não discutidas pelos pesquisadores. Portanto, esta revisão tem por objetivo abordar os aspectos econômicos e práticos sobre o uso da fitase e superdosagem em dietas de frangos de corte.

2. O ÁCIDO FÍTICO E A NUTRIÇÃO DE MONOGÁSTRICOS

O ácido fítico é formado por meio de uma série de reações de fosforilação do mioinositol, formando um anel de inositol com seis ésteres de fosfato ligados (IP6, Figura 1). Este constitui-se como sendo a forma primária de estocagem do fosfato nas plantas e contribui com cerca de 50-80% do fósforo total nas sementes das plantas (RAVINDRAN; BRYDEN; KORNEGAY, 1995; KUMAR et al., 2012).

Figura 1: Ácido fítico; Fitato; Inositol hexafosfato; Inositol hexakisfosfato; Mioinositol, 1,2,3,4,5,6 hexakis(fosfato); mioinositol hexafosfato.

Fonte: (CHEMBLINK, 2017)

Quando na sua forma de sal, o ácido fítico é chamado fitato, sendo que, em sua maioria, ele se apresenta complexado a minerais, comumente o magnésio e o potássio (Figura 2), formando um complexo fitato-mineral.

Já nos vegetais, a ligação entre o ácido fítico e os minerais catiônicos é uma forma de estocagem mineral, recebendo o nome de fitina. Posteriormente, pela ação da fitase endógena às plantas, ela será degradada e os minerais serão utilizados na formação de grãos, por exemplo (LOPEZ et al., 2002). Para melhor compreensão, na presente revisão serão utilizados os termos ácido fítico ou fitato para referir ao Mioinositol, 1,2,3,4,5,6 hexakis(fosfato) dissociado ou associada.

Com relação a nutrição animal, é sabido que na porção proximal do trato gastrointestinal (TGI) como, ingluvío, proventrículo e moela, encontram-se faixas de pH ácido, enquanto que os demais segmentos são dotados de faixas de pH próximas a neutralidade.

Figura 2: (A) Fitato de sódio; (B) ácido fítico di-potássico; (C) fitato de cálcio; (D) fitato monoférrico; (E) fitato de Cobre; (F) fitato de zinco; (G) fitato de bário; (H) fitato de magnésio.

Fonte: Adaptado de (CHEMBLINK, 2017).

Em pH intestinal, o ácido fítico é dotado de cargas negativas. Assim sendo, ele é capaz de formar complexos estáveis por meio de ligações com minerais di- e trivalentes. Essa carga negativa possibilita que minerais catiônicos como Ca, Mg, K, Mn ou Zn, etc, (co-fatores enzimáticos) aminoácidos, como histidina e lisina, lipídios e amido, se liguem fortemente em dois grupos fitato ou fracamente em um grupo fitato, reduzindo a biodisponibilidade destes elementos (THOMPSON; YOON, 1984; RAVINDRAN et al., 2000; NEWKIRK; CLASSEN, 2001) por formar complexos minerais-fitato, proteína-fitato ou ainda proteínas-minerais-fitato.

Outro fato importante de ser mencionado seria a ligação do ácido fítico a açúcares, impedindo a absorção de glucose e galactose (FORDTRAN et al., 1968).

Ainda, o ácido fítico pode se ligar a proteínas enzimáticas (WOYENGO; NYACHOTI, 2013), impedindo a ação da tripsina e α -amilase. Nesse contexto, a presença do ácido fítico causará um mecanismo de feedback negativo nas enzimas digestivas. Segundo Hara et al., (2000) e Morisset (2008), no estômago, em pH ácido, o ácido fítico se liga a proteínas exógenas (dietéticas) e endógenas (proteínas digestivas). Ainda, os

autores sugerem que, com o aumento de material não digerido e, frente a inativação de enzimas digestivas, ou em ambos os casos, tem-se uma maior produção de ácido clorídrico e enzimas digestivas *via* feedback negativo, o que proporciona perdas na absorção e reabsorção de minerais.

Além disso, a forma dietética em que se apresenta o ácido fítico, quer seja na forma livre ou na forma de sal de fitato, pode influenciar diretamente na utilização dos nutrientes pelas aves. Isso se deve a i) dissociação do fitato em pH ácido, encontrado no estômago, pela sua característica de solubilidade em pH ácido; ii) a forma em que se apresenta no intestino delgado, uma vez que, quando livre, ele se aderirá a minerais catiônicos, como o cálcio, formando assim o fitato; (MAENZ, 2001) e iii) o fato do pH do englúvio não ser suficientemente ácido para causar a dissociação do fitato, o que conferiria ao ácido fítico a capacidade de formar complexos nessa região (WOYENGO; NYACHOTI, 2013).

3. POR QUE O ÁCIDO FÍTICO É CONSIDERADO UM FATOR ANTINUTRICIONAL?

Os efeitos antinutricionais do fitato são amplamente discutidos por Woyengo & Nyachoti (2013). Segundo o mesmo autor, a presença do fitato na alimentação de monogástricos, geralmente é correlacionado com a queda no desempenho produtivo dos animais.

Basicamente, como mencionado previamente, a capacidade ligante do fitato é a principal característica do mesmo, o que o torna um fator antinutricional, impedindo a absorção de determinados nutrientes pelo intestino dos animais.

3.1. PREJUÍZOS NA ABSORÇÃO MINERAL

Para os minerais, a redução da digestibilidade é uma das consequências da presença do ácido fítico na dieta. Esse fato pode ser decorrente da redução da disponibilidade dos mesmos, ou ainda devido ao aumento da secreção endógena dos

minerais no trato gastrointestinal, *via* ácido clorídrico ou metaloenzimas e co-fatores enzimáticos, ou a soma dos fatores (WOYENGO; NYACHOTI, 2013). No intestino delgado, o ácido fítico pode formar complexos insolúveis com substâncias catiônicas, como demonstrado por Lyon (1984) e Davies & Olpin (1979). Ambos os autores observaram precipitação de minerais em solução de pH neutro frente a adição de ácido fítico.

Alguns outros mecanismos são propostos para justificar o aumento das perdas dos minerais na presença do ácido fítico. Um destes fatores seria a interação do ácido fítico a proteínas dietéticas e endógenas no estômago (i.e. pepsina, pepsinogênio) (COWIESON; ACAMOVIC; BEDFORD, 2006).

Por ligação ao ácido fítico, as enzimas digestivas seriam inativadas o que aumentaria a presença de conteúdo não-digerido. Ambos, a inativação enzimática e a presença de maior conteúdo não-digerido, causariam um feedback negativo pelo organismo, aumentando a secreção de HCl, reduzindo o pH intestinal, e aumentando a secreção de enzimas digestivas. O aumento do pH estomacal e da digesta promoveria a lesão das paredes do intestino delgado. Para que tal fato não ocorra, o organismo lançaria mão de substâncias tamponantes, produzidas principalmente pelo pâncreas para neutralizar o baixo pH, o que acarretaria em perda de sais de bicarbonato para a ação tamponante (ZEBROWSKA; LOW; ZEBROWSKA, 1983). Dessa forma, ter-se-ia perdas minerais, principalmente de sais de bicarbonato e produção de ácido clorídrico.

Além disso, sendo as enzimas digestivas em sua maioria, metaloenzimas, um aumento, tanto na secreção de enzimas quanto na secreção de co-fatores, *via* mecanismo de feedback negativo, acarretaria em aumento na secreção de íons metálicos, principalmente Zn e Ca (MALMSTROM; NEILANDS, 1964).

Outro fator, seria a absorção prejudicada do Na no intestino delgado, já que este é mais amplamente absorvido por co-transporte no fluxo absorptivo de outros nutrientes, como açúcares (FORDTRAN et al., 1968). Assim sendo, com a absorção dos demais nutrientes prejudicadas, decorrente do ácido fítico dietético, o Na também teria sua absorção direta ou indiretamente comprometida.

3.2. PREJUÍZO NA ABSORÇÃO DE AMINOÁCIDOS

Quanto aos aminoácidos, os prejuízos na absorção se apresentam por ligação do ácido fítico aos aminoácidos e pelas perdas endógenas. Quanto a ação ligante, o ácido fítico pode impedir a absorção de aminoácidos devido a ligação com as proteínas dietéticas e enzimas proteolíticas no TGI proximal, reduzindo a disponibilidade de aminoácidos para a digestão e absorção (WOYENGO; NYACHOTI, 2013).

Em estudo *in vitro*, Yu et al., (2012) observaram uma grande capacidade do IP6 em se ligar fortemente a proteína da soja. Segundo os autores, o fato pode ser correlacionando a baixa taxa de pH em que as amostras foram avaliadas (2,5 a 3,8), uma vez que em faixas próximas a pH 2.0 o IP6 se dissocia dos prótons, o que afeta a interação IP6-proteína. No entanto, os autores não observaram o mesmo quando este era catalizado a IP4, 3, 2 e 1. Estes, concluem ainda que a capacidade de formação do complexo IP6-proteína é dependente do grau de fosforilação do mioinositol.

Já as perdas endógenas de aminoácidos, são resultantes da ligação do ácido fítico a proteínas endógenas e exógenas, e do aumento da secreção de enzimas digestivas e ácido clorídrico.

Uma outra forma de proteção das paredes intestinais, desencadeada pelo organismo em resposta ao aumento da secreção de HCl *via* mecanismo de feedback negativo, é o aumento da secreção de mucina (WOYENGO; NYACHOTI, 2013). Esta mucina é composta parcialmente por proteínas (FORSTNER; FORSTNER, 1994), principalmente ácido siálico (WOYENGO; NYACHOTI, 2013). Em estudo, alguns autores observaram aumento nas secreções de ácido siálico em frangos de corte submetidos a dietas contendo ácido fítico (COWIESON; ACAMOVIC; BEDFORD, 2004; ONYANGO; ADEOLA, 2009).

3.3. PREJUÍZO NA ABSORÇÃO DE ENERGIA

A redução na digestibilidade da energia metabolizável é decorrente da redução da digestibilidade de nutrientes que geram energia como a glucose (WOYENGO; NYACHOTI, 2013), proteínas associadas aos amidos, e ao próprio amido, que se ligar

ao fosfato (THOMPSON, 1986). Essa redução também poderia ser explicada pela ligação do ácido fítico a enzimas digestivas, como a-amilase, (DESHPANDE; CHERYAN, 1984; LIU et al., 2008) e lipase pancreática (LIU et al., 2009). Além disso, é sugerida a ligação do ácido fítico aos sais biliares, reduzindo a absorção de gorduras e re-absorção dos componentes dos sais (i.e. cálcio) (WOYENGO; NYACHOTI, 2013).

Alguns trabalhos demonstram a redução da concentração de glucose em amostras de soro de frangos submetidos a níveis de ácido fítico dietético (LIU et al., 2008; ONYANGO; ASEM; ADEOLA, 2008).

Outro fato que poderia explicar redução da digestibilidade energética seria resultante à redução da absorção de N e aminoácidos bem como as perdas endógenas destes, decorrentes do ácido fítico dietético (WOYENGO; NYACHOTI, 2013), já mencionado anteriormente.

Assim, é sugerido que o ácido fítico seja considerado um fator antinutricional devido a capacidade tanto de reduzir a absorção quanto de aumentar as perdas endógenas de proteínas na forma de aminoácidos, energia e minerais, parcialmente prejudicando o desempenho dos animais.

4. FITASE

A fitase (Mioinositol hexafosfato fosfohidrolase) é uma fosfatase amplamente estudada na nutrição animal, e responsável por catalisar o fitato ou o ácido fítico. Sua atividade é expressa em número de unidades de fitase (FTU, FYT, U, PU) por unidade de dieta, e sua efetividade é definida pela capacidade de 1 unidade da enzima em liberar 1 μ mol de P-inorgânico por minuto, em pH 5,5 e temperatura de 37° C (GONÇALVES et al., 2016).

As fitases de interesse na produção animal são comumente oriunda de quatro fontes: i) fitase intrínseca às plantas; ii) fitase endógena aos animais; iii) fitase produzida pela microbiota intestinal; iv) e fitase microbiana exógena (SELLE et al., 2010).

A fitase intrínseca às plantas possui baixa capacidade de atuação, é termolábil e inativada em pH ácido, sendo seu emprego em dietas de monogástrico questionável (KONIETZNY; GREINER, 2002).

A fitase endógena aos animais (ou fitase de mucosa), foi primeiramente observada em ratos (PATWARDHAN, 1937) e logo após observada no intestino delgado de suínos e aves (HU; WISE; HENDERSON, 1996; MAENZ; CLASSEN, 1998). Esta enzima tem estrita relação com os níveis de Ca encontrados no meio, uma vez que na presença do complexo fitato-Ca, a fitase de mucosa apresenta decréscimo na degradação do fitato (TAMIM; ANGEL; CHRISTMAN, 2004). É válido salientar que esta age no intestino delgado, configurando assim numa fitase alcalina, pois atua em pH básico.

A fitase produzida pela microbiota intestinal, atua principalmente na porção final do intestino. No entanto, essa degradação tem pouca relevância para a nutrição animal (SELLE et al., 2010).

