

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**APRIMORAMENTO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO
PARA FRANGOS DE CORTE COM FITASE E
EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO**

Mayara Maia Rodrigues

Médica Veterinária

ARAÇATUBA – SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**APRIMORAMENTO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO
PARA FRANGOS DE CORTE COM FITASE E
EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO**

Mayara Maia Rodrigues

Orientadora: Prof^a Adj. Sílvia Helena Venturoli Perri

Coorientador: Prof. Adj. Manoel Garcia Neto

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

ARAÇATUBA – SP

2018

Catálogo na Publicação(CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

Rodrigues, Mayara Maia

R696a

Aprimoramento da formulação de ração para frangos de corte com fitase e equilíbrio eletrolítico / Mayara Maia Rodrigues.

Araçatuba : [s.n], 2018.

66 f. il.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária, 2018.

Orientadora: Profª Adj. Sílvia Helena Venturoli Perri

Coorientador: Prof. Adj. Manoel Garcia Neto

1. Aves. 2. Eletrólitos. 3. Enzimas. 4. Fitato, meio ambiente.
5. Ração Animal I. T.

CDD 636.5



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Aprimoramento da formulação de ração para frangos de corte com fitase e equilíbrio eletrolítico

AUTORA: MAYARA MAIA RODRIGUES

ORIENTADORA: SILVIA HELENA VENTUROLI PERRI

COORDENADOR: MANOEL GARCIA NETO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp



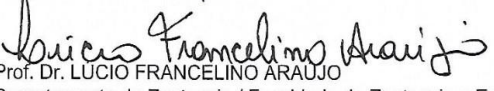
Prof. Dr. MARCELO VASCONCELOS MEIRELES

Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp



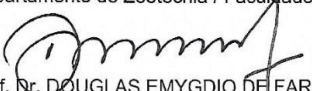
Prof. Dr. MAX JOSÉ DE ARAÚJO FÁRIA JÚNIOR

Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp



Prof. Dr. LÚCIO FRANCELINO ARAÚJO

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga/USP



Prof. Dr. DOUGLAS EMYGDIO DE FÁRIA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga/USP

Araçatuba, 06 de abril de 2018.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MAYARA MAIA RODRIGUES – nascida em Araçatuba, Estado de São Paulo, em 03 de janeiro de 1989. Realizou o ensino fundamental em escolas públicas do município de Braúna - SP (Adolfo Hecht e José Florentino de Souza) e o ensino médio em escola particular de Birigui - SP (Instituto Noroeste). Ingressou no curso de Medicina Veterinária na Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba/UNESP em 2008 e formou-se no ano de 2012. Durante a graduação foi aluna de iniciação científica, com bolsa FAPESP por dois anos consecutivos. Atuou como médica veterinária na Prefeitura de Braúna - SP no período de 2013 a 2015. Em 2014, ingressou na Pós-graduação em Ciência Animal, na UNESP – Campus de Araçatuba, na área de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal, concluindo o Mestrado em 2015 (primeiro semestre) e iniciando o Doutorado em 2015 (segundo semestre), com bolsa CAPES.

EPÍGRAFE

**“Onde há amor e sabedoria, não há medo e nem ignorância”
(São Francisco de Assis)**

Dedico

**A Deus, aos meus pais, meu irmão e ao meu namorado por me apoiarem
nesta importante fase da minha vida profissional.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre me iluminando e guiando aos bons caminhos.

Em especial aos meus queridos pais, Moacir Rodrigues e Marcela Heloisa Rossi Maia Rodrigues, meu irmão Moacir Rodrigues Junior, meus avós Geraldo Pedro Maia e Maria Zélia Rossi Maia, minha madrinha Silvia Cristina Maia de Faria, minha tia Valéria Regina Maia Gava e ao meu namorado Luan Garcia Brugin por estarem sempre me ajudando e apoiando. Amo vocês!

Ao querido amigo Padre Francisco Arcanjo por todas as bênçãos concedidas antes das provas, defesa de mestrado e de doutorado. Deus lhe abençoe, meu amigo!

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Medicina Veterinária e ao Curso de Pós-graduação em Ciência Animal pela oportunidade de desenvolver e concluir minha graduação, mestrado e doutorado. Tenho muito orgulho de SER UNESP!

À minha orientadora Prof. Adj. Sílvia Helena Venturoli Perri, pela oportunidade de realizar o mestrado e doutorado. Obrigada professora, principalmente por me ensinar a ser uma profissional humana, que sabe olhar e ajudar quem precisa.

Ao meu coorientador Prof. Adj. Manoel Garcia Neto que me acompanhou desde o início, ainda na graduação com a iniciação científica, passando pelo mestrado e chegando ao doutorado. Sempre com muita paciência, dedicação e empenho em tudo que fizemos juntos. Obrigada professor! Sem o senhor, eu não teria chegado até aqui.

Aos professores Marcelo Vasconcelos Meireles, Guilherme de Paula Nogueira, Mário Jefferson Quirino Louzada, Elisa Helena Giglio Ponsano, Luiz Eduardo Correa Fonseca, Marcos Franke Pinto e ao diretor Max José de Araújo Faria Júnior pela dedicação e ajuda nas diversas fases do meu doutorado.

Aos funcionários da faculdade Laércio Marcon, Carlos Renato Santos Rodrigues e Adão Ângelo Custódio pela amizade, colaboração e apoio técnico na execução deste experimento.

À Isabel Pereira de Matos e funcionários da biblioteca da FMVA por todos os serviços prestados.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

E a todos que de forma direta ou indireta, mas não menos importantes, fizeram com que a realização deste trabalho se tornasse possível.

Obrigada e que Deus abençoe a todos!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 FÓSFORO	17
2.2 FITATO	18
2.3 FITASE	21
2.4 MATRIZ NUTRICIONAL COMPLETA DA FITASE	23
2.5 EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO	25
2.6 FITASE E EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO NA DIETA DAS AVES	27
3 HIPÓTESE	28
4 OBJETIVOS	29
5 REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2 – APRIMORAMENTO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE COM FITASE E EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO	37
1 INTRODUÇÃO	39
2 MATERIAIS E MÉTODOS	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4 CONCLUSÃO	58
5 REFERÊNCIAS	59

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1 - Porcentagem da produção brasileira de ração por espécie animal no ano de 2016.....	15
---	----

CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – Fórmula aperfeiçoada do índice BEC	47
FIGURA 2 - Teor de fósforo (g/kg) nas excretas de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com níveis crescentes de fitase	56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Teor (%) de fósforo (P) total, fítico e disponível de alguns ingredientes utilizados na ração animal19

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Tratamentos segundo a combinação de relação eletrolítica e fitase nas dietas para frangos de corte machos 42

Tabela 2 - Composição e custo das rações utilizadas no experimento para alimentar as aves na fase inicial (1º ao 21º dia de idade) 44

Tabela 3 - Composição e custo das rações utilizadas no experimento para alimentar as aves na fase de terminação (22º ao 42º dia de idade) 45

Tabela 4 - Matriz nutricional da enzima Ronozyme Hippos - DSM 46

Tabela 5 - Efeitos das combinações dos níveis de fitase (0, 1000 e 2000) e relação eletrolítica (2,5, 3,0 e 3,5) sobre as médias para o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), percentual de gordura abdominal (GA) e índice de conversão bioeconômico energética (BEC) de frangos de corte machos de 1-42 dias de idade 49

Tabela 6 - Efeitos das combinações dos níveis de fitase (0, 1000 e 2000) e relação eletrolítica (2,5, 3,0 e 3,5) sobre as médias das análises das excretas (umidade (Umi), teor de fósforo (P), sódio (Na), cálcio (Ca) e potássio (K)), bem como da densitometria óssea (conteúdo mineral ósseo (CMO), área (cm²), densidade mineral óssea (DMO (g/cm²)) e flexão em três pontos (força máxima (N)) de frangos de corte machos de 1-42 dias de idade 52

Tabela 7 - Superfície de resposta para as variáveis de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), percentual de gordura abdominal (GA), índice de conversão bioeconômico energético (BEC), análises das excretas (umidade (Umi), teor de fósforo (P), sódio (Na), cálcio (Ca) e potássio (K)), bem como da densitometria óssea (conteúdo mineral ósseo (CMO), área, densidade mineral óssea (DMO)) e flexão em três pontos (força máxima) de frangos de corte machos de 1-42 dias de idade suplementados com diferentes níveis de fitase e relação eletrolítica 55

APRIMORAMENTO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE COM FITASE E EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO

RESUMO – Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor e líder em exportação de carne de frangos, testemunhando a importância da avicultura para a economia brasileira. Sabe-se que a alimentação representa a maior parte dos custos na produção desses animais, visto isso, há necessidade de estudos para aperfeiçoar a eficiência da nutrição visando melhores desempenhos, com redução dos impactos ambientais e menor custo. O objetivo do experimento foi avaliar a eficiência da suplementação com a matriz nutricional da enzima fitase associada ao equilíbrio eletrolítico na dieta para frangos de corte. Para isso, utilizou-se 360 aves (Cobb 500) e os tratamentos foram constituídos por dietas formuladas com balanço eletrolítico fixo em 250 mEq/kg para todas as dietas e variando as combinações de níveis da relação eletrolítica (2,5/3,0/3,5) e fitase (0/1.000/2.000 FTU/kg). Avaliaram-se os dados de desempenho (ganho de peso (kg), consumo de ração (kg), conversão alimentar e mortalidade), rendimento (rendimento de carcaça (%), percentual de gordura abdominal (%)), análises das excretas (umidade (%), teores de fósforo (g/kg), sódio (g/kg), cloro (g/kg) e potássio (g/kg)) e ósseas (densitometria óssea e flexão em três pontos), bem como a análise econômica com o índice BEC (Índice de Conversão Bioeconômico Energético). Não houve interação entre a suplementação na dieta para frangos de corte com fitase e relação eletrolítica em nenhuma das variáveis estudadas. Verificou-se uma redução linear de mais de 50% no teor de fósforo nas excretas das aves que receberam rações com enzima fitase. As dietas com estreita relação (2,5) resultaram em maior teor de sódio nas excretas. Mesmo recebendo rações formuladas com menor quantia de nutrientes, como fósforo e energia, não constatou alteração no desempenho, rendimento e qualidade óssea das aves, o que valida a matriz nutricional da enzima fitase utilizada no experimento. Sugere-se formular a ração para frangos de corte machos com níveis de 2.000 FTU/kg e equilíbrio eletrolítico (balanço de 250 mEq/kg e relação 3,5), pois além de reduzir a adição dos ingredientes mais caros na dieta, resulta em menor teor de fósforo e sódio nas excretas, sem prejudicar o desempenho das aves e contribui com a atenuação dos impactos ambientais e custos de produção.

Palavras-chave: aves, eletrólitos, enzimas, fitato, meio ambiente, ração animal

IMPROVEMENT OF THE FEED FORMULATION FOR BROILERS WITH PHYTASE AND ELECTROLYTE BALANCE

SUMMARY – Brazil is currently the second largest producer and leader in poultry meat exports, testifying to the importance of poultry farming to the Brazilian economy. It is known that food represents the major part of the cost in the production of these animals, therefore, there is a need for studies to improve the efficiency of nutrition in order to obtain better performances with lower costs and with impact environmental reduced. The objective of the experiment was to evaluate the efficiency of supplementation with the phytase enzyme associated to electrolyte balance in the diet for broilers. A total of 360 birds (Cobb 500) were used and the treatments consisted of diets formulated with electrolyte balance of 250 mEq/kg, combinations of electrolyte ratio (2.5/3.0/3.5) and phytase (0/1,000/2,000 FTU/kg). Were evaluated data of performance (weight gain (kg), feed intake (kg), feed conversion and mortality), yield (carcass yield (%) and percentage of abdominal fat (%)), excreta analyzes (humidity (%); levels in the excretas of phosphorus (g/kg), sodium (g/kg), chlorine (g/kg) and potassium (g/kg) and bone (bone densitometry and three-point flexion), as well as the economic analysis with the BEC Index (Bioeconomic Energy Conversion Index). There was not interaction between dietary supplementation for broilers with phytase and electrolyte ratio for any of the studied variables. There was a linear reduction of more than 50% in phosphorus content in the excreta of birds receive feed with phytase enzyme. Diets with narrow electrolyte ratio (2.5) resulted in higher sodium content in the excreta. Even with the addition of a lower amount of nutrients such as phosphorus and energy, there was not change in the performance, yield and bone quality of the birds, which validates the nutritional matrix of the phytase enzyme used in the experiment. It is suggested to formulate the ration for male broilers with levels of 2,000 FTU/kg and electrolytic balance (balance of 250 mEq/kg and ratio 3.5), because in addition to reducing the addition of the most expensive ingredients in the diet, results in lower content of phosphorus and sodium in the excreta, without affecting the performance of the birds and contributes to the conservation of the environment and attenuation in the costs of production.

Keywords: animal feed, electrolytes, environment, enzymes, phytate, poultry.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2016, o Brasil produziu 12,90 milhões de toneladas de carne de frango. Comparado ao ano anterior, houve uma redução de 1,83%, justificada pela crise no país que diminuiu o poder de compra e afetou negativamente o consumo de proteína animal. Mesmo com a diminuição da comercialização, o consumo per capita foi de 41,10 (kg/hab), mantendo a carne de frango como a fonte de proteína mais consumida no país (ABPA, 2017).

Essa conquista de mercado se deve ao fato do baixo preço e da qualidade da proteína oriunda dessa espécie animal, que fazem da carne de frango uma opção válida para o consumidor que enfrenta a crise financeira e busca uma alimentação saudável.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2016), a expectativa é que no ano de 2050 a população mundial deva chegar a 9,7 bilhões de pessoas. Consequentemente, a carne de frango será uma boa opção de proteína animal para alimentar grande parte desses habitantes.

Contudo, na produção de frangos, o que se torna mais dispendioso são os gastos com a alimentação. No ano de 2016, esses gastos representaram 68% dos custos total de produção; houve um aumento de 2,82% referente ao ano anterior. Pode-se afirmar que esse incremento nos custos ocorreu, principalmente, pela elevação do preço do milho e da soja que, além de serem a base da formulação, são, respectivamente, o primeiro e o segundo ingredientes mais caros, em relação ao custo total da dieta (EMBRAPA, 2017).

Segundo a Alltech (2016), no último ano, as fábricas brasileiras produziram mais de 68 milhões de toneladas de ração, sendo 45% destinada para frangos de corte (Figura 1).

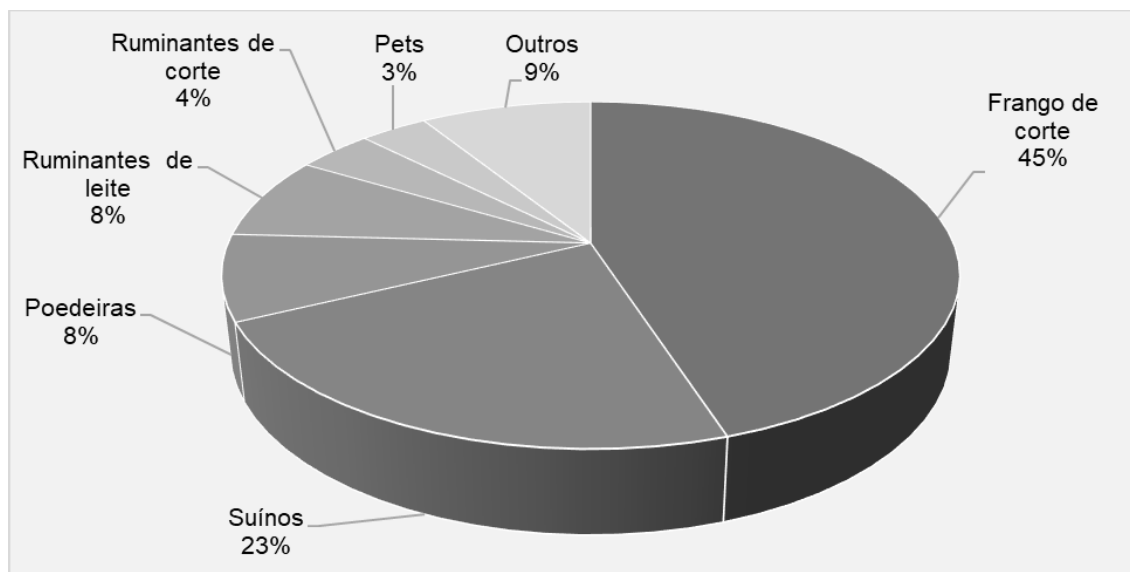


FIGURA 1 - Porcentagem da produção brasileira de ração por espécie animal no ano de 2016 (Fonte: adaptado de Alltech, 2016).

No entanto, inconvenientemente, 20% dessa dieta oferecida é perdida pelas excretas, principalmente por conter fatores antinutricionais que impedem a digestão e absorção de nutrientes pelo trato gastrointestinal das aves (AVISITE, 2012; COWIESON, 2010).

Além disso, Selle (2008) afirma que o frango de corte é um eficiente conversor de grãos em carne para o consumo humano, contudo as reservas globais de grãos têm um esgotamento anual médio de 9,2%.

Uma opção para minimizar essas perdas seria a adição de enzimas na ração que reduzem os fatores antinutricionais e assim potencializam o aproveitamento dos nutrientes pelas aves. Estima-se que com o uso das enzimas, as indústrias produtoras de proteína animal poupam anualmente entre 3 a 5 bilhões de dólares em todo o mundo (COWIESON, 2010; GODOY, 2012).

As enzimas são responsáveis por melhorar a digestibilidade e disponibilidade de certos nutrientes, principalmente o fósforo, nitrogênio, cálcio, cobre e zinco. Por consequência, há redução desses importantes nutrientes nas excretas das aves e seu potencial poluente para o meio ambiente (COSTA et al., 2007).

Atualmente, a enzima fitase está entre as mais utilizadas para frangos de corte. Isso porque mais de 70% do fósforo, que é um mineral imprescindível para as aves, encontra-se complexado ao fitato, fator antinutricional que favorece a perda do fósforo pelas excretas. O fósforo é o terceiro nutriente mais caro da formulação e seu excesso nas excretas pode acarretar efeitos devastadores ao meio ambiente, além de ter um esgotamento previsível, pois se trata de fonte mineral não renovável (CORDELL et al., 2009; KRABBE; LORANDI, 2014; SELLE, 2008; WU et al., 2006).

As dietas para os frangos de corte também devem ser elaboradas com equilíbrio eletrolítico (balanço e relação) para se obter uma ração que atenda às exigências nutricionais, garantindo a homeostase ácido-base e evitando transtornos metabólicos (MONGIN, 1981; OLIVEIRA; FARIA JÚNIOR; GARCIA NETO, 2016)

O equilíbrio eletrolítico expressa-se em Balanço Eletrolítico (BE) e Relação Eletrolítica (RE), que consiste na adição dos principais eletrólitos (sódio, cloro e potássio) na dieta e/ou na água. Esses eletrólitos desempenham um importante papel na manutenção da homeostase do organismo (JUDICE et al., 2002).

Apesar das vantagens das técnicas de suplementação, de fitase e equilíbrio eletrolítico, há relatos de que quando atualizadas aos mesmo tempo na formulação, podem interferir uma na ação da outra (CLASSEN et al., 2010; RAVINDRAN; COWIESON; SELLE, 2008).

É o que hipoteticamente acontece ao suplementar dietas para frangos de corte com equilíbrio eletrolítico e enzima fitase, uma vez que o fitato tem a capacidade de se ligar ao sódio e, com a quebra do complexo fitato/sódio, haverá maior disponibilidade desse íon no trato gastrointestinal, podendo resultar em desequilíbrio eletrolítico. Salienta-se que se os nutricionistas não considerarem a matriz completa da enzima, existirá uma grande possibilidade de causar, também, um desequilíbrio nutricional (GONÇALVES, 2014).

Em suma, Bedford, Walk e Masey O'Neill (2016), alegam que a nutrição moderna do frango de corte precisa ser eficiente, de tal forma que as

deficiências e os excessos de nutrientes devam ser evitados. Por isso, todos esses fatores devem ser considerados pelos nutricionistas para aperfeiçoarem a formulação de ração com opções que maximizem o aproveitamento de todos, ou grande parte, dos nutrientes pelas aves.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fósforo

O fósforo (P) é um mineral estrutural muito importante presente nas membranas celulares, estrutura óssea, DNA, RNA, ATP; atua como tamponante, mantendo o equilíbrio ácido-básico, além de participar de processos fisiológicos e enzimáticos. A deficiência do fósforo causa prejuízos econômicos, principalmente, por afetar o crescimento das aves e resultar em deformidades ósseas (FERREIRA; LOPES, 2012; SANTOS et al., 2011).

É um indispensável elemento químico e fundamental para os animais, sobretudo para o desenvolvimento ósseo (KRABBE; LORANDI, 2014). Devido à sua exigência biológica, o seu fornecimento como nutriente essencial na dieta das aves vem sendo constantemente pesquisado (RUNHO et al., 2001).

Dentre as exigências nutricionais das aves, o cálcio (Ca) e o fósforo (P) são os principais minerais utilizados no desenvolvimento, associados principalmente ao metabolismo, particularmente na formação óssea. A relação ideal entre Ca e P é em torno de 2:1, e tem grande influência no desempenho dos animais, como ganho de peso, conversão alimentar e resistência óssea. Esses macroelementos interagem entre si, sendo que o aumento de cálcio na dieta de frangos de corte é acompanhado pelo aumento na absorção de P. Além dessa interação entre eles, os mesmos podem se ligar a outros nutrientes e fatores antinutricionais resultando em desequilíbrio e deficiências (BERTECHINI, 2006; BUSO, et al., 2011; ROSTAGNO et al., 2017; VARGAS JUNIOR. et al., 2003).

É o que acontece na dieta para as aves, que apesar de conter alta concentração de fósforo, por ser composta basicamente por ingredientes de origem vegetal, que são ricos na concentração desse mineral, mais de 70% encontram-se na forma não disponível, denominado de fitato, que é considerado um fator antinutricional (ROSTAGNO et al., 2017).

Desta forma, é necessária a suplementação de fósforo, geralmente com fosfato bicálcico, na dieta para atender os níveis exigidos pelas aves para um bom desempenho.

O ato de suplementar fósforo inorgânico na dieta das aves favorece a “nutrição do desperdício”, pois, além desse mineral ser o mais caro, sua eliminação nas excretas ocasionam sérios prejuízos ambientais como a eutrofização das águas (WU et al., 2006).

Salienta-se ainda que esse mineral é de fonte não renovável e estima-se que suas reservas globais irão se esgotar em 50 a 100 anos (CORDELL et al., 2009). Portanto, é necessário o uso otimizado desse produto (KRABBE; LORANDI, 2014).

Um outro problema de suplementar a ração dos frangos com fontes inorgânicas de fósforo (principalmente os fosfatos de rocha bruta) é a possibilidade de conter elevado teor de flúor, chumbo, cádmio, arsênio, urânio e mercúrio. As aves toleram entre 150 a 200 mg/kg de flúor, acima disso causa intoxicação no animal (ARRUDA-NETO, et al., 2005; TOLEDO; NASCIMENTO, 2010).

2.2 Fitato

Fitato é o nome dado ao fósforo armazenado nos vegetais, como no milho e na soja, que são ingredientes comumente utilizados na dieta das aves (NEVES, 2014). De acordo com Almeida et al. (2013), o fitato também pode ser chamado de ácido fítico, hexafosfato de mioinositol, IP6, InsP6 ou Ins (1,2,3,4,5,6) P6, diferenciando apenas se está na forma livre ou complexada.

De acordo com as Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017), nos ingredientes de origem vegetal, além do fósforo total, há também o fósforo na forma de fitato e, assim é possível, de forma simplificada, determinar o fósforo disponível para absorção (fósforo total – fósforo fítico = fósforo disponível) (Tabela 1).

Tabela 1 - Teor (%) de fósforo (P) total, fítico e disponível de alguns ingredientes utilizados na ração animal

Ingredientes	P total	P fítico	P fítico/P total	P disponível	P disponível/P total
Fosfato bicálcico	18,50	0,00	0,00	18,50	100,00
Farinha de carne e ossos (38%)	7,54	0,00	0,00	6,79	100,00
Farelo de Soja (45%)	0,55	0,36	65,45	0,19	34,55
Farelo de Algodão (30%)	0,85	0,56	65,88	0,29	34,12
Farelo de Girassol	0,98	0,66	67,35	0,32	32,65
Grão de Trigo	0,32	0,22	68,75	0,10	31,25
Sorgo	0,26	0,18	69,23	0,08	30,77
Milho (7,86%)	0,24	0,18	75,00	0,06	25,00
Farelo de Arroz	1,71	1,37	80,12	0,34	19,88
Glúten de Milho (60%)	0,52	0,47	90,38	0,05	9,62

P disponível = P Total – P Fítico

Fonte: Adaptado de Rostagno et al., 2017

Uma vez que a base da dieta para frangos de corte é de farelo de soja e milho, é possível concluir que, em média, mais de 70% do fósforo dessa dieta encontra-se na forma não disponível para absorção e é eliminado pelas excretas poluindo o meio ambiente. Se esse fósforo fosse aproveitado pelo animal, haveria uma economia de fonte de fósforo inorgânico, reduzindo o custo da dieta e os impactos ambientais causados pelos dejetos.

Usualmente as dietas das aves são compostas por diversas fontes de cátions que disponíveis no lúmen intestinal formam complexos insolúveis com o ácido fítico, o que reduz a disponibilidade de diversos nutrientes. A enzima fitase tem a capacidade de quebrar esses complexos, por hidrólise, e aumentar a disponibilidade de vários nutrientes como o fósforo (P), o cálcio (Ca), o sódio (Na), energia, aminoácidos e minerais (COWIESON et al., 2017; SELLE; RAVINDRAN, 2007).

De acordo com Selle (2008), o fitato dificulta a absorção dos nutrientes por se tratar de uma molécula polianiônica que tem enorme capacidade de se ligar a nutrientes com carga positiva. Ele inibe a ação de enzimas proteolíticas

(pepsina e tripsina) no trato gastrointestinal, assim os complexos fitato-proteína/aminoácido e fitato-mineral-proteína se tornam de difícil digestão, reduzindo a utilização de proteínas, principalmente na porção inicial do trato gastrointestinal (DERSJANT-LI et al., 2015; FERREIRA; LOPES, 2012).