E, por último, a fitase microbiana exógena, derivadas de fungos e bactérias geneticamente modificados (SELLE et al., 2010). Destes, destacam-se as fitases produzidas por fungos e bactérias. Como exemplo de fungos produtores de fitase comercial, temos *A. niger*, cujos produtos pertencem a primeira geração de fitases, e *Peniophora lycii*. As fitases bacterianas são representadas principalmente pela *E. coli*, cujas apresentam-se como fitases de segunda geração e que, por sua vez, são mais efetivas que a primeira geração (RODRIGUEZ et al., 1999).

4.1. CLASSIFICAÇÃO E MECANISMO DE AÇÃO DAS FITASES

De acordo com o seu pH ótimo, as fitases são classificadas como i) fitases ácidas, como exemplo a fosfatase ácida de histidina, a mais estudada e comumente utilizada; ii) ou as fitases alcalinas, como exemplo as fitases β -hélice (DERSJANT-LI et al., 2015).

Quanto ao sítio de atuação, as fitases não-microbianas apresentaram maior atividade no ceco e intestino delgado (MAROUNEK et al., 2010). Já a fitase exógena, provida por microorganismos, apresentam melhores respostas no trato digestório superior, com pH entorno de 5,2 a 5,8, e declínio nos demais segmentos do intestino, até ter efeito praticamente nulo no íleo de aves (YU et al., 2004). Onyango et al. (2005) sugere que esse fato é devido à ação das enzimas endógenas proteolíticas sobre a

fitase, uma vez que a fitase provida de *E. coli* se apresentou mais resistente que as providas *P. lycii* em seu estudo.

Os mecanismos de ação das fitases baseia-se na quebra sequencial e remoção dos fosfatos do fitato e ácido fítico a partir do IP6, penta-, tetra-, tri-, di-, e monoéster de inositol. Assim, em situação ideal, a desfosforilação completa do ácido fítico (e/ou fitato) apresentará o mioinositol, além de fosfato, aminoácidos, microminerais antes indisponíveis (DERSJANT-LI et al., 2015). No entanto, no organismo animal, comumente tem-se a desfosforilação parcial do ácido fítico e liberação de ésteres (IP5, 4, 3, 2, 1). Porém, segundo Yu et al., (2012), como demonstrado na Figura 2, os níveis de agregação do IP4, 3, 2 e 1 são insignificantes quando comparados ao IP6.

Figura 3: Agregação da proteína da soja pelo IP6(1-6) e IP5 com isômero em diferentes posições.

Fonte: Yu et al., (2012).

4.2. FATORES QUE AFETAM A ATUAÇÃO DAS FITASE

Diversos são os fatores que afetam a efetividade da fitase. Estes fatores podem ser inerentes à própria enzima, à dieta e ao animal, no caso deste estudo, as aves. Dentre os fatores inerentes a enzimas, destacam-se a faixa de pH ótimo de atuação (2,5 a 4,5); resistência a enzimas endógenas (protease); e a afinidade da fitase utilizada ao substrato alvo. Com relação aos fatores dietéticos, podemos citar a

relação Ca:P; conteúdo de P-inorgânico; tamanho da partícula de calcário, níveis de Zn e adição de ácidos orgânicos também são relatados como passíveis de alterar a atuação da fitase. Já os fatores correlacionados as aves são ligados às faixas de pH encontradas ao longo do trato gastrintestinal, em que faixas de pH próximas a 5,8 até 2,5 são encontradas do ingluvírio, proventrículo até a moela, e faixa de pH próximos a neutralidade são encontrados nos demais segmentos do trato (DERSJANT-LI et al., 2015).

4.3. FITASE E O IMPACTOS NO CUSTO DAS DIETAS

De todos os custos que englobam a cadeia produtiva de frangos de corte, a nutrição apresenta-se como a variável que mais impacta no custo de produção do sistema. Esta, nos últimos anos, vem sendo responsável por 65 a 69% dos custos de produção totais (EMBRAPA, 2017).

Dessa forma, atitudes que reduzam os custos oriundos da nutrição, impactam diretamente, de forma positiva, na lucratividade.

Como sugestão para a redução dos custos da dieta teria-se a substituição de ingredientes onerosos por fontes alternativas (i.e. farelo de soja por farinhas animais) (BELLAYER, sd ; TORRETTA, 2017), ou ainda o uso de enzimas exógenas como a fitase (TORRETTA, 2017). Com amplo mercado a ser explorado, a fitase destaca-se como tendência na produção de aves (EMBRAPA, 2017).

Kies et al, (2001) propõem que a utilização de fitase pode reduzir o custo da ração em U\$ 3,00/ton. Segundo Torretta (2017), com o uso da fitase em dietas, tem-se economia de R\$ 6,00 a R\$ 15,00/ton de ração. O autor afirma, ainda, que, com a utilização da fitase, gera-se uma economia média em torno de 2% na ração.

Com a certeza da contribuição enzimática, tem-se a possibilidade de reduzir os níveis de determinados nutrientes na matriz nutricional da dieta. Essa redução proporcionaria diretamente a redução na inclusão de determinados ingredientes. Dessa forma, é correto afirmar que os benefícios econômicos decorrentes da utilização da fitase, são devidos a redução na inclusão de determinados nutrientes na certeza da contribuição nutricional proporcionada pela enzima, sobre ingredientes antes indisponíveis. A isto, conceituamos como valorização na matriz nutricional.

5. FORMAS DE AVALIAÇÃO DA ATUAÇÃO DA FITASE

Existem vários métodos que tem por finalidade avaliar a eficiência dose-resposta da fitase em quebrar o fitato e liberar nutrientes antes indisponíveis, principalmente Ca e P. Modelos *in vivo* aparentemente são os mais utilizados em pesquisa para visualizar o uso dose-resposta da fitase mediante níveis dos minerais. Nelson et al., (1990) relata que não há um padrão biológico para P, sendo necessário levar em consideração, dentre outros, a espécie experimental alvo, fontes do fosfato utilizado, os níveis dietéticos de Ca, bem como as diferenças nos procedimentos de análise, o que podem levar a resultados diferentes mesmo usando uma mesma fonte de P testado. Nesse sentido, são denominados métodos quantitativos (digestibilidade pré-cecal) e métodos qualitativos (retenção, i.e. cinzas ósseas, peso corporal e análise fosfato inorgânico sanguíneo).

Recentemente, a World Poultry Science Association consolidou um protocolo com o objetivo de se padronizar a metodologia e os resultados referentes ao P-disponível, principalmente em frangos de corte (WPSA, 2013). No mesmo protocolo, o grupo pré-define a digestibilidade como o método de eleição para a determinação da disponibilidade de P-disponível. O método de digestibilidade ileal determina diretamente a retenção dos nutrientes da dieta sem precisar de uma curva padrão (BEDFORD; WALK; MASEY O'NEILL, 2016).

De certa forma, a técnica consiste em quantificar a retenção por diferença entre os nutrientes determinados em análise bromatológica prévia das dietas e os observados em amostras de fezes, mediante coleta. No entanto, o método de digestibilidade eleito para tal avaliação deve ser escolhido e conduzido com cautela, uma vez que no método tradicional de avaliação, realizado por coleta em um único período, pode não revelar o real estado de equilíbrio, podendo não apresentar o real valor de absorção atual do animal (BEDFORD; WALK; MASEY O'NEILL, 2016).

No entanto, o mesmo protocolo determina que testes de retenção podem ser utilizados quando a coleta de dados pelo primeiro não forem possíveis. Com isso, outra forma de avaliação da fitase baseia-se na obtenção das cinzas ósseas e a resposta do desempenho animal.

Este método é bastante adotado como avaliativo para a eficácia da biodisponibilidade de fósforo, no caso proveniente da boa atuação da fitase sobre o substrato, uma vez que estas variáveis são mais sensíveis a análises de disponibilidade do fósforo (POTTER, 1988; BEDFORD; WALK; MASEY O'NEILL, 2016) e por serem menos laboriosas (SULLIVAN; DOUGLAS, 1990).

Para tal análise, a tíbia é o osso de eleição, por este apresentar maior facilidade de remoção de tecidos adjacentes e ser quantitativamente removida (AUGSPURGER; UGALDE, 2009). Avaliações levando em consideração resultados de cinzas tibiais e desempenho, durante o ciclo estudado, remontam dados relevantes sobre o efeito final da dose-resposta da fitase (BEDFORD; WALK; MASEY O'NEILL, 2016).

Shastak & Rodehutsord (2015) também classifica como amostras de ossos viáveis para a avaliação da disponibilidade de P, além da tíbia, dedos e pés, por serem fontes de dados confiáveis e apresentarem valores de P-disponível muito similares em frangos.

Assim, a análise de cinzas ósseas, configuram como ferramenta para a avaliação da inclusão de fitase em dietas de frangos de corte por avaliar a deposição de minerais, principalmente P, devido a quebra do ácido fítico.

6. POR QUE UTILIZAR SUPERDOSAGEM DE FITASE?

Para reduzir os efeitos antinutricionais do ácido fítico, o ideal seria sua completa destruição, o mais rápido possível, ainda no trato digestório superior das aves (DERSJANT-LI et al., 2015). Como comentado anteriormente, há alguns fatores que possibilitam ou não essa completa destruição. Um desses fatores está ligado a dose empregada da fitase.

Dessa forma, o conceito de superdosagem de fitase se deu em meados das décadas de 1960 e 1970, e ganhou força nos anos iniciais da década de 1990 com o advento de sua utilização na indústria avícola e suinícola, empregando a enzima na dieta destas espécies. São consideradas superdosagens de fitase, níveis que variam de $\geq 1.500\text{FTU/kg}$ (WALK; SANTOS; BEDFORD, 2014) ou $\geq 2.500\text{FTU/kg}$ (ADEOLA; COWIESON, 2011).

Em trabalho pioneiro, Nelson et al., (1971) avaliaram o emprego de níveis de fitase fúngica, variando de 950 a 7600FTU/kg de fitase, em dietas experimentais de frangos de corte. Estes constataram, além de desaparecimento de 38,9% para 94,4% do fósforo fítico nas respectivas dosagens, o aumento linear do ganho de peso e cinzas ósseas dos frangos aos 21d.

Ao uso de superdosagem de fitase exógena são atribuídas maiores valores para digestibilidade aparente de nutrientes (COWIESON et al., 2017). Trabalhos recentes demonstram maior digestibilidade não somente de Ca e P, mas também aminoácidos (N) e utilização de energia pelos animais em dietas por vezes reduzidas principalmente em Ca e P.

Em trabalho recente, Pieniazek et al., (2017) observaram maior digestibilidade aparente de aminoácidos em frangos de corte de 1- 42d submetidos a dietas com P-reduzidas em 12 a 22% de P- disponível e suplementadas com 2000FTU/kg de fitase quando comparado à suplementação de 500FTU/kg na mesma redução dietética. Além disso, os autores encontraram peso corporal, conversão alimentar e consumo de ração semelhantes ao grupo controle positivo e melhores que a suplementação com 500FTU/kg.

Outro achado atribuído ao uso de superdosagem de fitase tem sido o maior ganho de peso dos animais quando comparados a suplementação dietética de fitase em doses convencionais (500FTU/kg) (WALK; SANTOS; BEDFORD, 2014).

Nestas circunstâncias, Manobhavan et al., (2016) constataram maior ganho de peso de frangos de corte aos 42d submetidos a dieta reduzida em 13 e 12% de P, e suplementada com 5000FTU/kg de fitase. Ainda, os autores concluem que a superdosagem de fitase frente a dosagem padrão atual (500FTU/kg) apresentou maiores benefícios em dietas com baixos níveis de P para frangos de corte.

Ainda, Walk et al., (2013) observaram maior eficiência alimentar de frangos submetidos a dietas reduzidas em 16 e 15% de P e suplementadas com 1500FTU/kg. Os autores atribuem os resultados, à suplementações acima da dose padrão ou em dietas reduzidas marginalmente em P, pela maior liberação de P e redução dos efeitos antinutricionais do fitato.

Os bons resultados para o desempenho de frangos de corte frente à superdosagem de fitase tem sido atribuído a maiores concentrações de *myo*-inositol à disposição do animal. O mioinositol é um poliálcool cíclico na forma de um ciclohexano (Figura 3) (MCDOWELL, 2000) encontrado na natureza na forma de ácido

fítico ou fitato. Estes, quando na presença de superdosagem de fitase, tem-se proposto que há uma quase completa desfosforilação e, conseqüentemente, aumentado as quantidades de mioinositol no intestino animal (WALK; SANTOS; BEDFORD, 2014).

Figura 4: Inositol; Mioinositol; 1,2,3,4,5,6- ciclohexanohehexol; hexahidroxíciclohexano; [C₆H₁₂O₆].

Fonte: (CHEMBLINK, 2017).

Tem-se proposto, ainda, que após a absorção intestinal, o aumento no perfil de mioinositol no sangue aumenta a absorção e o uso deste pelas células, desempenhando várias funções, como crescimento celular e metabolismo, deposição e transporte de gordura, dentre outras. Ainda, é sugerido que este desempenhe funções como nutriente essencial (LEE; BEDFORD, 2016).