Por isso, o fitato se torna uma substância antinutricional, já que possui em sua molécula grupos ortofosfatos altamente ionizáveis que impedem a absorção de nutrientes essenciais, como o fósforo, e pode-se ligar, também, ao cálcio, ferro, manganês, magnésio, sódio, zinco, cobre, proteína, aminoácidos, energia e enzimas endógenas no trato gastrointestinal, resultando em formação de complexos insolúveis (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005; COUSINS, 1999; FERREIRA; LOPES, 2012; SELLE, 2008).

Mundialmente, as aves consomem aproximadamente 250 milhões de toneladas de ração por ano, o que corresponde a 700 mil toneladas de fitato e 4 milhões de fosfato bicálcico (SELLE, 2008). O fitato está na alimentação na concentração de 7-20 g/kg (COWIESON, 2010).

As dietas dos animais contêm muito cálcio, em comparação aos demais cátions, dessa forma ocorre maior ligação do ácido fítico ao cálcio no intestino delgado, local que por apresentar um pH mais elevado e que favorece a formação desses complexos. Além disso, o ácido fítico pode aumentar a perda endógena de minerais, como o sódio, interferindo assim na atividade da Na-K-ATPase no trato gastrointestinal das aves e suínos, que está envolvida na absorção de nutrientes (DERSJANT-LI et al., 2015).

O pH local determina as possíveis interações entre o fitato e as demais substâncias, como por exemplo, em pH baixo, o fitato forma ligações eletrostáticas com resíduos básicos como a arginina, lisina e histidina resultando num complexo insolúvel. Já em pH próximo do ponto isoelétrico, a carga da proteína é neutra e ela não se ligará ao fitato. Por fim, em pH básico, o fitato forma complexo com proteína na presença de cátions divalentes (Ca, Mg, Zn) que agem como ponte entre o grupo carboxila carregado negativamente e o fitato (COUSINS, 1999).

Além de reduzir a disponibilidade do fósforo e contribuir para a poluição do meio ambiente através das excretas com alto teor desse oneroso nutriente, o fitato é capaz de reduzir a disponibilidade de outros minerais e proteínas (GUGGENBUHL et al., 2012).

2.3 Fitase

As fitases pertencem à classe de fosfatases que catalisam a hidrólise do ácido fítico em fosfato inorgânico e derivados de fosfato de mio-inositol (SINGH et al., 2011).

É uma biotecnologia nutricional que aumenta a eficiência na absorção dos nutrientes, melhorando o rendimento e a saúde animal, além de reduzir o impacto ambiental causados pelos excrementos eliminados. Ao reduzir o volume dos compostos poluentes, a fitase mitiga o impacto negativo resultantes da perda e eutrofização do fósforo nas águas, beneficiando o gado, os animais selvagens e a população humana (FISHER, 2015).

De acordo com Cardoso (2017), o “IV Encontro de Pesquisa e Inovação da Embrapa Agroenergia (EnPI)”, do ano de 2017 teve como tema principal a discussão de biotecnologia na indústria, sendo a fitase como um dos principais temas abordados.

Desde 1990, as fitases exógenas têm sido usadas comercialmente como uma ferramenta para reduzir o impacto ambiental da produção e melhorar a rentabilidade das aves e suínos (SELLE; RAVINDRAN, 2007). A fitase microbiana é a enzima exógena mais utilizada na alimentação de animais monogástricos (DERSJANT-LI, et al., 2015).

A dose convencional de fitase é de 500 FTU/kg (BERTECHINI, 2006; DERSJANT-LI et al., 2015), mas devido aos efeitos negativos do fitato, experimentos com doses mais altas estão sendo realizados (GOMES et al., 2013). A unidade de fitase (FTU) é definida como uma quantidade de enzima que libera 1 μmol de ortofosfato por minuto de uma solução a 0,0051 mol/l de

fitato de sódio a uma temperatura de 37°C e pH 5,5 (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005).

Essa enzima é capaz de auxiliar na absorção de fósforo fítico, já que praticamente dois terços do fósforo contido na dieta dos animais monogástricos é eliminado nas excretas favorecendo a nutrição do desperdício e a contaminação ambiental.

Os animais ruminantes, em seu sistema gastrointestinal, possuem bactérias que sintetizam a enzima fitase, diferentemente das aves e suínos que não possuem essa capacidade (KRABBE; LORANDI, 2014).

Nas aves, de acordo com Dersjant-Li et al. (2015), a ação da enzima fitase é, principalmente, ativa no trato digestivo superior, incluindo papo, proventrículo e moela; em suínos ocorre no estômago e início de intestino delgado e em peixes ocorre no estômago. Os autores afirmam ainda que há três principais fatores que podem influenciar a ação da enzima fitase: origem da fitase (bacteriana ou fúngica e 3 ou 6-fitase), ingredientes na dieta (quantidade de fitato, fósforo, cálcio e sódio) e espécie animal (gênero e idade).

A perda do fósforo pelas excretas das aves pode atingir as águas de superfícies e lençóis freáticos, o que resulta em um grave problema de poluição ambiental, no entanto esse impacto negativo pode ser reduzido com a suplementação de fitase na dieta (COSTA et al., 2007).

Além disso, devido ao drástico aumento no valor do fósforo inorgânico nos últimos 10 anos e a presença no mercado de fitases mais bioeficazes, doses mais altas dessa enzima estão sendo utilizadas na formulação de ração das aves (WEALLEANS et al., 2016). Salienta-se, ainda, que o custo desse produto está historicamente em seu preço mais baixo (COWIESON et al., 2016).

Essas superdoses de fitase devem ser combinadas com estratégias de formulação, pois não se trata apenas da liberação de fosfato e inositol. É crucial que o uso da fitase seja feito estrategicamente com modelos de otimização de custos que podem prever resultados baseados, também, em

minerais dietéticos, aminoácidos e balanço energético (COWIESON et al., 2016).

A fitase microbiana a 500 FTU/kg hidrolisa cerca de 45-60% do fitato em frangos de corte e suínos, dessa forma, o uso de doses mais altas (1000 – 2000 FTU/kg) se tornaram usuais para que ocorra hidrólise acima de 60% do fitato (DERSJANT-LI et al., 2015).

Meneghetti et al. (2011), afirmam que a fitase deve ser utilizada como estratégia nutricional para reduzir a adição de ingredientes na dieta, diminuir o custo de formulação e, conseqüentemente, reduzir o fator poluente das excretas para o ambiente, no entanto o uso de doses acima de 1.000 FTU/kg necessitam de mais estudos para adequar a matriz nutricional.

A ação da fitase em proteína/aminoácido deve ser considerada e quantificada para atualizar a formulação da dieta para monogástricos, pois essa enzima é uma ferramenta para redução na adição de ingredientes na ração como fósforo inorgânico, proteína e energia (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005).

As pesquisas atuais empenham-se em obter eficiência na utilização dos nutrientes, associada ao menor impacto ambiental, com estratégias que visam também a redução dos custos de produção. Nesse caso, o uso das enzimas exógenas vem apresentando um desfecho eficiente (BRANDÃO, 2015). Além disso, as enzimas industriais, como exemplo cita-se as fitases, favorecem o desenvolvimento sustentável da sociedade, reduzindo os impactos ambientais (NIELSEN; WENZEL, 2007).

2.4 Matriz nutricional completa da fitase

A matriz nutricional da enzima fitase indica a quantidade de nutrientes (energia, proteína, cálcio, fósforo e aminoácidos) que serão liberados quando a fitase for adicionada à ração (LIGEIRO et al., 2009)

Deve-se considerar a liberação de nutrientes e o aumento da digestibilidade com o uso da fitase suplementar, levando isso em consideração na formulação da dieta das aves (COWIESON; ACAMOVIC; BEDFORD, 2004).

Cowieson et al. (2010) afirmam que formulação de ração com a fitase não se encaixa aos modelos tradicionais, principalmente devido aos seus fatores extrafósforicos e que seria obsoleto considerar apenas o fósforo na matriz nutricional da fitase, entretanto, afirma que não é fácil formular ração na ausência do fitato e que é necessária maior atenção às concentrações de sódio, cálcio, aminoácidos, energia e fósforo.

A afinidade do fitato aos cátions da dieta depende do pH do trato gastrointestinal das aves. O fitato reduz a solubilidade proteica e afeta a disponibilidade de sódio, cálcio, aminoácidos e energia devido seu fator antinutricional que favorece a hipersecreção de ácido clorídrico, mucina, pepsina, bile e aumento de bicarbonato de sódio. Os requisitos nutricionais das aves foram estabelecidos na presença de fitato, ou seja, na ausência de fitase. Esses efeitos antinutricionais causam redução no desempenho por diminuir a absorção de aminoácidos e minerais e aumentar as perdas endógenas (COWIESON et al., 2010; SANTOS, 2013).

Estudos demonstraram que a fitase, também, tem a capacidade de substituir fontes de energia (gordura vegetal ou animal), bem como, de calcário, aminoácidos sintéticos e sais na dieta, mas isso depende da matriz de liberação de nutrientes, da concentração de fitase e da marca do produto (COWIESON et al., 2014).

Semelhantemente, Selle (2008) afirmou que ao adicionar fitase na dieta das aves ocorre um aumento na disponibilidade não só do fósforo, mas também de aminoácidos, proteínas e energia. Sabe-se que proteína e energia são os dois nutrientes mais caros usados na formulação de ração para aves, dessa forma, além da liberação do fósforo, esses dois importantes nutrientes devem ser considerados ao avaliar a suplementação de fitase (SILVERSIDES; HRUBY, 2009).

Um recente trabalho confirmou a remoção dos efeitos antinutricionais do ácido fítico com a adição da enzima fitase na dieta das aves, resultando em aumento na disponibilidade de aminoácidos. Portanto, os autores confirmam que esses também devem ser considerados na matriz nutricional da enzima (COWIESON et al., 2017).

Dessa forma, a matriz da enzima fitase deve ser considerada na formulação para, além de reduzir custos, favorecer o desempenho e a saúde animal (COWIESON et al., 2016).

Vale ressaltar que a enzima fitase segue a lei dos rendimentos decrescentes, ou seja, ao dobrar a dose padrão resultará em aumento de eficácia de 30% e se duplicar uma segunda vez proporcionará um incremento adicional de 20% apenas (SELLE; RAVINDRAN, 2007). Em teoria, o retorno do investimento com a fitase diminui a cada unidade de enzima adicionada (COWIESON et al., 2014).

Por fim, a matriz nutricional completa da enzima fitase se resume em considerar na formulação da ração a quantidade de todos os nutrientes que se tornam disponíveis com a quebra do complexo fitato-nutriente.

2.5 Equilíbrio eletrolítico

O equilíbrio eletrolítico é o resultado da adição dos principais íons (sódio, cloro e potássio) na ração e/ou na água ingerida pelo animal. Esses íons são escolhidos pela importância que desempenham no metabolismo, pela participação no balanço osmótico, no balanço ácido-básico e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares. Um desajuste na concentração desses elementos pode prejudicar o desempenho das aves por comprometer diversas funções metabólicas (JUDICE et al., 2002).

O equilíbrio eletrolítico se resume basicamente em balanço eletrolítico (BE) e relação eletrolítica (RE), onde:

$$\text{“BE} = \text{K} + \text{Na} - \text{Cl} \text{”} \quad \text{e} \quad \text{“RE} = (\text{K} + \text{Cl}) / \text{Na} \text{”}$$

Desde 1981, Mongin adverte sobre a necessidade de adequar a ração não apenas ao BE, pela diferença $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$, mas, também, quanto à RE $((\text{K} + \text{Cl}) / \text{Na})$.

A única maneira de atender as exigências imposta por Mongin é pela formulação não linear. A formulação linear permite ajustar o balanço eletrolítico $(\text{Na} + \text{K} - \text{Cl})$, mas não suporta o ajuste da relação eletrolítica $[(\text{K} + \text{Cl}) / \text{Na}]$, mas pelo princípio não linear da planilha Programa Prático para Formulação de Ração (PPFR) (GARCIA NETO, 2009) foi possível fazer corretamente o cálculo para esse tipo de formulação de ração (GAMBA et al., 2015).

De acordo com Silva et al. (2009), a suplementação de eletrólitos é necessária, principalmente do sódio, já que os ingredientes utilizados nas rações são insuficientes para suprir as exigências nutricionais das aves.

O consumo de ração serve como exemplo no caso de excesso de ânion (íons com carga elétrica negativa) que levará a uma diminuição do pH sanguíneo, ou então, ração com excesso de cátion (íons com carga elétrica positiva) que levará ao aumento do pH sanguíneo (AHMAD; SARWAR, 2006). Os animais se apresentam saudáveis e produzem o máximo do desempenho quando há perfeita atividade dos bilhões de células que compõem seu organismo, no entanto, nenhuma célula pode funcionar de forma eficiente sem um sistema eletrolítico equilibrado (KUMAR; TARAR, 2011).

Alguns autores afirmam que o BE de 250 mEq/kg é utilizado como ótimo para funções fisiológicas normais dos frangos de corte (GAMBA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2003).

Em um estudo realizado por Gamba et al. (2015), foi possível verificar que a utilização estratégica da formulação não linear com o correto equilíbrio eletrolítico melhora o desempenho e é capaz de minimizar o efeito do estresse térmico em frangos de corte, considerando uma dieta com BE de 250 mEq/kg e RE 3, para um melhor desempenho em condições termoneutras, e uma dieta com BE de 350 mEq/kg e RE 3 visando à sobrevivência dos animais em condições de estresse térmico.