Outro problema encontrado com a hidrólise incompleta do ácido fítico no trato gastrointestinal superior é a reformação de novos compostos insolúveis em pH alcalinos do intestino delgado de aves, que não serão absorvidos posteriormente (LIEBERT; WECKE; SCHONER, 1993; ONYANGO; BEDFORD; ADEOLA, 2005)

Em resumo, com a suplementação de superdosagem dietética de fitase, pode se ter a hidrólise quase por completo do ácido fítico. Este fato, traria inúmeros benefícios, como: i) liberação de maiores porções de Ca e P, EM e PB, o que garantiria maior contribuição da enzima na matriz nutricional da dieta e, conseqüentemente, reduções proporcionais no *input* de ingredientes; ii) desfosforilação até a obtenção e aumento no perfil sorológico sanguíneo de mioinositol, caracterizado como um provável nutriente essencial para frangos de corte; iii) redução da quantidade de ácido fítico no intestino delgado, evitando que este se ligue a nutrientes catiônicos, formando novos complexos insolúveis, inacessíveis ao animal.

7. REDUÇÃO DOS CUSTOS DE DIETAS PARA AVES: VALORIZAÇÃO DA MATRIZ NUTRICIONAL E SUPLEMENTAÇÃO COM FITASE EXÓGENA

Comumente a alimentação é caracterizada como a variável que mais impacta no custo de produção de suínos (NIEMI et al., 2010) e aves. Em geral, a alimentação é responsável por 70-80% dos custos totais encontrados na produção destas espécies. Deste custo, alguns ingredientes ganham maior atenção pelo seu alto valor agregado e pela quantidade em que participam nas dietas. Como exemplo, podemos citar as fontes de P-inorgânico, as fontes de óleo e gordura (i.e. óleo de soja), o milho e o farelo de soja, correspondendo nutricionalmente a fontes de P, energia, e proteína das dietas, respectivamente.

Segundo Patience (2013), para suínos, fontes de energia e aminoácidos são os mais onerosas nas dietas, os quais comprometem 87% do custo total das mesmas. De certa forma, este fato pode ser extrapolado para dietas de frangos de corte devido à similaridade na inclusão de ingredientes energéticos e protéicos das duas espécies. Já o P-não fítico é comumente utilizado nas dietas para atender as exigências nutricionais dos animais. No entanto, este é responsável por elevar os custos das dietas (AHMED; ARABI, 2013) e tal fato deve ser levado em consideração na tomada de decisões, quando se pensa em estratégias nutricionais (WPSA, 2013).

Nesse sentido, torna-se imprescindível a utilização de enzimas exógenas como ferramenta, visando a redução de custo nas dietas, por impactar na redução da utilização de determinados ingredientes.

Inicialmente, o uso da fitase dietética foi direcionada para promover a redução do P-não fítico nas dietas e, consequentemente, reduzir a excreção ambiental do P. No entanto, além de liberar o P, é amplamente reconhecido o potencial de ação da enzima sobre a utilização da energia dietética e digestibilidade aminoacídica, possibilitando a valorização nutricional das dietas, não somente em Ca e P, mas também em energia e PB (DERSJANT-LI et al., 2015).

A capacidade da fitase em aumentar o aproveitamento da energia e aminoácidos foi amplamente discutida por Cowieson et al., (2017). Da mesma forma, diversos trabalhos apresentam a efetividade da fitase em liberar Ca e P (DERSJANT-LI et al., 2015).

Diante desse fato, a redução de Ca e P, PB e EM, torna-se uma opção quando referimos à redução de custos na dieta. A esta redução dá-se o nome de valorização da matriz nutricional. No entanto, conhecer a contribuição nutricional oferecida pelas enzimas utilizadas e as exigências nutricionais da categoria animal alvo, são imprescindíveis, para que não ocorram interferências negativas no desempenho animal.

Em trabalho avaliando o efeito da redução de PB, EM Ca e P em dietas de frangos de corte suplementadas com 500FTU/kg, Sousa et al., (2015) observaram que as dietas reduzidas suplementadas com fitase não apresentaram diferença significativa para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar em frangos de corte de 8 a 21 dias.

Também, Lei et al., (2011) não observaram diferença significativa no consumo de ração, produção de ovos, peso corporal final e qualidade de tibia de poedeiras comerciais submetidas a dietas reduzidas em Ca, P, EM e PB e suplementadas com 300FTU/kg de fitase, quando comparadas a uma dieta controle.

Oliveira et al., (2012) não encontraram diferença significativa para ganho de peso em frangos de corte de 8 a 42 dias, e maior retenção de Ca e P em dietas reduzidas em PB, Ca e P e suplementadas com 750FTU/ton. No entanto, os autores observaram maior consumo de ração e conversão alimentar para as dietas com matriz nutricional valorizada e suplementadas com fitase, quando comparadas à dieta controle.

É fato que, conhecendo e considerando as contribuições nutricionais enzimáticas, tanto para Ca e P, quanto para EM e PB, é possível reduzir a inclusão de determinados ingredientes, como óleos vegetais, milho, farelo de soja e principalmente fosfatos, esperando que a suplementação dietética de fitase incremente o que se foi reduzido na matriz nutricional da dieta, reduzindo paralelamente os custos finais das mesmas. De forma empírica e intuitiva, alguns autores relatam os benefícios econômicos com o uso da fitase exógena sobre as dietas de monogástricos devido à redução de determinados ingredientes nas dietas (COWIESON; ADEOLA, 2005). No entanto, são poucos os trabalhos que avaliam estatisticamente os efeitos da suplementação dietética de fitase sobre a dieta de frangos de corte e poedeiras comerciais.

Para a avaliação do efeito econômico da suplementação dietética da fitase, alguns autores propõe o uso de modelos bioeconômicos. Estes são modelos

simplificados, formados por um conjunto de equações matemáticas inter-relacionadas, que utilizam determinadas simulações, com a finalidade de representar economicamente a correlação entre aspectos biológicos dos animais e seus sistemas produtivos visando geralmente a margem bruta, auxiliando, por exemplo, em tomada de decisões (GAMEIRO, 2009).

Alguns trabalhos demonstram a eficácia da suplementação dietética de fitase em promover a redução dos custos da dieta, pela valorização da matriz nutricional. Em estudo Selle et al., (2003) avaliando uma dieta padrão a base de sorgo e farelo de soja, frente a uma dieta alternativa com matriz nutricional valorizada para Ca, P, EM e PB, e suplementadas com fitase, não observaram diferença significativa ($p>0,05$) para desempenho das aves comparando a dieta padrão à dieta com matriz nutricional valorizada e suplementada com fitase. Além disso, os autores evidenciaram menor custo de dieta para as aves submetidas a dietas com matriz nutricional valorizada e suplementadas com fitase, com uma redução de 4,3% no custo de ingrediente por kg de ganho de peso vivo.

Santos et al., (2008) observou índice bioeconômico 30% maior para dietas com matriz nutricional valorizada e suplementadas com fitase para frangos de corte, quando comparada a dieta controle positivo. Segundo os autores, o resultado deve-se ao menor preço apresentado pela dieta com matriz nutricional valorizada.

Rodrigues et al., (2011) encontraram menor custo total para dietas com matriz nutricional valorizada e suplementada com fitase quando comparada a uma dieta com níveis nutricionais adequados. Além disso, a dieta suplementada promoveu desempenho zootécnico semelhante aos animais presentes no grupo controle.

De fato, com base nos trabalhos apresentados, quando comparado o custo de inclusão da fitase na dieta à redução do custo total da dieta, decorrentes da valorização da matriz nutricional, o último se apresenta maior do que o primeiro. Somado a isso, o fato dos animais apresentarem peso vivo semelhante ao final do período experimental implica na não variação do preço pago pela ave. Assim, a diferença levantada seria oriunda tão somente da variação do preço das dietas, viabilizando o uso da enzima.

8. CONCLUSÃO

Em resumo, é possível referir-se ao fitato não somente como o fator antinutricional que é, mas também como uma possível fonte de nutrientes. Nesse contexto, a fitase surge como uma opção economicamente viável. Quando o fitato é hidrolisado devidamente, os nutrientes provenientes da quebra promovem, além da redução nos custos de produção, advindos da valorização da matriz nutricional, o desempenho similar dos animais quando comparados aos submetidos a dietas isonutritivas. No entanto, para que haja tal harmonia entre fitase-fitato, deve-se conhecer a priori a fitase utilizada e principalmente a dose empregada para atingir a hidrólise necessária, bem como sua contribuição na matriz nutricional da dieta.

REFERÊNCIAS

ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. BOARD-INVITED REVIEW: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 10, p. 3189–3218, 1 out. 2011. Disponível em: <<http://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/abstracts/89/10/3189>>. Acesso em: 24 out. 2017.

AHMED, S.; ARABI, M. Effect of Phytase on Protein and Phosphorous Utilization for Broiler Chicks. **University of Bakht Alruda Scientific Journal Issue**, n. 7, p. 1858–6139, 2013. Disponível em: <<http://mag.uofb.edu.sd/wp-content/uploads/2013/07/Effect-of-Phytase-on-protein-and-phosphorous-utilization-for-broiler-chicks.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

AUGSPURGER, N.; UGALDE, E. Comparative phytase utilization in pigs and broiler chickens. In: Congresso sobre manejo e nutrição de aves e suínos., Campinas. **Anais...** Campinas: 2009.

BEDFORD, M. R.; WALK, C. L.; MASEY O'NEILL, H. V. Assessing measurements in feed enzyme research: Phytase evaluations in broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, n. 2, p. 305–314, jun. 2016. Disponível em: <<http://japr.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.3382/japr/pfv073>>. Acesso em: 27 out. 2016.

BELLAVER, C. **Alimentos alternativos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000fzvhctic02wx5ok0q43a0r1cb2tji.html>. Acesso em: 26 set. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: <<http://www.chemblink.com/products/83-86-3.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: < <http://www.chemblink.com/products/14306-25-3.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: < <http://www.chemblink.com/moreProducts/more129832-03-7.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: < <http://www.chemblink.com/products/3615-82-5.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: < <http://www.chemblink.com/moreProducts/more23567-85-3.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: < <http://www.chemblink.com/products/35046-95-8.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: <<http://www.chemblink.com/products/63903-51-5.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: <<http://www.chemblink.com/products/90940-73-1.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHEMBLINK. **Online Database of Chemicals from Around the World**. Disponível em: <<http://www.chemblink.com/products/87-89-8.htm>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. **British poultry science**, v. 45, n. 1, p. 101–8, fev. 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15115207>>. Acesso em: 23 out. 2017.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry science**, v. 85, n. 5, p. 878–85, maio 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16673766>>. Acesso em: 23 out. 2017.

COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrases, Protease, and Phytase Have an Additive Beneficial Effect in Nutritionally Marginal Diets for Broiler Chicks. **Poultry science**, v. 84, p. 1860–1867, 2005.

COWIESON, A. J.; RUCKEBUSCH, J.-P.; SORBARA, J. O. B.; WILSON, J. W.; GUGGENBUHL, P.; ROOS, F. F. A systematic view on the effect of phytase on ileal amino acid digestibility in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 182–194, mar. 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840116310707>>. Acesso em: 7 set. 2017.

DAVIES, N. T.; OLPIN, S. E. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of Zn availability to young rats. **The British journal of nutrition**, v. 41, n. 3, p. 590–603, maio 1979. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/572702>>. Acesso em: 23 out. 2017.

DERSJANT-LI, Y.; AWATI, A.; SCHULZE, H.; PARTRIDGE, G. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 878–896, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4368368/pdf/jsfa0095-0878.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M. Effects of phytic acid, divalent cations, and their interactions on α -amylase activity. **Journal of Food Science**, n. 49, p. 516–519, 1984.

EMBRAPA. **Índice de custos de produção de frangos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>>. Acesso em: 23 out. 2017.

FORDTRAN, J. S.; RECTOR, F. C.; CARTER, N. W.; CARTER, N. W. The

mechanisms of sodium absorption in the human small intestine. **The Journal of clinical investigation**, v. 47, n. 4, p. 884–900, abr. 1968. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5641624>>. Acesso em: 23 out. 2017.

FORSTNER, J. F.; FORSTNER, G. G. Gastrointestinal mucus. In: JOHNSON, L. R. (Ed.). **Physiology of the gastrointestinal tract**. 3. ed. New York, NY: Raven Press, 1994. p. 1255–1283.

GAMEIRO, A. H. ANÁLISE ECONÔMICA APLICADA À ZOOTECNIA: AVANÇOS E DESAFIOS. p. 978–85, 2009. Disponível em: <http://paineira.usp.br/lae/wp-content/uploads/2017/03/Capitulo_Gameiro_III_SPGNA_2009.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2017.

GONÇALVES, M. A. D.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; DEROUCHÉY, J. M.; WOODWORTH, J. C.; GOODBAND, R. D. Fact sheets – comparing phytase sources for pigs and effects of superdosing phytase on growth performance of nursery and finishing pigs. **Journal of Swine Health and Production**, v. 2424, n. 22, p. 97–101, 2016. Disponível em: <<http://www.aasv.org/shap.html>>. Acesso em: 14 set. 2017.

HARA, H.; OHYAMA, S.; HIRA, T. Luminal dietary protein, not amino acids, induces pancreatic protease via CCK in pancreaticobiliary-diverted rats. **American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology**, v. 278, n. 6, p. G937-45, 1 jun. 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10859224>>. Acesso em: 23 out. 2017.

HU, H. L.; WISE, A.; HENDERSON, C. Hydrolysis of phytate and inositol tri-, tetra-, and penta-phosphates by the intestinal mucosa of the pig. **Nutrition Research**, n. 16, p. 781–787, 1996.

KIES, A. K.; VAN HEMERT, K. H. F.; SAUER, W. C. Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilisation. **World's Poultry Science Journal**, v. 57, n. 2, p. 109–126, 2001.

KONIETZNY, U.; GREINER, R. Molecular and catalytic properties of phytate-degrading enzymes (phytases). **International Journal of Food Science and Technology**, n. 37, p. 791–812, 2002.

KUMAR, V.; SINHA, A. K.; MAKKAR, H. P. S.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Phytate and phytase in fish nutrition. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 96, n. 3, p. 335–64, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21692871>>. Acesso em: 21 set. 2016.

LEE, S. A.; BEDFORD, M. R. Inositol -An effective growth promotor? v. 72, n. 4, p. 743–760, 2016. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/99D45E97694B5A4F062D2ECD3BABA576/S0043933916000660a.pdf/inositol_an_effective_growth_promotor.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

LEI, Q. B.; SHI, L. X.; ZHANG, K. Y.; DING, X. M.; BAI, S. P.; LIU, Y. G. Effect of reduced energy, protein and entire substitution of inorganic phosphorus by phytase on performance and bone mineralisation of laying hens. **British Poultry Science**, v. 52, n. 2, p. 202–213, abr. 2011. Disponível em:

<<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071668.2011.562875>>. Acesso em: 4 set. 2017.

LIEBERT, F.; WECKE, C.; SCHONER, F. J. Phytase activities in different gut contents of chickens as dependent on levels of phosphorus and phytase supplementations. (C. Wencke, M. Boessinger, Eds.) In: 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition, Kartause Ittingen, SWI. **Anais...** Kartause Ittingen, SWI: 1993.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D.; COWIESON, A. J. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 12, p. 3432–3439, 2008.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. Di; WANG, J.-P.; LEI, X.-Q. Effect of dietary phytate and phytase on proteolytic digestion and growth regulation of broilers. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, n. 4, p. 292–303, 29 ago. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26967699>>. Acesso em: 24 out. 2017.

LOPEZ, H. W.; LEENHARDT, F.; COUDRAY, C.; REMESY, C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n. 7, p. 727–739, 1 out. 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2621.2002.00618.x>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

LYON, D. B. Studies on the solubility of Ca, Mg, Zn, and Cu in cereal products. **The American journal of clinical nutrition**, v. 39, n. 2, p. 190–5, 1 fev. 1984. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6695824>>. Acesso em: 23 out. 2017.

MAENZ, D. D. Enzymatic and other characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.). **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. [s.l: s.n.]p. 61–84.

MAENZ, D. D.; CLASSEN, H. L. Phytase activity in the small intestinal brush border membrane of the chicken. **Poultry Science**, n. 77, p. 557–563, 1998.

MALMSTROM, B. G.; NEILANDS, J. B. Metalloproteins. **Annual Review of Biochemistry**, v. 33, n. 1, p. 331–354, 28 jun. 1964. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.bi.33.070164.001555>>. Acesso em: 23 out. 2017.

MANOBHAVAN, M.; ELANGOVA, A. V.; SRIDHAR, M.; SHET, D.; AJITH, S.; PAL, D. T.; GOWDA, N. K. S. Effect of super dosing of phytase on growth performance, ileal digestibility and bone characteristics in broilers fed corn-soya-based diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 93–100, fev. 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/jpn.12341>>. Acesso em: 29 maio. 2017.

MAROUNEK, M.; SKŘIVAN, M.; ROSERO, O.; ROP, O. Intestinal and total tract phytate digestibility and phytase activity in the digestive tract of hens fed a wheat-maize-soyabean diet. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 19, n. 3, p. 430–439, 19 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.journalssystem.com/jafs/Intestinal-and-total-tract-phytate-digestibility-and-phytase-activity-in-the-digestive-tract-of-hens-fed-a-wheat-maize-soyabean-diet,66305,0,2.html>>. Acesso em: 7 set. 2017.

MCDOWELL, L. R. Vitamin-like substances. In: MCDOWELL, L. R. (Ed.). **Vitamins in Animal and Human Nutrition**. Ames: Iowa State University Press, 2000. p. 660–666.

MORISSET, J. Negative Control of Human Pancreatic Secretion. **Pancreas**, v. 37, n. 1, p. 1–12, jul. 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18580437>>. Acesso em: 23 out. 2017.

NELSON, T. S.; KIRBY, L. K.; JOHNSON, Z. B. The Relative Biological Value of Feed Phosphates for Chicks. **Poultry Science**, v. 69, n. 1, p. 113–118, 1 jan. 1990. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.3382/ps.0690113>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

NELSON, T. S.; SHIEH, T. R.; WODZINSKI, R. J.; WARE, J. H. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. **Journal of Nutrition**, n. 101, p. 1289–1294, 1971.

NEWKIRK, R. .; CLASSEN, H. . The non-mineral nutritional impact of phytate in canola meal fed to broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, n. 3–4, p. 115–128, 15 jun. 2001. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840101002413>>. Acesso em: 23 out. 2017.

NIEMI, J. K.; SEVÓN-AIMONEN, M. L.; PIETOLA, K.; STALDER, K. J. The value of precision feeding technologies for grow-finish swine. **Livestock Science**, n. 129, p. 13–23, 2010.

OLIVEIRA, J. E. F.; RODRIGUES, P. B.; ALVARENGA, R. R.; ZANGERONIMO, M. G.; LIMA, G. F. R. Amino acid reduction in broiler diets supplemented with phytase and elaborated according to different nutritional plans. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 224–232, abr. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542012000200012&lng=en&tng=en>. Acesso em: 5 set. 2017.

ONYANGO, E. M.; ADEOLA, O. Dietary phytate (inositol hexaphosphate) regulates the activity of intestinal mucosa phytase. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 93, p. 639–646, 2009.

ONYANGO, E. M.; ASEM, E. K.; ADEOLA, O. Phytates reduce uptake of leucine and glutamate but not lysine and glucose from the intestinal lumen of chickens: short communication. **Acta Veterinaria Hungarica**, n. 56, p. 511–514, 2008.

ONYANGO, E. M.; BEDFORD, M. R.; ADEOLA, O. Efficacy of an evolved *Escherichia coli* phytase in diets of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 84, n. 2, p. 248–255, 1 fev. 2005. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.1093/ps/84.2.248>>. Acesso em: 7 set. 2017.

PATIENCE, J. F. Managing energy intake and costs of grow-finish pigs. Advances in Pork Production. In: 2013 Banff Pork Seminar, Banff, CAN. **Anais...** Banff, CAN: 2013.

PATWARDHAN, V. N. The occurrence of a phytin-splitting enzyme in the intestines of albino rats. **Biochemistry Journal**, n. 31, p. 560–564, 1937.

PIENIAZEK, J.; SMITH, K. A.; WILLIAMS, M. P.; MANANGI, M. K.; VAZQUEZ-ANON, M.; SOLBAK, A.; MILLER, M.; LEE, J. T. Evaluation of increasing levels of a microbial phytase in phosphorus deficient broiler diets via live broiler performance, tibia bone ash, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility. **Poultry Science**, v. 96, p. 370–382, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew225>>.

POTTER, L. M. Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weight and toe ash measurements. **Poultry Science**, n. 67, p. 96–102, 1988.

RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W. L.; KORNEGAY, E. T. Phytases: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry Avian Biological Review**, v. 6, p. 125–143, 1995.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; SELLE, P. H.; BRYDEN, W. L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 193–200, maio 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10890216>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

RODRIGUES, V. V.; CANTARELLI, V. de S.; AMARAL, N. de O.; ZANGERONIMO, M. G.; BRITO, J. Á. G. de; FIALHO, E. T. Nutrient reduction in rations with phytase for growing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 370–376, fev. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982011000200019&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 2 ago. 2017.

RODRIGUEZ, E.; PORRES, J. M.; HAN, Y.; LEI, X. G. Different sensitivity of recombinant *Aspergillus niger* phytase (r-PhyA) and *Escherichia coli* pH 2.5 acid phosphatase (r-AppA) to trypsin and pepsin in vitro. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 365, n. 2, p. 262–7, 15 maio 1999. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10328821>>. Acesso em: 23 out. 2017.

SANTOS, F. R.; HRUBY, M.; PIERSON, E. E. M.; REMUS, J. C.; SAKOMURA, N. K. Effect of Phytase Supplementation in Diets on Nutrient Digestibility and Performance in Broiler Chicks. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 2, p. 191–201, 1 jan. 2008. Disponível em: <<https://academic.oup.com/japr/article-lookup/doi/10.3382/japr.2007-00028>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; COWIESON, A. J.; BEDFORD, M. R. Phytate and phytase. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.). **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. 2. ed. Bodmin, UK: CABI, 2010. p. 160–205.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; PITTOLO, P. H.; BRYDEN, W. L. Effects of Phytase Supplementation of Diets with Two Tiers of Nutrient Specifications on Growth Performance and Protein Efficiency Ratios of Broiler Chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 16, n. 8, p. 1158–1164, 2003.

SHASTAK, Y.; RODEHUTSCORD, M. Recent developments in determination of available phosphorus in poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 283–292, 2015.

SOUSA, J. de; ALBINO, L.; VAZ, R.; RODRIGUES, K.; DA SILVA, G.; RENNO, L.;

BARROS, V.; KANEKO, I.; SOUSA, J. de; ALBINO, L.; VAZ, R.; RODRIGUES, K.; DA SILVA, G.; RENNO, L.; BARROS, V.; KANEKO, I. The effect of dietary phytase on broiler performance and digestive, bone, and blood biochemistry characteristics. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 17, n. 1, p. 69–76, mar. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2015000100069&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 4 set. 2017.

SULLIVAN, T. W.; DOUGLAS, J. H. Phosphorus bioassay: development in five decades. In: Nutrition for the nineties., Mundellein. **Anais...** Mundellein: 1990.

TAMIM, N. M.; ANGEL, R.; CHRISTMAN, M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. **Poultry Science**, n. 83, p. 1358–1367, 2004.

THOMPSON, L. U. Phytic acid: A factor influencing starch digestibility and blood glucose response. In: ERNST, E. (Ed.). **Phytic acid: Chemistry and applications**. Minneapolis, MN: Pilatus Press, 1986. p. 173–194.

THOMPSON, L. U.; YOON, J. H. Starch Digestibility as Affected by Polyphenols and Phytic Acid. **Journal of Food Science**, v. 49, n. 4, p. 1228–1229, 1 jul. 1984. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1984.tb10443.x>>. Acesso em: 23 out. 2017.

TORRETTA, M. **Redução de custo: Estratégias na produção do frango de corte**. Disponível em: <<http://www.agroceresmultimix.com.br/blog/reducao-de-custo/>>. Acesso em: 26 set. 2017.

WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; SANTOS, T. S.; PAIVA, D.; BRADLEY, J. R.; WLADECKI, H.; HONAKER, C.; MCELROY, A. P.; J., V. G. Extra-phosphoric effects of superdoses of a novel microbial phytase. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 719–725, 1 mar. 2013. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.3382/ps.2012-02727>>. Acesso em: 8 set. 2017.

WALK, C. L.; SANTOS, T. T.; BEDFORD, M. R. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 5, p. 1172–1177, 1 maio 2014. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.3382/ps.2013-03571>>. Acesso em: 29 maio. 2017.

WOYENGO, T. a.; NYACHOTI, C. M. Review: Anti-nutritional effects of phytic acid in diets for pigs and poultry – current knowledge and directions for future research. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 9–21, 2013. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/cjas2012-017>>.

WPSA. Determination of phosphorus availability in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, n. 3, p. 687–698, 5 set. 2013. Disponível em: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0043933913000688>. Acesso em: 7 ago. 2017.

YU, B.; JAN, Y. C.; CHUNG, T. K.; LEE, T. T.; CHIOU, P. W. S. Exogenous phytase activity in the gastrointestinal tract of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 117, n. 3–4, p. 295–303, dez. 2004. Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840104002019>>. Acesso em: 7 set. 2017.

YU, S.; COWIESON, A.; GILBERT, C.; PLUMSTEAD, P.; DALSGAARD, S. Interactions of phytate and myo-inositol phosphate esters (IP1-5) including IP5 isomers with dietary protein and iron and inhibition of pepsin. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 6, p. 1824–1832, 2012.

ZEBROWSKA, T.; LOW, A. G.; ZEBROWSKA, H. Studies on gastric digestion of protein and carbohydrate, gastric secretion and exocrine pancreatic secretion in the growing pig. **The British journal of nutrition**, v. 49, n. 3, p. 401–10, maio 1983. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6407523>>. Acesso em: 23 out. 2017.