De acordo com Santos, et al. (2017), há necessidade de mais estudos envolvendo o balanço eletrolítico, suplementação de vitamina e minerais, principalmente pela divergência de resultados encontrados envolvendo o desempenho das aves.

2.6 Fitase e equilíbrio eletrolítico na dieta das aves

Sabe-se que o equilíbrio eletrolítico e a fitase são ferramentas utilizadas na formulação de ração para melhorar o desempenho das aves, no entanto, alguns autores demonstram interferência na concentração de sódio com o uso da fitase, resultando em perturbação no equilíbrio eletrolítico (SHAHSAVARI et al., 2012).

Com o propósito de melhorar os rendimentos das aves, nutricionistas adotam técnicas de suplementação na ração que podem interagir entre si e afetar uma na ação da outra. É o que supostamente ocorre com a suplementação de fitase e equilíbrio eletrolítico na dieta. Com a quebra do fitato, ocorre liberação de sódio que estava complexado, esse excesso de sódio pode resultar em desequilíbrio eletrolítico nas aves. No entanto, essa interação ainda não está bem esclarecida e necessita de mais estudos (COWIESON; ACAMOVIC; BEDFORD, 2004; GONÇALVES, 2014; RAVINDRAN, COWIESON, SELLE, 2008; SELLE; RAVINDRAM, 2007; SHAHSAVARI, et al. 2012;).

Segundo Cowieson et al. (2011), com a adição de fitase na dieta ocorre a quebra do complexo fitato-sódio, que gera o aumento de sódio disponível. Logo, resulta em uma desordem no funcionamento da bomba de sódio e potássio, o que prejudica a absorção de alguns nutrientes como aminoácidos e monossacarídeos, que são dependentes do transporte ativo. Com efeito, há uma redução no desempenho das aves, até mesmo pelo gasto energético da bomba de Na-K que tenta controlar o gradiente eletroquímico entre os meios

extra e intracelular e a toxidez do mineral em altos níveis (BARROS et al., 2001).

Classen et al. (2010), afirmam que há interações que afetam negativamente a ação da fitase, prejudicando a eficiência enzimática.

Ravindran, Cowieson e Selle (2008), avaliaram as possíveis interações entre o balanço eletrolítico e a fitase no desempenho e na utilização de nutrientes, porém não encontraram relação entre BE e fitase. Contudo, os autores afirmam que houve uma tendência de interação entre BE e Fitase ($p=0,06$), ressaltando que a resposta da enzima fitase pode ser afetada pelos níveis de balanço eletrolítico.

Diferentemente, Mussini et al. (2011), não observaram interações significativas entre balanço eletrolítico e fitase, mas afirmam que a suplementação de níveis da enzima acima dos normalmente utilizados melhoram significativamente o desempenho produtivo das aves.

Dessa forma, ainda não está claro se realmente há distúrbio no equilíbrio eletrolítico e, se ocorre, é devido ao aumento da concentração do Na (Relação Eletrolítica) da dieta (COWIESON et al. 2011; RAVINDRAN, COWIESON, SELLE, 2008;). Sob esta ótica, a relação eletrolítica (RE) seria mais apropriada para justificar as interações observadas entre a fitase e as relações cátion-ânions da dieta.

3 HIPÓTESES

As seguintes hipóteses foram testadas:

- 1) A suplementação de fitase na dieta interfere no equilíbrio eletrolítico.
- 2) Ao formular a dieta das aves utilizando a matriz nutricional completa da enzima fitase há redução na adição dos principais nutrientes da ração (energia, proteína e fósforo) e, conseqüentemente, redução dos custos de produção, além de reduzir o nível de fósforo nas excretas.

4 OBJETIVOS

A pertinência deste trabalho foi avaliar a interação do equilíbrio eletrolítico com a matriz nutricional completa da fitase para frangos de corte e os efeitos no desempenho, rendimento de carcaça, avaliação óssea e excretas, bem como na viabilidade econômica das referidas estratégias.

5 REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual**. 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/final_abpa_relatorio_anual_2017_ingles_web.pdf>.

Acesso em: 04 ago. 2017.

AHMAD, T.; SARWAR, M. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.4, p.638-653, 2006.

ALLTECH. **Pesquisa alltech global feed survey**. 2016. Disponível em: <<http://pt.alltech.com/pt-feed-survey-2016>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

ALMEIDA, F. N.; SULABO, R. C.; STEIN, H. H. Effects of a novel bacterial phytase expressed in *Aspergillus Oryzae* on digestibility of calcium and phosphorus in diets fed to weanling or growing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 8, p.1-10, 2013.

ARRUDA-NETO, J. D. T. et al. Uranium incorporation biokinetics in poultry bones as function of phytase doses. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 263, n. 2, p.287-289, 2005.

AVISITE. **Nutrição em foco**. 2012. Disponível em <http://www.avisite.com.br/revista/pdfs/revista_edicao61.pdf> . Acesso em: 28 mar. 2015.

BARROS, J. M. S. et al. Exigência nutricional de sódio para frangos de corte de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n 3, p. 1044-1051, 2001.

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, 2016.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ed. UFLA, 2006.

BRANDÃO, L. V. et al. Influências da adição de fitase em dietas para tambaqui. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 1025 – 1032, 2015.

BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S.; MACHADO, A.S. Fitase na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 36, p. 183, Art. 1232, 2011.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.

CARDOSO, L. S. **Biotecnologia permite aproveitar mais nutrientes das rações**. EMBRAPA, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/25194018/biotecnologia-permite-aproveitar-mais-nutrientes-das-racoes>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

CLASSEN, H. L.; MAENZ, D. D.; CARUTHERS, C. Ingredient considerations, total phytate concentrations and susceptibility of phytate to hydrolysis. In: INTERNATIONAL PHYTASE SUMMIT, 1., 2010, Washington. **Proceedings...** Washington: Nutrition Society, 2010. p. 173-177.

CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v. 19, p. 292-305, 2009.

COSTA, F.G.P. et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 865-870, 2007.

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

COWIESON, A. J. **Aggressive modern enzymes require review of diet formulations**. AB Vista Feed Ingredients, UK, 2010. Disponível em: < <http://www.allaboutfeed.net/Home/General/2010/7/Aggressive-modern-enzymes-require-review-of-diet-formulations-AAF011613W/>>. Acesso em: 10 fev. 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. 101–108, 2004.

COWIESON, A. J. et al. Increased dietary sodium chloride concentrations reduce endogenous amino acid flow and influence the physiological response to the ingestion of phytic acid by broiler chickens. **British Poultry Science**, v.52, n. 5, p. 613—624, 2011.

COWIESON, A. J. et al. Phytase and myo-inositol: opportunities for enhanced poultry and pig production efficiency. **AFMA Matrix**, v.23, n. 2, p.48–51, 2014. Disponível em: <
https://www.dsm.com/content/dam/dsm/anh/en_US/documents/2014_Phytase_and_myoinositol.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.

COWIESON, A. J. et al. Phytate-free nutrition: a new paradigm in monogastric animal production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 180–189, 2016.

COWIESON, A.J. et al. A systematic view on the effect of microbial phytase on ileal amino acid digestibility in pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 23, p. 138–149, 2017.

DERSJANT-LI, Y. et al. 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.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Relatório de atividades 2016**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2017. 22 p.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2016-2025**, 2016. p. 29-34. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5778s.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

FERREIRA, A. H. C.; LOPES, J. B. Uso da fitase na alimentação de frangos de corte – Revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n. 4, p. 1854-1860, 2012.

FISHER, A. Nutritional biotechnologies: phytase. **Purdue extension**, 2015. Disponível em: <https://mdc.itap.purdue.edu/item.asp?Item_Number=AS-627-WV> Acesso em: 02 set. 2017.

GAMBA, J.P. et al. The strategic application of electrolyte balance to minimize heat stress in broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, n.2, p 237-246, 2015.

GARCIA NETO, M. **Programa prático para formulação de rações** / frangos de corte PPFR / tabelas brasileiras 2009. Disponível em: www.fmva.unesp.br/ppfr . Acesso em: 06 set. 2014.

GODOY, P. et al. Enzimas: aditivos permitem diferentes combinações para economia de custos. **Revista Avisite**, v. 6, n. 61, p.40-44, 2012.

GOMES, G. A. Fitase e suas implicações na digestão e absorção de nutrientes. **Engormix**. 2013. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/fitase-implicacoes-digestao-absorcao-t38021.htm>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

GONÇALVES, R. P. **Influence of dietary electrolyte balance on phytase efficacy in poultry**. 2014. Thesis. University of Glasgow, Auchincruive, Reino Unido, 2014.

GUGGENBUHL, P. et al. Effects of a 6-phytase on the apparent ileal digestibility of minerals and amino acids in ileorectal anastomosed pigs fed on a corn–soybean meal–barley diet. **American Society of Animal Science**, v. 90, p. 182-184, 2012.

JUDICE, J.P.M.; BERTECHINI, A.G.; MUNIZ, J.A. Balanço cátiô-aniónico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. Lavras. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.3, p.598-609, 2002.

KRABBE, E. L.; LORANDI, S. Atualidades e tendências no uso de enzimas na nutrição de aves. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 6., 2014, Estância de São Pedro. **Anais...** Estância de São Pedro: Congresso Brasileiro de Nutrição Animal, 2014.

KUMAR, N.; TARAR, P. Electrolytes, stress e performance – a matter of balance! **Avitech**: Technical Bulletin, jan. 2011.

LIGEIRO, E. C.; et al. A. Avaliação da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo sorgo para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1948-1955, 2009.

MENEGHETTI, C. et al. Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.624-632, 2011.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **The Proceednigs of the Nutrition Society**, v. 40, p. 285-294, 1981.

MUSSINI, F. et al. Efecto del balance electrolítico dietario en la acción liberadora de fosforo de la fitasa. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AVICULTURA, 22., 2011. **Anais...** Buenos Aires – Argentina, 2011. Disponível em: <<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efecto-balance-electrolitico-dietario-t28906.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

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

NIELSEN, P. H.; WENZEL, H. Environmental assessment of Ronozyme® P5000 CT phytase as an alternative to inorganic phosphate supplementation to pig feed used in intensive pig productio. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12, p. 514, 2007. Disponível em: <<https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1065/lca2006.08.265.2>> Acesso em: 28 mar. 2017.

OLIVEIRA, E. C. et al. Efeito do balanço eletrolítico e subprodutos avícolas no desempenho de frangos de corte na fase inicial (1-21 dias de idade). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n. 2, p.293-299, 2003.

OLIVEIRA, P. M.; FARIA JÚNIOR, M. J. A.; GARCIA NETO, M. Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.68, n.3, p.739-747, 2016

RAVINDRAN, V.; COWIESON, A. J.; SELLE, P. H. Influence of dietary electrolyte balance and microbial phytase on growth performance, nutrient utilization, and excreta quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, p. 677–688, 2008.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

RUNHO, R. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.187-196, 2001.

SANTOS, D. M. et al. Balanço eletrolítico, suplementação de vitaminas e de microminerais em rações de frangos de corte de 1 à 21 dias de criação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 27., 2017, Santos. **Anais...** Santos – SP: ZOOTEC, 2017. Disponível em: < <http://abz.org.br/trabalhos/balanco-eletrolitico-suplementacao-de-vitamina-d-e-microminerais-em-racoes-de-frangos-de-corte-de-1-21-dias-de-criacao/>>. Acesso em: 04 set. 2017.

SANTOS, L. M. et al. Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p.2486-2495, 2011.

SANTOS, T. Phytate as na anti-nutrient for poultry and swine. **Engormix**. 2013. Disponível em: < <https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/phytate-anti-nutrient-poultry-t35835.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

SELLE, P. New insights into phytase inclusion in broiler diets: phytase added to the feed increases digestibility of amino acids, protein and energy. **Poultry International**, p. 16-19, mar. 2008. Disponível em: <<https://www.wattagnet.com/articles/3220-new-insights-into-phytase-inclusion-in-broiler-diets>> Acesso em 27 set. 2017.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, n. 1-2, p. 1–41, 2007.

SILVA, R. A. G. et al. Uso de diferentes fontes de sódio na dieta de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade sobre o desempenho e umidade da cama. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1029-1036, 2009.

SHAHSAVARI, K. et al. The interaction between dietary electrolyte balance and microbial phytase on performance. **Annals of Biological Research**, v. 3 p. 1577-1581, 2012.

SILVERSIDES, F. G.; HRUBY, M. Feed formulation using phytase in laying hen diets. **Poultry Science**, v. 18, p. 15-22, 2009.

SINGH, B.; KUNZE, G.; SATYANARAYANA, T. Developments in biochemical aspects and biotechnological applications of microbial phytases. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, v. 6, p. 69-87, 2011.

TOLEDO, R. S; NASCIMENTO, A. H. Vitaminas e Minerais. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 11., e BRASIL SUL POULTRY FAIR, 2., 2010, Chapecó. **Anais...**Chapecó: Nucleovet, 2010. p. 73-84.

VARGAS JUNIOR, R.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1919-1926, 2003.

WEALLEANS, A. L. et al. A value based approach to determine optimal phytase dose: a case study in turkey poult. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 288–295, 2016.

WU, G. Comparison of natuphos and phyzyme as phytase sources for commercial layers fed corn-soy diet. **Poultry Science**, v. 85, p. 64-69, 2006.