CAPÍTULO II

ANÁLISE ECONÔMICA E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE
SUBMETIDOS A DIETAS COMERCIAIS COM MATRIZ NUTRICIONAL
VALORIZADA E SUPLEMENTADAS COM SUPERDOSING DE FITASE

1. INTRODUÇÃO

Dentre os vários fatores que afetam o custo de produção animal, o montante investido em dietas é o mais expressivo de todos, representando cerca de 70% do custo total (EMBRAPA, 2017). Nesse contexto, fontes de energia e aminoácidos (PATIENCE, 2013), e fósforo (Pd; i.e. fosfato bicálcico) (AHMED; ARABI, 2013) são os que mais impactam no custo das dietas, que quando somados, podem representar mais de 80% do custo da dieta.

Assim, a redução da participação destes ingredientes nas dietas, podem contribuir para a diminuição dos custos de produção de frangos de corte. No entanto, nessa realidade, para a manutenção dos níveis nutricionais das dietas, faz-se necessário a utilização de enzimas exógenas, capazes de liberar determinados nutrientes antes indisponíveis para absorção animal, a fim de se mantê-las isonutritivas.

Nesse contexto, enzimas como a fitase são responsáveis não somente por aumentar a disponibilidade de Ca e Pd, como consequentemente reduzir a excreção de componentes potencialmente poluentes. O seu uso é consensual na nutrição de aves empregado em dose de 500FTU/kg. Esta, aliada a redução da matriz nutricional de Ca e P, demonstra reduzir os custos das dietas sem reduzir o desempenho zootécnico dos animais. Nos últimos anos, o conceito de superdosing tem demonstrado efeitos benéficos sobre o desempenho das aves (WALK; SANTOS; BEDFORD, 2014) e retenção de nutrientes (COWIESON et al., 2017) em dietas suplementadas com doses de 1500 FTU/kg (BEESON et al., 2017) e níveis superiores (MANOBHAVAN et al., 2016; PIENIAZEK et al., 2017).

No entanto, para nosso conhecimento, trabalhos que avaliem os benefícios econômicos do uso de superdosagem de fitase em dietas associando valorização de proteína bruta (PB) e energia metabolizável (EM) à valorização de Ca e Pd na matriz nutricional das dietas são pouco.

Com isso, a hipótese levantada sugere que a suplementação dietética com superdosagem de fitase, acima da dosagem padrão atual (500FTU/kg), em dietas comerciais com matriz nutricional valorizada para Ca, Pd, PB e EM promoveria o desempenho zootécnico similar de frangos de corte quando comparados aos animais submetidos à dieta com matriz não valorizada e valorizada com 500FTU/kg. Além

disso, foi hipotetizado que as dietas suplementadas com superdosagem de fitase apresentariam menores custo de alimentação e maiores lucratividade quando comparada às demais dietas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como o objetivo avaliar os benefícios econômicos do emprego de superdosagem de fitase em dietas comerciais com matriz nutricional valorizada, bem como seus efeitos sobre o peso, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, mineralização óssea, rendimento de carcaça e cortes nobres de frangos de corte de 1 a 42 dias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos e protocolos foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, de acordo com a lei Arouca (No. 11.794 de 8 de Outubro de 2008).

2.1. PRODUTO USADO

A 6-fitase microbiana utilizada (Grupo MCassab do Brasil, São Paulo, Brasil) teve atividade enzimática declarada pelo fornecedor de 5.000 unidades / g do produto. A enzima é proveniente de cepas de *E. coli* modificadas, cultivadas em culturas de *Pichia pastoris*. Para o estudo, a atividade enzimática do produto teste foi mensurada estimando o número de micromoles de P inorgânico do fitato de sódio em um minute em temperatura de 37 ° C em pH de 5.5 (1 FTU = 1 μmol P inorgânico / min).

2.2. AVES E ALOJAMENTO

Um total de 1200 pintos de 1d (Cobb 500 x Cobb 500) foram obtidos de incubatório comercial local e distribuídos aleatoriamente em 100 boxes.

A temperatura ambiente foi controlada por ventilação forçada com ventiladores axiais e aquecidos por lâmpadas infravermelhas (1 unidade / box). Cada box media 1 m² respeitando a densidade de 30 kg / m², respeitando as recomendações da empresa.

Para alimentação e dessedentação, foram utilizados comedouros tubulares e bebedouros tipo nipple, provendo água e ração *ad libitum*. Todas os manejos gerais (i.e. programa de luz) foram seguidos de acordo com as recomendações do manual da linhagem.

2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS

Quatro dietas experimentais foram distribuídos aleatoriamente em 25 repetições e 12 aves por repetição. A composição das dietas (Tabela 1, 2) seguiram as recomendações de Rostagno et al., (2011) com alterações, para frangos de corte com desempenho regular, com redução nos níveis de Ca e P disponível, energia metabolizável e proteína bruta (Tabela 3).

As dietas foram formuladas em um programa de alimentação composto por três fases: Inicial) 1 a 21d; Crescimento) 22 a 34d; e Final) 35 a 42d. As reduções propostas para os tratamentos foram: Inicial) Redução de 0.15%, 0.12%, 23, 0.23% para o tratamento 500; 0.17% e 0.13%, 29 kcal e 0.29% para o tratamento 1000; 0.19%, 0.14%, 34 kcal e 0.34% para o tratamento 1500; Crescimento) Redução de 0.11%, 0.17%, 23 kcal e 0.24% para o tratamento 500; 0.15%, 0.20%, 30 kcal, 0.31% para o tratamento 1000; e 0.17%, 0.23%, 35 kcal e 0.36% para o tratamento 1500; e Final) Redução de 0.08%, 0.13%, 23 kcal e 0.24% para o tratamento 500; 0.12%, 0.14%, 30 kcal e 0.31%, para o grupo 1000; e 0.14%, 0.15%, 35 kcal e 0.36% para o grupo 1500, para os níveis de Ca, P disponível, EM e PB, respectivamente.

2.4. CRESCIMENTO E COLETA DE AMOSTRAS

Ganho de peso e consumo de ração foram determinados com base na média de cada box, ao final de cada fase (21, 34 e 42 dias de idade). A conversão alimentar foi calculada em g de alimento/ g de ganho de peso. Ganho de peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar fora, corrigidos pela mortalidade foram calculadas de 1 a 21d, 1 a 34d e 1 a 42d.

Ao final do período experimental (42d) após 12 horas de jejum alimentar, três aves foram selecionadas, tendo o peso corporal médio do box utilizado como critério de seleção, seguindo a pesagem individual das aves ($e = 0.002$). Após, as aves foram anilhadas e transportadas para o Abatedouro Escola, no mesmo *campus*.

Tabela 1: Composição das dietas em cada fase do programa de alimentação.

	INICIAL 1 – 21d				CRESCIMENTO 22-34d				FINAL 35-42d			
	C	500	1000	1500	C	500	1000	1500	C	500	1000	1500
Milho	59,59	61,82	62,43	62,9	64,00	66,35	66,98	67,55	68,75	71,10	71,79	72,34
Farelo de soja	34,73	33,81	33,57	33,37	30,25	29,28	29,06	28,83	25,89	24,91	24,63	24,41
Óleo de soja	1,55	0,66	0,42	0,23	2,41	1,49	1,24	1,02	2,22	1,30	1,03	0,81
Fosfato bicálcico	1,66	1,17	1,01	0,90	1,26	0,72	0,56	0,33	1,05	0,51	0,34	0,11
Calcário calcítico	0,81	0,87	0,90	0,92	0,79	0,87	0,89	0,99	0,72	0,80	0,82	0,92
Premix ¹	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Sal comum	0,42	0,42	0,42	0,42	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Lisina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18	0,19	0,19	0,19	0,24	0,25	0,25	0,26
Treonina	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06
DL-Metionina	0,08	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valina	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06
Fitase	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,02	0,03	0,000	0,01	0,02	0,03
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Premix com agente anticoccidiano, promotor de crescimento e colina, fornecendo as seguintes quantidades de vitaminas e minerais por kg de dieta para 1 a 21d: colina, 0,261g; vitamina A, 11.000 UI; vitamina D3, 1,6 IU; vitamina E, 16 IU; vitamina K3, 1,5 mg; tiamina, 1,2 mg; riboflavina, 4,5 mg; vitamina B6, 2 mg; vitamina B12, 16 mcg; ácido pantotênico, 9,2 mg; niacina, 35 mg; biotina, 0,06 mg; ácido fólico, 0,4 mg; Mn, 60 mg; Fe, 30 mg; Zn, 60 mg; Cu, 9 mg; I, 1 mg; e Se, 0,25 mg; avilamicina, 10 mg; nicarbazina, 40 mg; senduramicina, 15mg. Para a idade de 22 a 34 d: colina, 0,22g; vitamina A, 9.000 UI; vitamina D3, 1600 IU; vitamina E, 14 IU; vitamina K3, 1,5 mg; tiamina, 1 mg; riboflavina, 4 mg; vitamina B6, 1,8 mg; vitamina B12, 12 mcg; ácido pantotênico, 8,28 mg; niacina, 30 mg; biotina, 0,05 mg; ácido fólico, 0,3 mg; Mn, 0,06 g; Fe, 30 mg; Zn, 0,06 g; Cu, 9 mg; I, 1 mg; e Se, 0,25 mg; avilamicina, 10 mg; salinomicina, 0,066 g; e para a idade de 35 a 42 d: colina, 0,13g; vitamina A, 2.700 UI; vitamina D3, 450 IU; vitamina E 4,5 IU; vitamina K3, 0,45 mg; tiamina, 0,27 mg; riboflavina, 0,9 mg; vitamina B6, 0,36 mg; vitamina B12, 2,7 mcg; ácido pantotênico, 3,312 mg; niacina, 4,5 mg; biotina, 0,014 mg; Mn, 0,06 g; Fe, 30 mg; Zn, 0,06 g; Cu, 9 mg; I, 1 mg; e Se, 0,18 mg.

Tabela 2: Composição nutricional das dietas em cada fase do programa de alimentação.

	INICIAL 1 – 21d				CRESCIMENTO 22-34d				FINAL 35-42d			
Níveis calculados	C	500	1000	1500	C	500	1000	1500	C	500	1000	1500
EM, kcal/kg	2983	2960	2954	2949	3100	3077	3070	3065	3150	3127	3120	3115
Proteína bruna, %	21,27	21,04	20,98	20,93	19,50	19,26	19,19	19,14	18,00	17,76	17,69	17,64
Ca %	0,85	0,75	0,72	0,70	0,73	0,62	0,59	0,57	0,64	0,53	0,50	0,48
P, %	0,42	0,33	0,30	0,28	0,34	0,24	0,21	0,19	0,30	0,20	0,17	0,15
Na, %	0,21	0,21	0,21	0,21	0,200	0,200	0,200	0,200	0,195	0,195	0,195	0,195
Lys, %	1,219	1,207	1,203	1,201	1,078	1,064	1,060	1,058	0,984	0,982	0,981	0,980
Met, %	0,476	0,475	0,474	0,474	0,490	0,488	0,487	0,486	0,418	0,416	0,415	0,414
Met + Cis, %	0,879	0,875	0,873	0,872	0,754	0,749	0,747	0,746	0,670	0,665	0,663	0,662
L-Tre, %	0,793	0,779	0,775	0,773	0,701	0,687	0,683	0,681	0,656	0,654	0,652	0,653
Val, %	0,939	0,925	0,921	0,919	0,841	0,827	0,823	0,821	0,788	0,786	0,785	0,784
Níveis analisados												
Matéria seca, %	88,65	89,15	88,42	88,42	89,16	88,76	88,79	88,55	89,01	88,92	88,49	89,13
Proteína bruta, %	21,49	20,41	20,39	20,06	19,53	19,29	19,21	19,05	17,54	17,49	17,30	17,24
Extrato etéreo, %	4,93	4,32	4,56	4,57	6,63	5,75	5,49	5,12	5,41	4,93	4,81	4,73
Fibra bruta, %	2,29	2,11	2,01	1,95	3,05	3,10	2,76	2,84	2,43	2,72	2,38	2,74
Cinzas, %	4,64	4,18	4,32	4,40	4,87	4,16	3,66	3,83	4,12	3,42	3,28	3,11
Ca, %	0,84	0,69	0,67	0,65	0,75	0,64	0,60	0,58	0,67	0,59	0,55	0,53
P, %	0,64	0,52	0,51	0,50	0,62	0,45	0,42	0,39	0,51	0,38	0,37	0,36

Tabela 3: Reduções nutricionais calculada em cada fase de crescimento.

	500	1000	1500
Inclusão de fitase (%)	0,01	0,02	0,03
<i>1 to 21d</i>			
EM, kcal/kg	23	29	34
PB, %	0,23	0,29	0,34
Ca, %	0,10	0,13	0,15
Pd, %	0,09	0,12	0,14
<i>22 to 42d</i>			
EM, kcal/kg	23	30	35
PB, %	0,24	0,31	0,36
Ca, %	0,11	0,14	0,16
Pd, %	0,10	0,13	0,15

As aves foram insensibilizadas por eletronarcolese, exsanguinadas, escaldadas, depenadas e manualmente evisceradas, seguindo os procedimentos descritos por Pillai et al., (2006) com alterações. Após o pré-chiller, as aves tiveram pés, pescoço e cabeça retiradas e levadas a câmara fria, por 24 horas a -8°C .

Em seguida, as carcaças foram pesadas individualmente ($e = 0.002$) a fim de obter os dados de rendimento de carcaça e, depois, separados im peito, pernas (coxa e sobrecoxa) e pesadas ($e = 0.002$). Após, a tíbia direita foi removida para futuras avaliações da mineralização óssea.

Para a determinação das cinzas ósseas, as tíbias direitas foram retiradas de cada animal no momento da avaliação do rendimento de carcaça e devidamente identificadas e encaminhadas ao laboratório CBO (Campinas, São Paulo). Seguindo metodologia, as tíbias foram desengorduradas em extrator Soxlet por aproximadamente 8 horas, utilizando éter etílico. Sequencialmente a isso, as tíbias foram pré-secas em estufa a 105°C e posteriormente encaminhadas a mufla sob temperatura de 600°C (SILVA; QUEIROZ, 2004).

2.5. ANÁLISES ECONÔMICAS

Para a análise dos respectivos custos das dietas e avaliação de benefício-custo e lucratividade foi utilizada metodologia proposta por (GAMEIRO, 2009).

Os preços médios por ingredientes praticados na formulação das dietas, no estudo e utilizados nos cálculos, foram adquiridos por meio de levantamento da série histórica de dez anos de cada ingredientes em bases de dados nacionais (IEA-SP/ ESALQ-USP/ CONAB), empresas especializadas em consultoria agropecuária (Scot Consultoria), e preços praticados na região do estado de São Paulo.

Todos os valores foram deflacionados utilizando os valores do Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC/IBGE) para o mês de julho/2016. Os valores encontrados em R\$ (reais) foram transformados em dólar (US\$) de acordo com a cotação da moeda no período (US\$ 1= R\$ 3,28) de desenvolvimento do experimento e levantamento.

Os preços por kg (R\$) de ingredientes utilizados foram: milho, R\$ 0,60 (US\$ 0,18); farelo de soja, R\$ 1,33 (US\$ 0,41); óleo de soja, R\$ 3,28 (US\$ 1,00); fosfato bicálcico, R\$ 1,86 (US\$ 0,57); calcário calcítico, R\$ 0,12 (US\$ 0,04); suplemento vitamínico-mineral, R\$ 12,73 (US\$ 3,88); sal comum, R\$ 0,73 (US\$ 0,22); L-lisina, R\$ 6,60 (US\$ 2,01); L-treonina, R\$10,46 (US\$ 3,19); DL-metionina, R\$ 11,78 (US\$ 3,59); L-valina, R\$ 21,77 (US\$ 6,64); fitase, R\$ 14,76 (US\$ 4,50).

O preço pago por pinto de um dia foi igual a R\$ 1,60 (US\$ 0,49). O preço médio praticado por kg de ave viva foi considerado R\$ 2,78 (US\$ 0,85). Para a obtenção do preço da dieta foi considerado o valor da inclusão de cada ingredientes em um kg de dieta/ fase.

Os custos totais de produção foram estimados de acordo com a Central de Inteligência de Aves e Suínos para o mês de junho de 2016 (EMBRAPA, 2017).

Foram estimados os fatores que contemplam os custos totais de produção: i) mão-de-obra (4,78%); ii) transporte (3,89%); iii) depreciação (1,95%); iv) energia elétrica/ cama/ calefação (1,75%); v) custo de capital (1,61%); vi) manutenção/ financeiro/ Funrural (brazilian social security tax) (0,65); vii) sanidade (0,08%); viii) diversos/outros (0,20%); ix) pinto de 1d (10,82%). O valor do pinto de um dia foi desconsiderado do modelo, por seu valor real ser obtido no momento da compra. A nutrição utilizada no estudo apresentou valor total de R\$ 5.445,41 (US\$ 1.660,19).

Para o experimento, este valor teve participação simulada de 74,26% dos custos (ICPFrangos/Embrapa) (EMBRAPA, 2017)..

Os valores foram estimados a partir da obtenção do custo total das dietas utilizadas no estudo, e extrapolados para as demais variáveis de acordo com a porcentagem da participação sugerida pelo autor e dividida pelo número de aves utilizadas no estudo. O valor encontrado foi de R\$ 0,91/ave no mês de junho/2016.

$$\text{Custo variável/ave} = \left[\left(\frac{CNE * 100}{\% CN} \right) - (CNE + CTP) \right] / 1200 = R\$ 0,91/\text{ave}$$

CNE = Custo da nutrição do estudo (R\$);

CN = Custo da nutrição sugerida pela EMBRAPA (2017; R\$);

CTP = Custo total estimado do pinto de 1d, sugerido pela EMBRAPA (2017; R\$);

1200 = número de aves utilizadas no estudo.

O custo das dietas por fase (custo da dieta Inicial, CDI; Custo da dieta de crescimento, CDC; custo da dieta final, CDF) foram determinados pela soma do custo dos ingredientes a partir do consumo médio de cada unidade experimental, como demonstrado no exemplo a seguir:

$$\begin{aligned} CR_F \text{ ave, } g &= \sum \square CR \text{ ave fase } (\%M; \%FS; \%O; \%F; \%C; \%Di); \\ CD_F \text{ ave, } \$/g &= \sum CR \text{ ave fase } (\%M \times PM; \%FS \times PFS; \%O \times O; \%F \times PF; \%C \times PC; \%Di \times PDi) \end{aligned}$$

Em que:

CR_F = Consumo de ração por fase (g/ave);

CD_F = Custo da dieta por fase (R\$/ave);

P = preço (R\$);

% = Porcentagem da participação do ingrediente na dieta (determinada pela fórmula);

M = Milho (R\$/kg);

FS = Farelo de soja (R\$/kg);

O = Óleo de soja (R\$/L);

F = Fosfato bicálcico (R\$/kg);

C = Calcário calcítico (R\$/kg);

Di = Demais ingredientes (R\$/kg);

Para a determinação dos cálculos e indicadores econômicos almejados, as seguintes variáveis primárias foram consideradas: preço da dieta (PD); peso médio das aves vivas (PMV); consumo de ração por ave/fase (CRA); preço pago por kg de ave viva (PPA); preço pago por pinto (PP); custos variáveis/ave (CVA). Com base nas variáveis primárias, foram obtidos os seguintes indicadores econômicos: custo total da dieta (CTD) = CDI + CDC + CDF; Margem Líquida por Ave (MLA) = (PMV x PPA) – (CTD+PP+CVA); Margem Bruta por Ave: (PMV x PPA) – (CTD).

$$CTD_{ave, \$} = \sum (CDI, CDC, CDF)$$

Em que:

CDI = Custo da dieta inicial por ave (R\$/ave);

CDC = Custo da dieta de crescimento por ave (R\$/ave);

CDF = Custo da dieta final por ave (R\$/ave);

$$ML_{ave, \$} = (PPA \times PC) - \sum (CTD, PP, CV)$$

$$MB_{ave, \$} = (PPA \times PC) - (CTD)$$

PP = preço do pinto de 1d (R\$/ave);

PPA = preço pago por ave (R\$/ave);

PC = peso corporal final (kg/ave);

CTD = Custo total da dieta (R\$/ave);

CV = Custo variável (R\$/ave);

Para a análise de sensibilidade das dietas, foram consideradas a participação do milho, farelo de soja, óleo de soja e fosfato bicálcico separadamente dentro do consumo médio de ração/ave por unidade experimental, por fase e total, no programa de alimentação proposto. O valor dos ingredientes foram estimados em R\$/ g/ave e depois transformados para US\$/g/ave.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, o box foi considerado como a unidade experimental. Os dados foram utilizados pela média dos 12 animais presentes no box. Para as análises dos indicadores econômicos foram utilizados dados médios obtidos por cada unidade experimental de cada tratamento.

Todos os dados foram analisados usando o procedimento GLM do SAS (SAS software release 9.1, SAS Institute Inc. Cary, NC). A média dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey e as diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DESEMPENHO

Não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis analisadas para desempenho (peso, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar) Os efeitos da suplementação de fitase em dietas deficientes no desempenho (Tabela 4, $p > 0,05$).

Os resultados obtidos demonstraram que os animais submetidos a dietas com matriz nutricional valorizada e suplementada com fitase apresentou desempenho similar aos animais submetidos a dieta controle. Resultados similares foram encontrados por Zhou, et al., (2008), quando avaliou a suplementação dietética de fitase em frangos de corte de 1 a 48 dias, nas doses de 500 e 750FTU/kg de fitase bacteriana. Os autores observaram ganho de peso médio, consumo de ração, e conversão alimentar similares nos animais submetidos às dietas suplementadas quando comparados aos animais submetidos a dieta isonutritiva.

Olukosi et al. (OLUKOSI et al., 2013), avaliando a eficácia de uma 6-fitase em diferentes níveis de suplementação em dietas deficientes em Ca e P para frangos de

corde até os 21d, observaram melhor ganho de peso e eficiência alimentar ($p<0,05$) pelos animais suplementados com 500, 1000 e 2000FTU/kg.

Tabela 4: Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.

	C	500	1000	1500	SEM	P-value
<i>1 to 21d</i>						
Peso inicial, g	46	46	46	46	0.070	0.575
Consumo de ração, g	1,143	1,149	1,174	1,152	3.000	0.095
Ganho de peso, g	792	790	795	793	5.000	0.954
CA, g:g	1,442	1,455	1,474	1,450	0.010	0.100
<i>1 to 34d</i>						
Consumo de ração, g	3,247	3,206	3,258	3,225	111.000	0.361
Ganho de peso, g	1,987	1,972	1,980	1,974	67.000	0.871
CA, g:g	1,635	1,626	1,646	1,634	0.038	0.350
<i>1 to 42d</i>						
Consumo de ração, g	4,797	4,794	4,847	4,816	22.000	0.821
Ganho de peso, g	2,747	2,736	2,738	2,732	11.000	0.972
CA, g:g	1,736	1,744	1,764	1,750	0.004	0.094

a,b,c= Nível de significância $p<0.05$.

C= dieta controle com níveis adequados em Ca e P disponível; 500= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 500 FTU de fitase; 1000= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 1000 FTU de fitase; 1500= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 1500 FTU de fitase;

Neste experimento, as dietas avaliadas apresentavam redução não somente de Ca e P, mas também de energia metabolizável e proteína. É sabido que a desfosforilação do fitato reduz a capacidade quelante e aumenta a digestibilidade não somente de Ca e P, mas também de energia e aminoácidos (SELLE; RAVINDRAN, 2007). Diversos trabalhos demonstram a eficácia da phytase, sozinha ou combinada a outras enzimas, em proporcionar o desempenho das aves e a uniformidade das mesmas, frente a dietas com redução nutricional (COWIESON; ADEOLA, 2005;

COWIESON; ACAMOVIC; BEDFORD, 2006; COWIESON; SINGH; ADEOLA, 2006). Assim, a fitase além de disponibilizar Ca e P, também aumenta a digestibilidade de energia e aminoácidos (RAVINDRAN et al., 2000, 2001).

Pieniazek et al., (2017), em trabalho recente, observou maior coeficiente de digestibilidade de energia em dietas suplementadas com 2.000 U/kg de fitase. Assim como houve maior coeficiente de digestibilidade de aminoácidos em dietas suplementadas com 250 U/kg de fitase.

É sabido que o ácido fítico se liga a outros nutrientes dietéticos como Ca, Fe, Zn (SANDBERG et al., 1993) ou proteínas (CARNOVALE; LUGARO; LOMBARDI-BOCCIA, 1988; THOMPSON, 1993) no trato digestivo dos monogástricos (THOMPSON, 1993). O sucesso no uso de enzimas exógenas no desempenho animal por exemplo, pode estar ligado com a maior liberação de P pela ação da fitase no ácido fítico, liberando aminoácidos e energia, antes encapsulados e portanto, indisponíveis (SLOMINSKI, 2011).

Uma das características da fitase é tornar disponível nutrientes presentes em ingredientes vegetais antes complexados na forma de fitato. Ainda, é sabido que quando não há a completa desfosforilação do ácido fítico, este pode complexar compostos catiônicos ainda no intestino delgado, tornando insolúveis, portanto inabsorvíveis (LIEBERT; WECKE; SCHONER, 1993; ONYANGO; BEDFORD; ADEOLA, 2005).

É possível que, com o aumento na suplementação de fitase dietética, houve também o aumento na liberação não somente de Ca, P, mas também energia e proteína, ligadas ao ácido fítico. Ainda, houve a maior desfosforilação completa do ácido fítico dietético impedindo-o de agregar a componentes catiônicos e formar complexos insolúveis.

Este fato justificaria que, mesmo com a redução da matriz nutricional dos nutrientes citados, não tenha havido redução no desempenho zootécnico dos animais por ter havido compensação de uma maior liberação dos nutrientes na dose estudada.