Capítulo 2 – APRIMORAMENTO DA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE COM FITASE E EQUILÍBRIO ELETROLÍTICO

Mayara Maia Rodrigues⁽¹⁾, Sílvia Helena Venturoli Perri⁽¹⁾ e Manoel Garcia Neto⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista (Unesp), Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Clóvis Pestana 793, CEP 16050-680 Araçatuba, SP, Brasil. E-mail: mayara_maya05@hotmail.com, shvperri@fmva.unesp.br, mgarcia@fmva.unesp.br

RESUMO - O experimento teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação do equilíbrio eletrolítico e da matriz nutricional da enzima fitase na ração para frangos de corte, em dados de desempenho, rendimento de carcaça, avaliação óssea e excretas, bem como na viabilidade econômica das referidas estratégias. As dietas foram formuladas pelo programa PPFR não linear, que foi aferido com as equações de cada nutriente disponibilizado pela matriz da enzima. O balanço eletrolítico ($BE=K+Na-Cl$) foi fixado em 250 mEq/kg para todas as dietas e variou apenas a relação eletrolítica [$RE=((K+Cl)/Na)$] (2,5/3,0/3,5) e níveis de fitase (0/1.000/2.000 FTU/kg). Foram alojados 360 pintos machos de um dia de idade, distribuídos em arranjo um fatorial completo 3x3 (3 níveis de fitase e 3 de RE), totalizando 9 tratamentos, com 4 repetições de cada, que resultaram em 36 parcelas experimentais em um delineamento inteiramente casualizado. Água e ração foram fornecidas ad libitum. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, à análise de regressão. Não houve interação entre a suplementação na dieta para frangos de corte com a matriz nutricional da enzima fitase e relação eletrolítica em nenhuma das variáveis estudadas. Verificou-se uma redução linear de mais de 50% no teor de fósforo nas excretas das aves que receberam rações com enzima fitase. As dietas com estreita relação (2,5) obtiveram maior teor de sódio nas excretas. Mesmo com a diminuição de ingredientes adicionados nas dietas formuladas com fitase, como exemplo o fosfato bicálcico e o óleo de soja, não constatou alteração no desempenho, rendimento e qualidade óssea das aves, o que validou a matriz nutricional da enzima utilizada no experimento. Sugere-se formular a ração para frangos de corte machos com níveis de 2.000 FTU/kg e equilíbrio eletrolítico (balanço de 250 mEq/kg e relação 3,5), pois além de reduzir a adição de ingredientes de alto custo na alimentação, resulta em menor teor de fósforo e sódio nas excretas, sem prejudicar o desempenho das aves e contribui com a conservação do meio ambiente.

Palavras-chave: aves, eletrólitos, enzimas, fitato, ração animal.

CHAPTER 2 – IMPROVEMENT OF THE FEED FORMULATION FOR BROILERS WITH PHYTASE AND ELECTROLYTE BALANCE

Mayara Maia Rodrigues⁽¹⁾, Sílvia Helena Venturoli Perri⁽¹⁾ e Manoel Garcia Neto⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista (Unesp), Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Clóvis Pestana 793, CEP 16050-680 Araçatuba, SP, Brasil. E-mail: mayara_maya05@hotmail.com, shvperri@fmva.unesp.br, mgarcia@fmva.unesp.br

ABSTRACT – The objective of this experiment was to evaluate the effects of the application of the electrolyte balance and the nutritional matrix of the enzyme phytase for broiler chickens on performance data, carcass yield, bone evaluation and excreta, as well as on the economical viability of these strategies. The diets were formulated by the non-linear PPFR program, which was calibrated with the equations of each nutrient provided by the enzyme matrix. The electrolytic balance ($EB = K + Na - Cl$) was set at 250 mEq/kg for all diets and varied only the electrolyte ratio ($ER = ((K + Cl)/Na)$ (2.5/3.0/3.5) and phytase levels (0/1,000/2,000 FTU/kg). A total of 360 male chicks of one day old were distributed in a complete factorial arrangement 3x3 (3 phytase levels and 3 ER levels), totaling 9 treatments, with 4 replicates of each, completing 36 experimental plots in a completely randomized design. Water and feed were supplied ad libitum. The results were submitted to analysis of variance and, later, to regression analysis. There was not interaction between dietary supplementation for broiler chickens with the nutritional matrix of the enzyme phytase and electrolyte ratio for any of the studied variables. There was a linear reduction of more than 50% in the phosphorus content in the excreta of birds that received phytase enzyme in the feed. The diets with narrow electrolyte ratio (2.5) obtained higher sodium content in excreta. Even with the decrease in the amount of ingredients added in diets formulated with phytase, such as dicalcium phosphate and soybean oil, there was no change in the performance, yield and bone quality of the birds, which validated the nutritional matrix of the enzyme used in the experiment. It is suggested to formulate the ration for male broilers with levels of 2,000 FTU/kg and electrolytic balance (balance of 250 mEq/kg and ratio 3,5), because in addition to reducing the addition of the most expensive ingredients in the diet, results in lower content of phosphorus and sodium in the excreta, without affecting the performance of the birds and contributes to the conservation of the environment and attenuation.

Keywords: animal feed, electrolytes, enzymes, phytate, poultry.

1 INTRODUÇÃO

A alimentação, na produção de frangos de corte, representa dois terços do custo final da atividade, por isso exige aprimoramento constante visando produtividade e cuidados com o meio ambiente (BERTECHINI, 2006; VIEIRA et al., 2007).

A dieta das aves tem como ingredientes básicos o milho (fonte de energia) e soja (fonte de proteína) que são, respectivamente, o primeiro e segundo ingrediente de maior custo para a formulação. O terceiro é o mineral fósforo (BOLING et al., 2000), que é adicionado na dieta mesmo contendo altos níveis na ração. No entanto, esse fósforo encontra-se na forma de fitato, que não está disponível para o aproveitamento pelos monogástricos (ROSTAGNO et al., 2017; WEALLEANS et al., 2016). Consequentemente, há um favorecimento para a “nutrição do desperdício”, pois além de resultar em sérios danos ambientais, pelo excesso de fósforo nos dejetos, o mesmo se trata de um mineral oneroso, de fonte não renovável e estudiosos já preveem sua extinção (SELLE, 2008; WU et al., 2006).

A cama de frango pode ser aproveitada como fertilizante orgânico, principalmente, por conter níveis elevados de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e potássio (K), que são importantes minerais para as culturas (LOURENÇO et al., 2013). Quando utilizada de forma correta, resulta em grande potencial de produção de grãos, horticultura, fruticultura, pastagem e reflorestamento. No entanto, se utilizada para adubar solos com níveis ideais ou em excesso, principalmente de fósforo, o excedente poderá contaminar o meio ambiente, por atingir as superfícies aquáticas e causar eutrofização das águas (CORRÊA; MIELE, 2011; KELLEHER et al., 2002).

Em decorrência dessa contaminação ambiental pelo fósforo, ocorre a proliferação de algas que diminui, consequentemente, o nível de oxigênio dificultando a vida no ambiente aquático (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005; COSTA et al., 2007; LELIS, 2009; SINGH, 2011).

Uma maneira de evitar os danos relatados seria pela diminuição de fósforo fítico na dieta com a suplementação da enzima fitase. A fitase é uma enzima que, adicionada na ração, aumenta a digestibilidade dos alimentos e melhora o aproveitamento dos nutrientes por reduzir as propriedades antinutricionais do fitato. Essa enzima pode ser produzida por espécies de bactérias, fungos e leveduras e vem sendo utilizada também com a intenção de reduzir custos da ração e melhorar o aproveitamento de proteínas e aminoácidos, por meio da quebra desses complexos (FERREIRA; LOPES, 2012).

De acordo com Cowieson (2010), ao adicionar fitase na dieta, há necessidade de se fazer uma revisão da formulação. Equivocadamente, durante anos a fitase era adicionada na ração visando apenas a liberação do fósforo, entretanto, hoje, se estende, também, ao cálcio, sódio, aminoácidos e energia. Apesar disso, ainda há trabalhos considerando apenas a biodisponibilidade do fósforo em dietas formuladas com fitase (CROMWELL, et al., 1995; WEALLEANS, et al., 2016).

Contudo, a matriz nutricional da fitase deve ser considerada na formulação para melhorar o aproveitamento dos nutrientes já contidos na dieta, através da quebra dos complexos formados pelo fitato, o que resultaria em aumento de desempenho e redução dos custos da ração (COWIESON et al., 2016).

Por outro lado, alguns autores afirmam que a adição da enzima fitase na dieta poderia ocasionar um desequilíbrio eletrolítico, já que aumenta a disponibilidade do sódio para ser aproveitado pelas aves (COWIESON; ACAMOVIC; BEDFORD, 2004; COWIESON et al., 2011; SELLE; RAVINDRAM, 2007). Esse desequilíbrio pode prejudicar o desempenho das aves por comprometer diversas funções metabólicas (JUDICE et al., 2002). No entanto, o mecanismo, ainda, não está totalmente esclarecido e todos os estudos feitos até o presente momento avaliaram apenas a interação entre balanço eletrolítico ($BE = Na^+ + K^+ - Cl^-$) e fitase (COWIESON et al., 2011; RAVINDRAN; COWIESON; SELLE, 2008; SHAHSAVARI et al., 2012). Sob esta ótica, a relação eletrolítica

[RE= ((K+Cl)/Na)] seria mais apropriada para justificar as interações observadas entre a fitase e as relações cátion-ânions da dieta.

O objetivo do presente projeto foi avaliar as possíveis interações entre o equilíbrio eletrolítico e a matriz nutricional completa da enzima fitase em rações para frangos de corte e os efeitos no desempenho, rendimento de carcaça, avaliação óssea e de excretas, bem como na viabilidade econômica das referidas estratégias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor experimental de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Foram utilizados 360 pintos machos da linhagem Cobb 500, distribuídos em 36 boxes com 10 aves em cada, no período de 1 a 42 dias de idade.

Todos os tratamentos foram constituídos por dietas com balanço eletrolítico de 250 mEq/kg, com variação na combinação de relação eletrolítica (2,5/3,0/3,5) e níveis de fitase (0/1.000/2.000 FTU/kg) na ração oferecida aos frangos. A enzima utilizada no experimento foi uma 6-fitase de origem microbiana expressa em *Aspergillus oryzae* (RONOZYME® HiPhos). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3x3, o que resultou em nove tratamentos (Tabela 1) com quatro repetições que constituíram 36 parcelas experimentais.

Tabela 1 - Tratamentos segundo a combinação de relação eletrolítica e fitase nas dietas para frangos de corte machos

Tratamentos	Relação eletrolítica ¹	Fitase ² (FTU/kg) ³
T1	2,5	0
T2	3,0	0
T3	3,5	0
T4	2,5	1.000
T5	3,0	1.000
T6	3,5	1.000
T7	2,5	2.000
T8	3,0	2.000
T9	3,5	2.000

¹RE [relação eletrolítica=(K/39,10+Cl/35,45)/(Na/22,99)].

²Ronozyme HiPhos, DSM Nutritional Products.

³FTU = unidades de fitase.

O alojamento das aves foi realizado em um galpão de alvenaria (7,85 x 45,70m), com orientação Leste-Oeste, climatizado com sistema de resfriamento evaporativo adiabático com ventilação de pressão negativa, coberto com telhas especiais, constituídas de material isolante (poliestireno expandido) disposto entre chapas metálicas refletivas. Os pintinhos foram dispostos, com um dia de idade, em boxes com dimensões de 1,4 x 3,0m (largura x comprimento), tendo como piso a cama de maravalha. Durante os quinze primeiros dias de criação utilizou-se como fonte de aquecimento resistência tubular aletada (500 w) com ajuste automatizado de aquecimento.

As misturas das rações experimentais (Tabela 2 e 3) foram realizadas na fábrica de ração do setor Experimental de Zootecnia da faculdade, e formuladas através do PPFR (GARCIA NETO, 2009) à base de milho, farelo de soja, óleo, suplemento vitamínico, suplemento mineral, calcário e fosfato bicálcico, seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011), sendo que os sais cloreto de sódio (NaCl), bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e carbonato de potássio (K₂CO₃) foram adicionados conforme as necessidades, para atender

os ajustes do equilíbrio exigido, além de considerar os valores da matriz nutricional da fitase utilizada (Tabela 4).