3.2. RENDIMENTO DE CARÇA E CINZA ÓSSEA

Não foi observada diferença significativa para rendimento de carcaça e rendimento de pernas. No entanto, houve maior rendimento de peito apresentado pelos animais submetidos a dietas suplementadas com 1500FTU/kg (Tabela 5, $p<0,05$).

Tabela 5: Parâmetros de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.

	C	500	1000	1500	SEM	P-value
¹ Carcass, %	71,60	71,53	71,59	71,74	0,120	0,935
² Breast, %	32,05 ^c	32,37 ^b	32,12 ^c	32,88 ^a	0,110	0,037
Legs, %	32,27	31,31	32,35	32,19	0,180	0,137

a,b,c= Nível de significância $p<0.05$.

¹ Carcaça eviscerada, sem cabeça pescoço e pés.

² Peito sem pele e ossos.

C= dieta controle com níveis adequados em Ca e P disponível; 500= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 500 FTU de fitase; 1000= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 1000 FTU de fitase; 1500= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 1500 FTU de fitase;

Os resultados obtidos neste estudo para rendimento de carcaça e peito corroboram com os resultados encontrados por Pillai, et al., (PILLAI et al., 2006) em estudo comparando fitase bacteriana à fitase fúngica em dietas reduzidas em Ca e P e suplementadas com 600FTU/kg. O autor encontrou melhor resultado para rendimento de peito ($p<0.05$) mas não encontrou diferença significativa no resultado de rendimento de carcaça.

Também, Campasino et al., (2014) observaram efeito similar no rendimento de peito de frangos machos aos 42d. Os autores observaram melhor resultado pelos animais com dieta deficientes em P e suplementadas com 1600FTU/kg quando comparado ao grupo controle.

A maior disponibilidade dos nutrientes devido a suplementação de fitase pode justificar os rendimentos de carcaça e pernas similares entre os tratamentos suplementados com fitase e o grupo submetido a dieta controle. Observando o estudo de Havenstein et al., (2003) que avaliou a composição de carcaça de mesma linhagem

de frangos de corte de 1957 a 2001, é possível verificar o maior desenvolvimento percentual da musculatura de peito e rendimento de carcaça. Com isso, acreditamos que as linhagens modernas de frangos de corte preconizam o maior rendimento de carcaça e cortes nobres, como o peito, justificado pelo maior desvio de nutrientes para a musculatura peitoral.

De acordo com com Rosen (2002) o fator preponderante que influencia na resposta da fitase é a dose empregada. Assim, a suplementação de 1500FTU/kg pode ter desencadeado o melhor efeito da fitase sobre o ácido fítico, com maior liberação de nutrientes, antes indisponíveis, sendo utilizados principalmente na deposição da musculatura peitoral.

Além disso, tem sido discutido que parte do efeito benéfico do uso de fitase microbiana na nutrição de aves seria causada pela liberação do *miinositol*, a partir da desfosforilação completa do ácido fítico dietético (COWIESON; WILCOCK; BEDFORD, 2011; WALK; SANTOS; BEDFORD, 2014). O *miinositol* é tido como um nutriente que pode ter caráter essencial e que desempenhando funções de crescimento celular e metabolismo, deposição e transporte de gordura, dentre outras (LEE; BEDFORD, 2016).

Estudos concluem que a adição de *miinositol* em dieta de frangos de corte aumentou significativamente o ganho de peso, especialmente ao final do período de crescimento e terminação. Em estudo, Pirgozliev et al. (2007) submetendo frangos de corte a dietas deficientes em P, suplementadas com 0,25% de *miinositol* de 7 a 17 dias de idade, observou maior consumo de ração diário e maior ganho de peso diário pelos animais.

Uma possível razão pela qual os resultados de rendimento de peito se mostraram melhores pode ser creditada à maior liberação do *miinositol* como consequência da maior inclusão de fitase.

Sabendo que as linhagens de frangos de corte atuais tem sido desenvolvidas para maior deposição de musculatura peitoral, é possível que o *miinositol* resultante da quebra do fitato pela a ação desempenhada pela superdosagem de fitase tenha sido usado para deposição de musculatura, principalmente na região peitoral.

Não houve efeito significativo da dieta sobre a mineralização óssea dos animais submetidos aos tratamentos (Tabela 6, $p>0.05$). Em trabalho avaliando os efeitos da suplementação dietética de com 500 e 750FTU/kg de fitase em dietas deficientes, Zhou et al., (2008) não observou diferença significativa ($p>0.05$) na porcentagem de

cinzas de tíbia de frangos de corte. Também, Çinar et al., (2015) encontraram resultados similares avaliando os efeitos da suplementação dietética de boro e fitase, combinados ou não, na resposta de frangos de corte, quando adicionou 500FTU/kg em dietas reduzidas em Ca e P.

Para este estudo, podemos então considerar que a mineralização óssea foi provida parcialmente por P-fítico decorrente da desfosforilação do ácido fítico, consequentemente a maior quantidade disponível de P para o organismo, uma vez que a valorização ocorrida na matriz nutricional neste caso para Ca e P, não afetou a variável em questão, graças a eficácia das doses de fitase empregadas.

Tabela 6: Porcentagem de cinzas tibiais de frangos de corte alimentados com dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.

	C	500	1000	1500	SEM	P-value
Cinzas ósseas (%)	54,24	54,84	53,19	54,19	0,120	0.124

Nível de significância: $p < 0.05$.

C= dieta controle com níveis adequados em Ca e P disponível; 500= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 500 FTU de fitase; 1000= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 1000 FTU de fitase; 1500= Dieta controle com níveis reduzidos de Ca e P, suplementada com 1500 FTU de fitase.

3.3. ANÁLISE ECONÔMICA

Neste estudo, as reduções no custo da dieta por fase não foram suficientes para demonstrar diferença entre as dietas suplementadas com 1000 FTU/kg, na fase Inicial, e 500 e 1000 FTU/kg na fase final, e a dieta controle. O fato deve-se a baixa representatividade das reduções de ingredientes nos custos das dietas nas fases mencionadas (Tabela 7, $P < 0.05$).

No entanto, todas as dietas suplementadas com fitase apresentaram menor custo total da dieta por ave. Quando comparadas ao grupo controle, as dietas suplementadas com 500, 1000 e 1500FTU/kg apresentaram uma redução de R\$ 0,21, 0,22, 0,31 (US\$ 0,06, 0,07, 0,09) no custo total da dieta por ave, respectivamente.

O resultado corrobora com os achados de Selle et al., (2003) e Santos et al.,(2008). Ambos observaram menor custo de dieta quando suplementadas com fitase e reduzidas nutricionalmente para Ca, P, EM e PB. Além disso, Santos et al.,(2008) encontraram maior índice bioeconômico para dietas suplementadas com fitase.

Como esperado, as mesmas diferenças citadas anteriormente foram observadas no custo estimado total por ave, uma vez que para estimar este custo, foram inclusos os custos estimados das demais variáveis (i.e. eletricidade, aquecimento, cama, etc.) que afetam o custo de produção de frangos de corte, e o valor gerado foi agregado aos demais custos e expresso por ave, tornando se uma constante.

A fim de se atingir os níveis nutricionais propostos às dietas, a inclusão de ingredientes de alto custo sofreram alterações, como o milho, farelo de soja, óleo de soja e fosfato bicálcico. Estes representaram custo médio de 38,8, 40,4, 6,8, 2,5%, respectivamente, e quando somados refletiram em 88,4% do custo médio total do programa de alimentação proposto para o estudo.

Para este estudo, os ingredientes que mais interferiram no custo total da dieta foram o fosfato bicálcico e o óleo de soja (Tabela 7, $p < 0.05$). Como demonstrado, os menores valores relativos à inclusão destes, foram apresentados nas dietas suplementadas com 1500FTU/kg. Quando comparadas ao grupo controle e às suplementações de 500 e 1000FTU/kg, a suplementação com 1500FTU/kg apresentou uma redução média de R\$/ave 0,22, 0,07 e 0,03 (US\$ 0,07; 0,02; 0,01) de óleo de soja; e R\$/ave 0,09, 0,05 e 0,04 (US\$ 0,03; 0,02; 0,01) de fosfato bicálcico, respectivamente.

Os demais ingredientes avaliados (milho e farelo de soja), afetaram inversamente o custo total da dieta. A inclusão de maiores quantidades de milho nas dietas suplementadas com fitase apresentaram maiores valores quando comparadas ao grupo controle (Tabela 7, $p < 0.05$), e o inverso foi observado para o farelo de soja, uma vez que foram apresentados menores valores para as dietas suplementadas com fitase quando comparadas ao grupo controle, apresentando redução média R\$/ave 0,07, 0,06 e 0,09 (US\$ 0,02; 0,02; 0,03) para as inclusões de 500, 1000 e 1500FTU/kg, respectivamente.

Mesmo em inclusões significativamente maiores e conseqüentemente mais onerosas, o milho não representou alterações drásticas no custo total da dieta, uma

vez que, quando somados, os valores da redução total dos demais ingredientes apresentaram-se compensatórios ao ônus representado pela inclusão do milho.

Tabela 7: Custo da dieta e análise de sensibilidade de dietas comerciais suplementadas com níveis de fitase.

	C	500	1000	1500	SEM	P-value
Custo dieta/ave (inicial), R\$	1,32 ^b	1,29 ^{ab}	1,31 ^b	1,26 ^a	0,010	0.0004
Custo dieta/ave (crescimento), R\$	2,17 ^b	2,03 ^a	2,01 ^a	1,99 ^a	0,017	<.0001
Custo dieta/ave (final), R\$	1,57 ^b	1,52 ^{ab}	1,51 ^{ab}	1,49 ^a	0,018	0.014
Custo estimado total, R\$/ave	7,56 ^b	7,35 ^a	7,34 ^a	7,25 ^a	0,038	<.0001
Custo total dieta/ave, R\$	5,05 ^b	4,84 ^a	4,83 ^a	4,74 ^a	0,038	<.0001
Custo de inclusão milho, R\$/ave	1,8567 ^a	1,9154 ^b	1,9578 ^b	1,9572 ^b	0,0155	<.0001
Custo de inclusão farelo de soja, R\$/ave	1,9073 ^b	1,8371 ^a	1,8459 ^a	1,8151 ^a	0,0140	<.0001
Custo de inclusão óleo de soja, R\$/ave	0,3382 ^d	0,1920 ^c	0,1539 ^b	0,1196 ^a	0,0015	<.0001
Custo de inclusão fosfato bicálcico, R\$/ave	0,1154 ^d	0,0674 ^c	0,0537 ^b	0,0221 ^a	0,0004	<.0001
Custo de inclusão calcário calcítico, R\$/ave	0,0045 ^a	0,0049 ^b	0,0051 ^c	0,0056 ^d	<,0001	<.0001

^{a,b,c,d} = Nível de significância: $p < 0.05$.

Dólar comercial praticado: = US\$ 1,00 : R\$ 3,28;

Valores baseados no consumo médio total/ave.

Assim, somadas essas alterações, elas impactaram diretamente ao final do período estudado, reduzindo tanto o custo total da dieta quanto o custo líquido estimado. Como sugerido por Cowieson et al. (2017) a suplementação com superdosing de fitase é atrativa quando o valor dos nutrientes liberados é comparado ao custo de inclusão da fitase, o que pode ser explicado pelas mudanças em determinados nutrientes como Ca e P, energia e aminoácido.

Neste estudo, a suplementação dietética de fitase promoveu o peso final similar entre os tratamentos, o que afetou diretamente na similaridade do preço pago por animal (Tabela 8, $p < 0.05$). Aliado a este fato, as diferenças entre os custos totais das dietas com matriz nutricional valorizada e suplementadas com fitase impactaram positivamente nos índices de lucratividade estudados. As dietas suplementadas com 500, 1000 e 1500FTU/kg demonstraram margem de lucro de R\$/ave 0,15, 0,19 e 0,28 (US\$ 0,05; 0,06; 0,09) respectivamente, quando comparadas ao grupo controle.

Comparando a dieta controle à dieta suplementada com 500FTU/kg de fitase, observa-se que para cada R\$ 0,01 investido em phytase teria-se a redução de R\$ 0,21 no custo total da dieta, o que justifica o seu uso na dose de 500FTU/kg sendo esta dose a mais eficiente economicamente.

Kies et al, (2001) propõe que, dependendo de alguns fatores, a utilização de fitase pode reduzir o custo da ração em US\$ 3,00/tonelada. Neste estudo, comparando as dietas de 1000 e 1500FTU/kg a suplementação de 500FTU/kg, as reduções sugeridas na matriz nutricional implicaram numa redução de US\$3,58 e US\$6,12/tonelada, respectivamente. Além disso, as suplementações de 1000 e 1500FTU/kg reduziram R\$ 0,007 e 0,104 (US\$ 0,002; 0,032) no custo total da dieta e diferença entre as margens brutas obtidas de R\$ 0,041 e 0,121 (US\$ 0,013; 0,037) por ave, respectivamente.

Em resumo, a busca por estratégias que intensifiquem a lucratividade na produção de frangos de corte é constante. Um dos meios propostos pelo estudo seria pela redução no custo do programa de alimentação empregado. No entanto, reduções nutricionais drásticas podem impactar diretamente no desempenho dos animais por reduzir a disponibilidade de nutrientes, o que torna uma oportunidade para o uso de enzimas exógenas, como a fitase.

Assim, no presente estudo, podemos observar a eficácia do uso da superdosagem de fitase (1500FTU/kg) em uma valorização drástica da matriz nutricional dietética, pois, além de uma possível maior desfosforilação do ácido fítico

pelo uso da dose proposta, evidenciada não somente pela similaridade nos achados correspondentes a cinzas ósseas, mas também pela similaridade na resposta do desempenho e rendimento, a superdosagem de fitase apresentou maior rendimento de peito, uma vez que este pode ter sido resultante da maior liberação e atuação do mioinositol sobre a deposição de musculatura.

Um outro ponto a ser abordado seria correlacionado as reduções nutricionais e de ingredientes propostas pelo estudo e os achados econômicos do mesmo. No presente cenário da avicultura moderna, reduções nos custos ou aumento na receita, mesmo que pequenos, como demonstrados no presente estudo, são significantes, devido a grande movimentação e quantidade de capital gerado no setor, e ao número de aves produzidas para o abate. Assim, podemos observar no estudo, que além da redução da inclusão de fonte de P- inorgânico, a redução do óleo de soja, fonte de energia utilizada no programa de alimentação, apresentou-se como potencial meio de redução nos custos oriundos das dietas.

Tabela 8: Margem bruta e margem líquida estimada.

	C	500	1000	1500	SEM	P-value
†Receita estimada de venda/ave viva, R\$/ave	7,76	7,73	7,74	7,72	0,060	0.975
*Margem bruta, R\$/ave	2,71 ^b	2,87 ^a	2,91 ^a	2,99 ^a	0,035	<.0001
**Margem líquida estimada, R\$/ave	0,20 ^b	0,36 ^a	0,40 ^a	0,48 ^a	0,035	<.0001

^{a,b}=Level of significance. $P<0,05$;

†Preço pago por kg/ave viva= R\$ 2,78;

*Custo da dieta (-) Preço recebido/ave viva;

**Receita estimada de venda/ave - (Custo total da dieta/ave + preço pago/pinto + custos variáveis/ave); Custos variáveis estimados pela participação percentual das variáveis, fornecidos pelo ICPFrangos para junho/2016.

Dólar comercial praticado: = US\$ 1,00 : R\$ 3,28;

4. CONCLUSÃO

Em conclusão, frangos de corte submetidos a dietas comerciais com matriz nutricional valorizada para Ca, P, EM e PB, suplementadas com superdosagem de fitase (1500FTU/kg) apresentaram desempenho similar aos animais submetidos a dieta balanceada, sem afetar a mineralização óssea e o rendimento de carcaça.

Frangos de corte submetidos a dietas com matriz nutricional valorizada, suplementadas com superdosagem de fitase (1500FTU/kg) apresentaram maior rendimento de peito.

A utilização de superdosing de fitase (1500 FTU/kg) em dietas comerciais com matriz nutricional valorizada em Ca, P, EM and PB apresenta-se como uma alternativa viável na indústria avícola por promover menor custo de dieta e maior rentabilidade na produção de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

AHMED, S.; ARABI, M. Effect of Phytase on Protein and Phosphorous Utilization for Broiler Chicks. **University of Bakht Alruda Scientific Journal Issue**, n. 7, p. 1858–6139, 2013. Disponível em: <<http://mag.uofb.edu.sd/wp-content/uploads/2013/07/Effect-of-Phytase-on-protein-and-phosphorous-utilization-for-broiler-chicks.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

BEESON, L. A.; WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; OLUKOSI, O. A. Hydrolysis of phytate to its lower esters can influence the growth performance and nutrient utilization of broilers with regular or super doses of phytase. **Poultry Science**, v. 67, p. ev087, 16 fev. 2017. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article/2999720/Hydrolysis>>. Acesso em: 29 maio. 2017.

CAMPASINO, A.; YORK, T.; WYATT, C.; BEDFORD, M. R.; DOZIER, W. A. Effect of increasing supplemental phytase concentration in diets fed to Hubbard × Cobb 500 male broilers from 1 to 42 days of age1. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 4, p. 705–714, 2014.

CARNOVALE, E.; LUGARO, E.; LOMBARDI-BOCCIA, G. Phytic Acid in Faba Bean and Pea: Effect on Protein Availability. **Cereal Chemistry**, v. 65, n. 2, p. 114–117, 1988.

ÇINAR, M.; KÜÇÜKYILMAZ, K.; BOZKURT, M.; ÇATLI, A. U.; BINTAŞ, E.; AKŞİT, H.; KONAK, R.; YAMANER, Ç.; SEYREK, K. Effects of dietary boron and phytase supplementation on growth performance and mineral profile of broiler chickens fed on diets adequate or deficient in calcium and phosphorus. **British poultry science**, v. 56, n. 5, p. 576–89, 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26238731>>. Acesso em: 21 set. 2016.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Supplementation of Corn-Soy-Based Diets with an Eschericia coli-Derived Phytase: Effects on Broiler Chick Performance and the Digestibility of Amino Acids and Metabolizability of Minerals and Energy. **Poultry Science**, v. 85, n. 8, p. 1389–1397, 1 ago. 2006. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.1093/ps/85.8.1389>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrases, Protease, and Phytase Have an Additive Beneficial Effect in Nutritionally Marginal Diets for Broiler Chicks. **Poultry science**, v. 84, p. 1860–1867, 2005. Disponível em: <https://oup.silverchair-cdn.com/oup/backfile/Content_public/Journal/ps/84/12/10.1093/ps/84.12.1860/2/poultrysci84-1860.pdf?Expires=1496606033&Signature=a1e3nmo0aH6cE-s7HVGPAAdMeiDNsfZhk7JkPRZpABnW9l-DGS3NbPwqaoWiUdro8n7rPWkln68IYLQwaMmHq0fja6~jX8uJU7ou5XC�>. Acesso em: 3 jun. 2017.

COWIESON, A. J.; RUCKEBUSCH, J. P.; SORBARA, J. O. B.; WILSON, J. W.; GUGGENBUHL, P.; ROOS, F. F. A systematic view on the effect of phytase on ileal

amino acid digestibility in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 182–194, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.008>>.

COWIESON, A. J.; SINGH, D. N.; ADEOLA, O. Prediction of ingredient quality and the effect of a combination of xylanase, amylase, protease and phytase in the diets of broiler chicks. 1. Growth performance and digestible nutrient intake. **British Poultry Science**, v. 47, n. 4, p. 477–489, 1 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16905475>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

COWIESON, A. J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M. R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, v. 67, n. 2, p. 225–236, 20 jun. 2011. Disponível em: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0043933911000250>. Acesso em: 21 set. 2016.

EMBRAPA. **Índice de custos de produção de frangos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>>. Acesso em: 23 out. 2017.

GAMEIRO, A. H. ANÁLISE ECONÔMICA APLICADA À ZOOTECNIA: AVANÇOS E DESAFIOS. p. 978–85, 2009. Disponível em: <http://paineira.usp.br/lae/wp-content/uploads/2017/03/Capitulo_Gameiro_III_SPGNA_2009.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2017.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Carcass Composition and Yield of 1957 Versus 2001 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets 1. **Poultry science**, n. 82, p. 1509–1518, 2003.

KIES, A. K.; VAN HEMERT, K. H. F.; SAUER, W. C. Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilisation. **World's Poultry Science Journal**, v. 57, n. 2, p. 109–126, 2001.

LEE, S. A.; BEDFORD, M. R. Inositol -An effective growth promotor? **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 4, p. 743–760, 2016. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/99D45E97694B5A4F062D2ECD3BABA576/S0043933916000660a.pdf/inositol_an_effective_growth_promotor.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

LIEBERT, F.; WECKE, C.; SCHONER, F. J. Phytase activities in different gut contents of chickens as dependent on levels of phosphorus and phytase supplementations. (C. Wencke, M. Boessinger, Eds.) In: 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition, Kartause Ittingen, SWI. **Anais...** Kartause Ittingen, SWI: 1993.

MANOBHAVAN, M.; ELANGO VAN, A. V.; SRIDHAR, M.; SHET, D.; AJITH, S.; PAL, D. T.; GOWDA, N. K. S. Effect of super dosing of phytase on growth performance, ileal digestibility and bone characteristics in broilers fed corn-soya-based diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 93–100, fev. 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/jpn.12341>>. Acesso em: 29 maio. 2017.

OLUKOSI, O. A.; KONG, C.; FRU-NJI, F.; AJUWON, K. M.; ADEOLA, O. Assessment of a bacterial 6-phytase in the diets of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, n. 8, p. 2101–2108, 2013. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article->

lookup/doi/10.3382/ps.2012-03005>.

ONYANGO, E. M.; BEDFORD, M. R.; ADEOLA, O. Efficacy of an evolved *Escherichia coli* phytase in diets of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 84, n. 2, p. 248–255, 1 fev. 2005. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.1093/ps/84.2.248>>. Acesso em: 7 set. 2017.

PATIENCE, J. F. Managing energy intake and costs of grow-finish pigs. Advances in Pork Production. In: 2013 Banff Pork Seminar, Banff, CAN. **Anais...** Banff, CAN: 2013.

PIENIAZEK, J.; SMITH, K. A.; WILLIAMS, M. P.; MANANGI, M. K.; VAZQUEZ-ANON, M.; SOLBAK, A.; MILLER, M.; LEE, J. T. Evaluation of increasing levels of a microbial phytase in phosphorus deficient broiler diets via live broiler performance, tibia bone ash, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility. **Poultry Science**, v. 96, p. 370–382, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew225>>.

PILLAI, P. B.; O'CONNOR-DENNIE, T.; OWENS, C. M.; EMMERT, J. L. Efficacy of an *Escherichia coli* phytase in broilers fed adequate or reduced phosphorus diets and its effect on carcass characteristics. **Poultry science**, v. 85, n. 10, p. 1737–1745, 2006.

PIRGOZLIEV, V.; ALLYMEHR, M.; SARWAR, S.; ACAMOVIC, T.; R., B. M. The effect of dietary inositol on performance and mucin excretion when fed to chickens. **British Poultry Science**, n. 3, p. 4–5, 2007.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; SELLE, P. H.; BRYDEN, W. L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. II. Effects on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 193–200, maio 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10890216>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

RAVINDRAN, V.; SELLE, P. H.; RAVINDRAN, G.; MOREL, P. C. H.; KIES, A. K.; BRYDEN, W. L. Microbial Phytase Improves Performance, Apparent Metabolizable Energy, and Ileal Amino Acid Digestibility of Broilers Fed a Lysine-Deficient Diet. **Poultry Science**, v. 80, n. 3, p. 338–344, 1 mar. 2001. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.1093/ps/80.3.338>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

ROSEN, G. D. Microbial phytase in broiler nutrition. In: GARNSWORTHY, P. C.; WISEMAN, J. (Ed.). **Recent Advances in Animal Nutrition**. Thrumpton, UK: Nottingham University Press, 2002. p. 105–118.

SANDBERG, A.-S.; BRUNNE, M.; CARLSSON, N.-G.; HALLBERG, L.; ROSSANDER-HULTHEN, L.; SANDSTRÖM, B. The effect of various inositol phosphates on iron and zinc absorption in humans. In: Proceedings of the international conference on bioavailability 1993 – Nutrition chemical and food processing implications of nutrient availability., **Anais...**1993.

SANTOS, F. R.; HRUBY, M.; PIERSON, E. E. M.; REMUS, J. C.; SAKOMURA, N. K. Effect of Phytase Supplementation in Diets on Nutrient Digestibility and Performance in Broiler Chicks. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 2, p. 191–201, 1 jan. 2008. Disponível em: <<https://academic.oup.com/japr/article-lookup/doi/10.1093/japr/17.2.191>>.

lookup/doi/10.3382/japr.2007-00028>. Acesso em: 2 ago. 2017.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, n. 1, p. 1–41, 2007.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; PITTOLO, P. H.; BRYDEN, W. L. Effects of Phytase Supplementation of Diets with Two Tiers of Nutrient Specifications on Growth Performance and Protein Efficiency Ratios of Broiler Chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 16, n. 8, p. 1158–1164, 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004.

SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v. 90, n. 9, p. 2013–2023, set. 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21844268>>. Acesso em: 21 set. 2016.

THOMPSON, L. U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Research International**, v. 26, n. 2, p. 131–149, 1993.

WALK, C. L.; SANTOS, T. T.; BEDFORD, M. R. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 5, p. 1172–1177, 1 maio 2014. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.3382/ps.2013-03571>>. Acesso em: 29 maio. 2017.

ZHOU, J. P.; YANG, Z. B.; YANG, W. R.; WANG, X. Y.; JIANG, S. Z.; ZHANG, G. G. Effects of a New Recombinant Phytase on the Performance and Mineral Utilization of Broilers Fed Phosphorus-Deficient Diets. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 3, p. 331–339, 1 jan. 2008. Disponível em: <<http://japr.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.3382/japr.2007-00111>>. Acesso em: 21 set. 2016.