Tabela 2 - Composição e custo das rações utilizadas no experimento para alimentar as aves na fase inicial (1º ao 21º dias de idade)

Ingredientes	Tratamentos	Fitase 0			Fitase 1000			Fitase 2000		
		RE 2,5	RE 3,0	RE 3,5	RE 2,5	RE 3,0	RE 3,5	RE 2,5	RE 3,0	RE 3,5
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Custo da ração	R\$/100 kg	90,95	91,23	91,96	88,26	88,63	89,38	88,43	88,82	89,65
Milho (7,88%)	%	57,63	57,69	57,40	61,67	61,66	61,36	62,78	62,75	62,43
Óleo de Soja	%	2,68	2,66	2,76	0,58	0,59	0,69	0,01	0,02	0,13
Soja Farelo (45%)	%	34,97	34,96	35,00	33,75	33,75	33,80	33,40	33,40	33,46
Fosfato Bicálcico	%	1,47	1,47	1,47	0,69	0,69	0,69	0,50	0,50	0,50
Sal Comum	%	0,24	0,20	0,33	0,19	0,19	0,33	0,18	0,19	0,32
L-Lisina HCl	%	0,18	0,18	0,18	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20	0,21
L- Treonina	%	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Calcário Calcítico	%	1,06	1,06	1,06	1,10	1,10	1,10	1,09	1,08	1,08
Bicarbonato Sódio (NaHCO ₃)	%	0,49	0,41	0,22	0,53	0,42	0,23	0,54	0,43	0,23
Carbonato de potássio (K ₂ CO ₃)	%	0,00	0,09	0,30	0,00	0,12	0,33	0,00	0,12	0,34
RONOZYME HiPhos (GT) - Broilers /10000 FTU/g	%	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Polimax F1- Inicial (Fatec)	%	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Total		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada	kcal/kg									
Energia Met. Aves	%	2980,00	2980,00	2980,00	2980,00	2980,00	2980,00	2980,00	2980,00	2980,00
Proteína Bruta (PB)	%	20,55	20,55	20,55	20,59	20,59	20,59	20,58	20,58	20,59
Cálcio	%	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
P Disponível	%	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Relação Ca/P disponível	%	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
Potássio	%	0,81	0,85	0,94	0,80	0,85	0,94	0,79	0,85	0,94
Sódio	%	0,25	0,21	0,21	0,24	0,21	0,21	0,24	0,21	0,21
Cloro	%	0,23	0,21	0,29	0,21	0,20	0,29	0,20	0,20	0,29
Ácido Linoléico	%	2,82	2,81	2,86	1,78	1,79	1,84	1,50	1,51	1,56
Lisina Dig.	%	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15
Metionina Dig.	%	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
Metionina + Cistina Dig.	%	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Treonina Dig.	%	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Triptofano Dig.	%	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Gordura	%	5,37	5,35	5,44	3,40	3,40	3,50	2,87	2,88	2,97
BE= K+Na -Cl (mEq/kg)	mEq	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
RE= (K+Cl)/Na	—	2,50	3,00	3,50	2,50	3,00	3,50	2,50	3,00	3,50
Fitase	FTU/kg	0,00	0,00	0,00	1000,00	1000,00	1000,00	2000,00	2000,00	2000,00
P Total	%	0,61	0,61	0,61	0,47	0,47	0,47	0,44	0,44	0,44
P Fítico	%	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
P Fitase	%	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	0,18	0,18	0,18

*BE = balanço eletrolítico; RE = relação eletrolítica

**A Composição dos suplementos vitamínico-minerais utilizados nas rações durante as três fases de criação (quantidade/kg do produto): Inicial: vit. A - 1.670.000 U.I; vit. D3 - 335.000 U.I; vit. E - 2.500 mg; vit. K3 - 417 mg; vit. B1 - 250 mg; vit. B2 - 835 mg; vit. B6 - 250 mg; vit. B12 - 2.000 mcg; ácido fólico - 100 mg; biotina - 9 mg; niacina - 5.835 mg; pantotenato de cálcio - 1.870 mg; Cu - 1.000 mg; Co - 17 mg; I - 170 mg; Fe - 8.335 mg; Mn - 10.835mg; Zn - 7.500 mg; Se - 35 mg; Cloreto de Colina 50% - 116.670 mg; Metionina - 250.000 mg; Coccidiostático - 13.335 mg; Promotor de Crescimento - 13.335 mg; Antioxidante - 2.000 mg. Crescimento: vit. A - 1.335.000 U.I; vit. D3 - 300.000 U.I; vit. E - 2.000 mg; vit. K3 - 335 mg; vit. B1 - 167 mg; vit. B2 - 670 mg; vit. B6 - 170 mg; vit. B12 - 1.670 mcg; ácido fólico - 67 mg; biotina - 7 mg; niacina - 4.670 mg; pantotenato de cálcio - 1.870 mg; Cu - 1.000 mg; Co - 17 mg; I - 170 mg; Fe - 8.335 mg; Mn - 10.835 mg; Zn - 7.500 mg; Se - 35 mg; Cloreto de Colina 50% - 83.340mg; Metionina - 235.000mg; Coccidiostático - 10.000 mg; Promotor de Crescimento - 10.000mg; Antioxidante - 2.000mg. Terminação: vit. A - 1.670.000 U.I; vit. D3 - 335.000 U.I; vit. E - 2.335 mg; vit. K3 - 400 mg; vit. B1 - 100 mg; vit. B2 - 800 mg; vit. B6 - 200 mg; vit. B12 - 2.000 mcg; ácido fólico - 67 mg; biotina - 7 mg; niacina - 5.670 mg; pantotenato de cálcio - 2.000 mg; Cu - 2.000 mg; Co - 27 mg; I - 270 mg; Fe - 16.670 mg; Mn - 17.335 mg; Zn - 12.000 mg; Se - 70 mg; Cloreto de Colina 50% - 100.000mg; Metionina - 235.000mg; Antioxidante - 2.000 mg.

Tabela 3 - Composição e custo das rações utilizadas no experimento para alimentar as aves na fase de terminação (22º ao 42º dia de idade)

Ingredientes	Tratamentos	Fitase 0			Fitase 1000			Fitase 2000		
		RE 2,5	RE 3,0	RE 3,5	RE 2,5	RE 3,0	RE 3,5	RE 2,5	RE 3,0	RE 3,5
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Custo da ração	R\$/100 kg	81,07	81,54	82,07	78,47	78,93	79,47	78,67	79,03	79,71
Milho (7,88%)	%	65,99	65,89	65,72	70,08	69,99	69,81	71,15	71,13	70,86
Óleo de Soja	%	2,76	2,80	2,86	0,67	0,70	0,76	0,11	0,12	0,21
Soja Farelo (45%)	%	27,44	27,46	27,49	26,11	26,13	26,16	25,79	25,79	25,84
Fosfato Bicálcico	%	1,03	1,03	1,03	0,25	0,25	0,25	0,06	0,06	0,06
Sal Comum	%	0,14	0,17	0,24	0,13	0,16	0,23	0,12	0,12	0,24
L-Lisina HCl	%	0,19	0,19	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
L- Treonina	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Calcário Calcítico	%	0,83	0,83	0,83	0,87	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86
Bicarbonato Sódio (NaHCO ₃)	%	0,57	0,43	0,29	0,58	0,45	0,31	0,58	0,48	0,30
Carbonato de potássio (K ₂ CO ₃)	%	0,20	0,34	0,50	0,23	0,37	0,52	0,24	0,35	0,54
RONOZYME HiPhos (GT) - Broilers /10000 FTU/g	%	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Polimax F1- Inicial (Fatec)	%	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Total		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada	kcal/kg									
Energia Met. Aves	%	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00
Proteína Bruta (PB)	%	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
Cálcio	%	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
P Disponível	%	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Relação Ca/P disponível	%	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
Potássio	%	0,78	0,84	0,90	0,78	0,84	0,90	0,78	0,83	0,91
Sódio	%	0,23	0,21	0,20	0,23	0,21	0,20	0,23	0,20	0,20
Cloro	%	0,17	0,19	0,23	0,17	0,19	0,23	0,17	0,17	0,24
Ácido Linoléico	%	2,96	2,97	3,00	1,92	1,94	1,97	1,65	1,65	1,69
Lisina Dig.	%	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Metionina Dig.	%	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Metionina + Cistina Dig.	%	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
Treonina Dig.	%	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Triptofano Dig.	%	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Gordura	%	5,63	5,66	5,71	3,67	3,70	3,75	3,14	3,15	3,23
BE= K+Na -Cl (mEq/kg)	mEq	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
RE= (K+Cl)/Na	—	2,50	3,00	3,50	2,50	3,00	3,50	2,50	3,00	3,50
Fitase	FTU/kg	0,00	0,00	0,00	1000,00	1000,00	1000,00	2000,00	2000,00	2000,00
P Total	%	0,51	0,51	0,51	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33
P Fítico	%	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
P Fitase	%	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	0,18	0,18	0,18

*BE = balanço eletrolítico; RE = relação eletrolítica

**A Composição dos suplementos vitamínico-minerais utilizados nas rações durante as três fases de criação (quantidade/kg do produto): Inicial: vit. A - 1.670.000 U.I; vit. D3 - 335.000 U.I; vit. E - 2.500 mg; vit. K3 - 417 mg; vit. B1 - 250 mg; vit. B2 - 835 mg; vit. B6 - 250 mg; vit. B12 - 2.000 mcg; ácido fólico - 100 mg; biotina - 9 mg; niacina - 5.835 mg; pantotenato de cálcio - 1.870 mg; Cu - 1.000 mg; Co - 17 mg; I - 170 mg; Fe - 8.335 mg; Mn - 10.835mg; Zn - 7.500 mg; Se - 35 mg; Cloreto de Colina 50% - 116.670 mg; Metionina - 250.000 mg; Coccidiostático - 13.335 mg; Promotor de Crescimento - 13.335 mg; Antioxidante - 2.000 mg. Crescimento: vit. A - 1.335.000 U.I; vit. D3 - 300.000 U.I; vit. E - 2.000 mg; vit. K3 - 335 mg; vit. B1 - 167 mg; vit. B2 - 670 mg; vit. B6 - 170 mg; vit. B12 - 1.670 mcg; ácido fólico - 67 mg; biotina - 7 mg; niacina - 4.670 mg; pantotenato de cálcio - 1.870 mg; Cu - 1.000 mg; Co - 17 mg; I - 170 mg; Fe - 8.335 mg; Mn - 10.835 mg; Zn - 7.500 mg; Se - 35 mg; Cloreto de Colina 50% - 83.340mg; Metionina - 235.000mg; Coccidiostático - 10.000 mg; Promotor de Crescimento - 10.000mg; Antioxidante - 2.000mg. Terminação: vit. A - 1.670.000 U.I; vit. D3 - 335.000 U.I; vit. E - 2.335 mg; vit. K3 - 400 mg; vit. B1 - 100 mg; vit. B2 - 800 mg; vit. B6 - 200 mg; vit. B12 - 2.000 mcg; ácido fólico - 67 mg; biotina - 7 mg; niacina - 5.670 mg; pantotenato de cálcio - 2.000 mg; Cu - 2.000 mg; Co - 27 mg; I - 270 mg; Fe - 16.670 mg; Mn - 17.335 mg; Zn - 12.000 mg; Se - 70 mg; Cloreto de Colina 50% - 100.000mg; Metionina - 235.000mg; Antioxidante - 2.000 mg.

Tabela 4 - Matriz nutricional da enzima Ronozyme Hiphos - DSM

GT dose FTU: g/kg de ração	500	750	1000	1500	2000
Fósforo disponível	10,00	13,00	15,00	17,00	18,00
Fósforo digestível	8,20	10,70	12,30	13,90	14,80
Cálcio	11,50	15,20	17,80	20,70	23,00
Sódio	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00
Proteína	18,00	22,00	26,00	29,00	31,00
Lisina	0,73	0,94	1,08	1,25	1,38
Metionina	0,28	0,36	0,41	0,48	0,52
Met + Cys	0,44	0,56	0,65	0,74	0,82
Treonina	0,43	0,56	0,65	0,75	0,83
Triptofano	0,12	0,16	0,18	0,21	0,23
Iso-leucina	0,71	0,91	1,05	1,21	1,34
Arginina	0,68	0,87	1,00	1,15	1,28
Valina	0,74	0,92	1,10	1,27	1,43
Ferro	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10
Cobre	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Manganês	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Energia (MJ)	21,30	27,30	31,40	36,00	39,80
Energia (Kcal)	510,00	650,00	750,00	860,00	950,00

Fonte: DSM ENZYMES, 2017.

O desempenho das aves foi avaliado considerando o ganho de peso (kg), consumo de ração (kg) e índice de conversão alimentar. As aves foram observadas duas vezes ao dia (manhã e tarde), e toda mortalidade era contabilizada na planilha de correção do consumo de ração, conversão alimentar e índice de conversão bioeconômico energético (BEC).

Amostras de excretas foram coletadas no 42º dia, aproximadamente 10 g, diretamente da cama de cada parcela experimental, e foram colocadas em saquinhos plásticos identificados. A análise de umidade das excretas foi realizada nas 36 amostras pré-secas em estufa a 55°C por 72 horas e posteriormente secas em estufa a 105°C por 12 horas, de acordo com metodologia proposta por Silva e Queiroz (2002). Os níveis de fósforo, sódio, cálcio e potássio excretados foram determinados no laboratório Arasolo de

Araçatuba, por metodologia de Análise de Resíduos Orgânicos (MAPA, 2007), após avaliação do teor de umidade das excretas.

A viabilidade econômica de cada tratamento foi calculada pelo índice de Conversão Bioeconômico Energético (BEC) (GARCIA NETO et al., 2013). Ao considerar o peso total do lote (kg de frangos vivos ao final do ciclo de produção e não a média), foi possível penalizar a mortalidade, na avaliação do BEC (Figura 1).

$$BEC = \frac{[(a_1.b_1.c_1)+(a_2.b_2.c_2)]}{(d.e)} \text{ Mcal/kg}$$

Onde:

- a = consumo de ração (kg)
- b = custo da ração (R\$/kg)
- c = energia metabolizável da ração (Mcal/kg)
- d = peso final do lote vivo (kg)
- e = preço pago pelo kg do frango vivo (R\$/kg)
- 1 = fase inicial (1-21 dias de idade)
- 2 = fase de terminação (22-42 dias de idade)

FIGURA 1 – Fórmula aperfeiçoada do índice BEC.

Aos 42 dias de idade, após jejum de 12 horas, três aves com peso semelhante ao peso médio de cada repetição, num total de 108 aves, foram pesadas e abatidas por eletronarcose no abatedouro experimental de aves da faculdade.

As variáveis rendimento de carcaça (%) e porcentagem de gordura abdominal (%) foram calculadas conforme Mendes et al. (2004). O rendimento de carcaça (%) foi calculado pela relação entre o peso da carcaça eviscerada, sem cabeça e pescoço e o peso da ave viva antes do abate [RC (%) = (peso de carcaça/peso vivo)x100]. Já a porcentagem de gordura abdominal foi calculada em função do peso da carcaça [GA (%) = (peso da gordura abdominal/peso da carcaça)x100].

Após o abate e pesagem das carcaças, os ossos do metatarso esquerdo foram desarticulados, dissecados e armazenados a -20°C para posteriores análises da qualidade óssea pela análise de densitometria óssea e ensaio mecânico de flexão em três pontos.

Primeiramente, os ossos foram submetidos à análise densitométrica por absorciometria de raios X de dupla energia (DXA), por meio de densitômetro modelo DPX-ALPHA LUNAR, com software especial para pequenos animais com alta resolução. Os ossos foram submersos em recipiente plásticos contendo 2 cm de profundidade (para simular tecido mole), alinhados corretamente e, em seguida, escaneados como um todo, capturando sua imagem. Posteriormente, as imagens foram manualmente contornadas para obtenção dos valores de área, conteúdo mineral ósseo (CMO) e densidade mineral óssea (DMO) (YANAGIHARA et al., 2015).

Para o Ensaio Mecânico de Flexão em Três Pontos, os ossos foram descongelados sob ação da temperatura ambiente. Utilizou-se vão de 50mm, direção de aplicação da força antero-posterior, com velocidade de 2mm/minuto e célula de carga de 2000 N. Devido à baixa velocidade com que a força foi aplicada, o ensaio foi do tipo estático. Os ossos foram ensaiados em máquina de ensaio universal EMIC®, modelo DL 3000, com as deformações e cargas registradas e armazenadas automaticamente por computador acoplado ao sistema (YANAGIHARA et al., 2015).

Os resultados foram submetidos à análise de variância para verificar efeitos de tratamentos e, posteriormente, análise de regressão (superfície de resposta) para avaliar os efeitos dos níveis de fitase e RE, segundo os procedimentos do PROC GLM e PROC RSREG do sistema SAS versão 9.3. As médias foram comparadas pelo teste t de Student.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho, rendimento e índice de Conversão Bioeconômico Energético (BEC) dos frangos de corte submetidos aos diferentes tratamentos, são apresentados nas Tabelas 5.

Tabela 5 - Efeitos das combinações dos níveis de fitase (0, 1000 e 2000) e relação eletrolítica (2,5, 3,0 e 3,5) sobre as médias para o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), percentual de gordura abdominal (GA) e índice de conversão bioeconômico energético (BEC) de frangos de corte machos de 1-42 dias de idade

Tratamentos		GP (kg)	CR (kg)	CA	RC	GA	BEC ²
RE ¹	Fitase (FTU/kg)	1-42dias	1-42dias	1-42dias	(%)	(%)	(Mcal/kg)
2,5	0	2,85	5,36	1,88	76,79	2,56	2,79
3,0	0	2,81	5,48	1,96	74,92	2,78	3,08
3,5	0	2,65	5,28	1,99	75,99	2,26	2,92
2,5	1000	2,72	5,39	1,98	72,97	1,96	2,69
3,0	1000	2,86	5,51	1,93	75,66	2,16	2,71
3,5	1000	2,78	5,55	2,00	76,19	2,55	2,89
2,5	2000	2,88	5,87	2,04	76,99	2,12	2,75
3,0	2000	2,78	5,31	1,91	76,02	2,59	2,72
3,5	2000	2,83	5,53	1,96	76,49	2,25	2,81
Relação eletrolítica (RE)							
2,5		2,82	5,54	1,97	75,58	2,21	2,74
3,0		2,82	5,44	1,93	75,54	2,51	2,83
3,5		2,75	5,45	1,98	76,22	2,35	2,87
Fitase							
0		2,77	5,37	1,94	75,90	2,53	2,93
1000		2,79	5,48	1,97	74,94	2,22	2,77
2000		2,83	5,57	1,97	76,50	2,32	2,76
Probabilidade							
RE		0,5392	0,6236	0,4721	0,5989	0,3237	0,5023
Fitase		0,6689	0,2143	0,7671	0,1296	0,2736	2,2675
RE x Fitase		0,4200	0,0769	0,3154	0,1021	0,2764	0,7291

¹RE = relação eletrolítica

²BEC=(consumo de ração do lote (kg)*custo da ração (R\$/kg)*energia metabolizável (Mcal/kg))/(ganho de peso do lote (kg)*cotação do kg do frango vivo (R\$/kg)).

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste t (p>0,05).

Não houve interação entre fitase e relação eletrolítica (RE) para nenhuma das variáveis estudadas. Da mesma forma, não houve diferença estatística significativa (p > 0,05) das referidas estratégias de suplementação

para as variáveis de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, rendimento de carcaça, percentual de gordura abdominal e índice BEC.

Esses dados corroboram com Ligeiro et al. (2009), que não encontraram diferença significativa nos parâmetros de desempenho em poedeiras comerciais suplementadas com fitase, ressaltando que o uso da matriz nutricional preconizada pela enzima atendeu plenamente às exigências nutricionais das aves mesmo reduzindo os nutrientes adicionados na formulação, já que a matriz da enzima tem a capacidade de disponibilizar dos ingredientes de origem vegetal, nutrientes complexados aos fitato.

O índice BEC se diferencia por incorporar o item mais caro da dieta (energia), dando mais eficiência e coerência ao representar os custos/benefícios, por aferir o consumo energético em função da conversão bioeconômica, ou seja, o melhor desempenho e, energeticamente, o maior retorno econômico, decorrendo que, quanto menor o índice, melhor o custo/benefício. A análise econômica, além da avaliação de desempenho e rendimento, é necessária para verificar a real margem de lucro numa produção.

Ao formular as dietas com diferentes níveis de inclusão de fitase e equilíbrio eletrolítico, não houve resposta significativa do índice BEC. Dessa forma, é possível destacar que o aprimoramento na formulação de ração para frangos de corte com fitase e relação eletrolítica, não interferem nos custos de produção.

Em um estudo realizado por Junqueira et al. (2010), observando apenas os custos com a ração, os autores afirmam que a fitase tem a capacidade de diminuir os gastos da dieta, principalmente, por reduzir a quantidade de óleo de soja e fosfato bicálcico adicionados na dieta. No entanto, essa redução de ingredientes só é possível por considerar durante a formulação da ração a matriz nutricional da enzima fitase, que conta com todos os nutrientes que se tornam disponíveis com a quebra do complexo nutriente-fitato. (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005; COUSINS, 1999; COWIESON et al., 2010; COWIESON et al., 2016; FERREIRA; LOPES, 2012; SELLE, 2008).

Nas tabelas 2 e 3, é possível observar essa atenuação na adição de ingredientes na formulação; como exemplo, cita-se o óleo de soja e fosfato bicálcico, que tem uma redução, respectivamente, de 98% e 66% na dieta inicial e de 95% e 94% na dieta de terminação com dose de suplementação de fitase de 2.000 FTU/kg de ração.

Os resultados das avaliações dos ossos e excretas dos frangos de corte submetidos aos diferentes tratamentos, são apresentados nas Tabelas 6.

Tabela 6 - Efeitos das combinações dos níveis de fitase (0, 1000 e 2000) e relação eletrolítica (2,5, 3,0 e 3,5) sobre as médias das análises das excretas (umidade (Umi), teor de fósforo (P), sódio (Na), cálcio (Ca) e potássio (K)), bem como da densitometria óssea (conteúdo mineral ósseo (CMO), área (cm²), densidade mineral óssea (DMO (g/cm²)) e flexão em três pontos (força máxima (N)) de frangos de corte machos de 1-42 dias de idade

Tratamentos		Análise das excretas					Densitometria óssea			Flexão em três pontos
RE	Fitase (FTU/kg)	Umi (%)	P (g/kg)	Na (g/kg)	Ca (g/kg)	K (g/kg)	CMO (g)	Área (cm ²)	DMO (g/cm ²)	Força máxima (N)
2,5	0	81,55	7,96	7,99	11,63	16,31	0,78	10,03	0,08	124,50
3,0	0	81,11	8,10	6,74	10,85	15,60	0,81	9,99	0,08	116,91
3,5	0	79,90	7,20	5,84	10,14	24,42	0,68	9,46	0,07	121,01
2,5	1000	81,54	3,68	7,23	8,05	16,87	0,72	10,03	0,07	116,48
3,0	1000	80,08	4,42	5,86	10,53	21,80	0,74	10,00	0,07	131,99
3,5	1000	76,31	4,98	6,22	7,81	17,87	0,83	9,75	0,09	126,58
2,5	2000	80,76	2,12	7,69	9,49	18,18	0,75	10,25	0,07	114,13
3,0	2000	79,43	3,86	7,40	7,92	21,99	0,82	9,73	0,09	138,78
3,5	2000	83,40	3,71	6,67	5,81	20,56	0,82	9,93	0,08	155,32
Relação eletrolítica (RE)										
2,5		81,282	4,59	7,64 a	9,72	17,12	0,75	10,10	0,07	118,37
3		80,208	5,46	6,67 ab	9,77	19,79	0,79	9,91	0,08	129,23
3,5		79,871	5,30	6,24 b	7,92	20,95	0,78	9,71	0,08	134,30
Fitase										
0		80,853	7,76 a	6,86	10,87	18,77	0,76	9,82	0,08	120,81
1000		79,313	4,36 b	6,43	8,80	18,84	0,76	9,92	0,08	125,02
2000		81,194	3,23 b	7,25	7,74	20,24	0,79	9,97	0,08	136,08
Probabilidade										
RE		0,4861	0,5533	0,0102	0,5539	0,2114	0,6996	0,3110	0,4733	0,4145
Fitase		0,2707	<,0001	0,1854	0,2681	0,7492	0,6828	0,8397	0,7898	0,4366
RE x Fitase		0,0766	0,7783	0,5768	0,8992	0,1949	0,2616	0,7975	0,3731	0,5965

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste t (p>0,05).

Mais uma vez não houve interação entre fitase e relação eletrolítica para nenhuma das variáveis estudadas ($p > 0,05$).

As análises de teores de umidade e de sódio nas excretas foram pertinentes a este estudo, pois de acordo com Ravindran; Cowieson e Selle (2008) e Cowieson et al. (2011), o fitato tem a capacidade de se ligar ao sódio, puxando-o para o lúmen intestinal, logo, resulta em aumento da perda desse mineral pelas excretas. Dessa forma, com a adição da enzima fitase na dieta, há uma quebra dessa ligação por hidrólise, aumentando a disponibilidade do sódio, que, supostamente, poderia interferir no balanço eletrolítico das aves e resultar em desequilíbrio eletrolítico.

Todavia, não houve interação significativa entre a fitase e a relação eletrolítica para nenhuma das variáveis estudadas que fosse possível validar essa teoria. Semelhantemente, não se observou interferência da enzima fitase na excreção de sódio pelas fezes das aves ($p = 0,1854$), podendo afirmar que a fitase não interferiu na concentração de sódio endógeno.

Supostamente, os dados do presente experimento divergiram dos autores, Ravindran; Cowieson e Selle (2008) e Cowieson et al. (2011), por considerar a matriz nutricional completa da enzima na formulação da dieta. Por essa razão, os níveis dos nutrientes não ultrapassaram os exigidos pelas aves e, assim, não resultaram em desequilíbrio.

Entretanto, houve um aumento significativo ($p = 0,0102$) na perda de sódio nas excretas das aves que receberam dietas com relação eletrolítica de 2,5. Isso, provavelmente ocorreu pelo fato da dieta de estreita RE conter maior nível de sódio (Tabela 2 e 3) na formulação de ração. Em dietas com larga RE, tal inconveniente não aconteceu e verificou-se redução de 12,68% na excreção de sódio com RE de 3,0 e de 18,27% com RE de 3,5.

De acordo com Araújo et al. (2010) e Vieites et al. (2005), o excesso de sódio e/ou a adição de eletrólitos na dieta poderia elevar o consumo de água e resultar em aumento de umidade nas excretas das aves, o que não foi observado no presente experimento, mesmo oferecendo dietas com diferentes relações eletrolíticas ($RE = (K+Cl)/Na$).

Ravindran; Cowieson e Selle (2008), ao suplementarem a dieta dos frangos com fitase, não observaram alteração na umidade das excretas, o que é considerado vantagem, já que o excesso de umidade prejudica o desempenho e o manejo das aves (GAMBA et al., 2015).

Em relação a excreção de fósforo, a enzima fitase foi significativamente eficiente ($p < 0,0001$), reduzindo em mais de 58% o teor de fósforo nas excretas das aves suplementadas com dose de fitase de 2.000 FTU/kg de ração (Tabela 6). Dados semelhantes foram observados por Junqueira et al. (2010), no entanto em menor porcentagem, decréscimo de 17% na excreção de fósforo pelas aves, pois formularam a dieta com a dose de enzima fitase menor, 500 FTU/kg de ração.

Semelhantemente, Ligeiro et al. (2009), ao considerar a matriz nutricional da enzima fitase na formulação, observaram redução de 27% na excreção de fósforo em relação às aves alimentadas com dieta sem a enzima fitase. Os autores afirmam ainda que essa redução se justifica pela diminuição de mais de 50% na quantidade de fosfato bicálcico adicionado na formulação pelo uso da matriz da enzima.

Pela análise de regressão (Tabela 7), é possível afirmar que a excreção de fósforo tem uma resposta linear de acordo com a inclusão da enzima fitase, ou seja, quanto maior o nível de suplementação da enzima, menor a adição de fosfato bicálcico na dieta e, conseqüentemente, menor será o teor desse importante e oneroso mineral nos excrementos das aves (Figura2).

Tabela 7 - Superfície de resposta para as variáveis de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), percentual de gordura abdominal (GA), índice de conversão bioeconômico energético (BEC), análises das excretas (umidade (Umi), teor de fósforo (P), sódio (Na), cálcio (Ca) e potássio (K)), bem como da densitometria óssea (conteúdo mineral ósseo (CMO), área, densidade mineral óssea (DMO)) e flexão em três pontos (força máxima) de frangos de corte machos de 1-42 dias de idade suplementados com diferentes níveis de fitase e relação eletrolítica

Superfície de resposta	GP (kg)	CR (KG)	CA	RC	GA	BEC ²	Análise das excretas					Densitometria óssea			Flexão em três pontos
	1-42dias	1-42dias	1-42dias	(%)	(%)	(Mcal/kg)	Umi (%)	P (g/kg)	Na (g/kg)	Ca (g/kg)	K (g/kg)	CMO (g)	Área (cm ²)	DMO (g/cm ²)	Força máxima (N)
Média	2,80	5,48	1,96	75,78	2,36	2,82	80,45	5,12	6,85	9,14	19,29	0,77	9,91	0,08	127,30
Raiz QMErro	0,17	0,30	0,10	2,07	0,52	0,28	3,18	1,97	1,04	4,53	5,51	0,11	0,60	0,01	28,31
R ²	0,09	0,13	0,16	0,08	0,06	0,12	0,15	0,55	0,35	0,13	0,13	0,11	0,09	0,10	0,17
CV (%)	6,11	5,39	5,07	2,73	21,86	9,83	3,95	38,61	15,17	49,56	28,55	14,50	6,02	15,53	22,24
Regressão															
Linear	0,4346	0,2147	0,7433	0,6390	0,5081	0,1794	0,5414	<,0001	0,0072	0,1647	0,2066	0,6136	0,2481	0,4843	0,1790
Quadrática	0,8412	0,8545	0,4624	0,7946	0,9391	0,7044	0,3110	0,2211	0,1998	0,7999	0,8748	0,7844	0,9909	0,7736	0,9049
Interação	0,3910	0,3969	0,0686	0,2671	0,6235	0,8039	0,1877	0,2448	0,2875	0,6321	0,3068	0,1437	0,6767	0,2712	0,1251
Total	0,7268	0,5197	0,3562	0,7515	0,8772	0,5053	0,3811	0,0001	0,0183	0,4918	0,4725	0,5945	0,6831	0,6623	0,3037
Resíduo															
Falta de ajuste	0,3698	0,0545	0,6672	0,2329	0,3234	0,5840	0,0827	0,9239	0,6185	0,8406	0,1732	0,3648	0,6888	0,3840	0,9116
Parâmetro															
Intercepto	0,3558	0,0601	0,0188	0,0047	0,5475	0,6899	0,0142	0,7169	0,1000	0,7243	0,6885	0,9583	0,1431	0,9943	0,9164
Fitase	0,4493	0,3198	0,0662	0,2315	0,7622	0,7733	0,0783	0,0210	0,1263	0,9272	0,3918	0,1738	0,8056	0,2617	0,1717
RE	0,6567	0,5952	0,2842	0,8529	0,8302	0,7034	0,6497	0,4822	0,3464	0,5728	0,5983	0,5866	0,9230	0,5998	0,7956
Fitase*Fitase	0,8297	0,9292	0,7665	0,5236	0,7662	0,4318	0,1381	0,1156	0,1014	0,7523	0,7358	0,7362	0,8932	0,6415	0,7345
RE*Fitase	0,3910	0,3969	0,0686	0,2671	0,6235	0,8039	0,1877	0,2448	0,2875	0,6321	0,3068	0,1437	0,6767	0,2712	0,1251
RE*RE	0,5875	0,5829	0,2312	0,8299	0,8508	0,7561	0,7449	0,4643	0,4667	0,5594	0,6987	0,5454	0,9967	0,5901	0,7747

QM = quadrado médio; R² = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação.

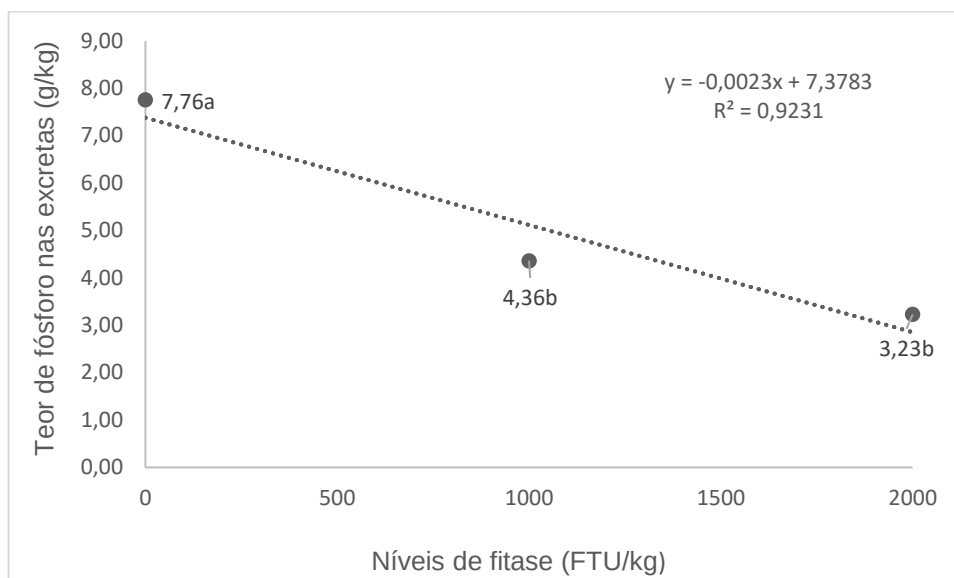


Figura 2 – Teor de fósforo (g/kg) nas excretas de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com níveis crescentes de fitase.

Pôde-se observar, nas dietas iniciais (Tabela 2), suplementadas com dose de fitase de 2.000 FTU/kg de ração, uma redução de 66% na adição do fosfato bicálcico quando comparada as dietas sem suplementação de fitase. Já nas dietas de terminação (Tabela 3), essa redução chegou a 94%. Vale ressaltar que esse ingrediente é de custo elevado, de fonte não renovável e já há estimativas de seu esgotamento mundial, além da capacidade de poluir o meio ambiente quando, em excesso, o fósforo é expelido nos dejetos das aves e atinge as superfícies aquáticas (CORDELL et al., 2009; WU et al., 2006).

Dessa forma, recomenda-se suplementar a dieta dos frangos de corte com fitase para reduzir a adição de fontes inorgânicas de fósforo e aproveitar o mineral presente na dieta.

As avaliações ósseas em frangos de corte, de acordo com Barbosa et al. (2010), deveriam ser inclusas nos programas de seleção genética para avaliar a qualidade óssea e, assim, evitar o aparecimento de desordens no aparelho locomotor das aves. O mesmo deveria acontecer em decorrência à avaliação nutricional para essa espécie, já que há influência nutricional na característica óssea. Além disso, Oliveira et al. (2003), afirmam que o equilíbrio eletrolítico poderia influenciar no equilíbrio ácido-básico comprometendo o

desenvolvimento ósseo em frangos de corte, interferindo no processo de mineralização.

Com as análises ósseas realizadas no presente experimento, densitometria e flexão em três pontos (Tabela 6), foi possível verificar que mesmo reduzindo importantes nutrientes na dieta, como exemplo o fosfato bicálcico, por considerar a matriz nutricional da enzima fitase, e dietas com diferentes relações eletrolíticas, não houve influência nas características físicas dos ossos. Isso possivelmente aconteceu pela eficácia da suplementação da fitase e do equilíbrio eletrolítico na dieta, além do balanço eletrolítico ser fixo em 250 mEq/kg, valor já consagrado pela literatura (BORGES, 2006; GAMBA et al., 2015).

Esses dados corroboram com Oliveira et al. (2009), que concluíram que é possível reduzir o nível de fósforo não fítico nas rações iniciais, crescimento e terminação sem comprometer a qualidade óssea, desde que suplementadas com enzima fitase. Entretanto, os autores não relataram o uso da matriz nutricional da enzima fitase durante a formulação da dieta experimental.

Diferentemente, Junqueira et al. (2011), observaram os melhores resultados de densitometria óssea nos tratamentos sem suplementação com enzima fitase e sugeriram novos estudos para avaliar o desempenho das aves suplementadas com matriz nutricional da enzima fitase.

Assuena et al. (2009) também obtiveram resultados insatisfatórios justificados pelo uso da matriz nutricional da enzima fitase sobre a qualidade óssea e o desempenho de frangos de corte. Os autores sugeriram que a matriz nutricional da enzima utilizada fosse revista e que novos estudos fossem propostos sobre essa técnica de suplementação.

O presente experimento não obteve resultados para aceitar a hipótese de que a suplementação na dieta com enzima fitase e relação eletrolítica interferem no equilíbrio eletrolítico da dieta. Porém, aceita-se a hipótese que ao formular a dieta para frangos de corte com fitase há uma redução na adição das principais fontes de nutrientes como de energia; proteína e fósforo, sem

interferir no desempenho dos lotes, além de reduzir o nível de fósforo nas excretas das aves.

4 CONCLUSÃO

- 1) A suplementação de fitase, considerando a matriz nutricional da enzima, na ração para frangos de corte não interfere no equilíbrio eletrolítico da dieta, dentro dos níveis estudados.
- 2) Ao considerar a matriz nutricional da enzima fitase na formulação, há redução na adição de ingredientes na ração sem prejudicar o desempenho, o rendimento de carcaça e a característica óssea das aves, além de reduzir a perda de fósforo nas excretas, o que favorece o meio ambiente e contribui para uma avicultura de corte mais sustentável.
- 3) Sugere-se formular a dieta para frangos de corte machos de 1-42 dias de idade com 2.000 FTU/kg de enzima fitase e relação eletrolítica de 3,5 para reduzir os níveis de fósforo e sódio, respectivamente, nas excretas das aves.

5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. A. G.; et al. Potássio na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.7, n. 4, p.1280-1291, 2010.

ASSUENA, V. et al. Effect of dietary phytase supplementation on the performance, bone densitometry, and phosphorus and nitrogen excretion of broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 11, n. 1, p. 25-30, 2009.

BARBOSA, A. A. et al. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.772-778, 2010.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 301.

BOLING, S.D. et al. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of Young and older laying hens. **Poultry Science**, v. 79, n. 2, p. 224-230, 2000.

BORGES, S.A. Aplicação do conceito de balanço eletrolítico para aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2006 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2006 Santos, **Anais....**,SP, Santos: Apinco, 2006. p. 123-137.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.

CORRÊA, J. C.; MIELE, M. A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: Embrapa, 2011. p. 125-148.

CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v. 19, p. 292-305, 2009.

COSTA, F.G.P.; et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 865-870, 2007.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Concórdia – SC. **Anais...Concórdia: EMBRAPA – CNPSA**, 1999. P. 118.

COWIESON, A. J. Aggressive modern enzymes require review of diet formulations. **AB Vista Feed Ingredients**, UK, 2010. Disponível em: < <http://www.allaboutfeed.net/Home/General/2010/7/Aggressive-modern-enzymes-require-review-of-diet-formulations-AAF011613W/>>. Acesso em: 10 fev 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. 101–108, 2004.

COWIESON, A. J. et al. Increased dietary sodium chloride concentrations reduce endogenous amino acid flow and influence the physiological response to the ingestion of phytic acid by broiler chickens. **British Poultry Science**, v.52, n. 5, p. 613—624, 2011.

COWIESON, A. J. et al. Phytate-free nutrition: a new paradigm in monogastric animal production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 180–189, 2016.

CROMWELL, G. L. et al. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal Animal Science**, v. 76, p. 2000-2008, 1995.

DSM. **Novozymes enzyme school**. Copenhagen, 2017. Disponível em: <<http://dsm-feedback.dk/wp-content/uploads/2017/03/Waller-Formulating-Poultry-Diets-with-DSM-Enzymes-for-Feedback-Website.pdf>>. Acesso em: 20 abr 2017.

FERREIRA, A. H. C.; LOPES, J. B. Uso da fitase na alimentação de frangos de corte – Revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n. 4, p. 1854-1860, 2012.

GAMBA, J.P.; et al. The strategic application of electrolyte balance to minimize heat stress in broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, n.2, p 237-246, 2015.

GARCIA NETO, M. **PPFR**: Programa Prático para Formulação de Ração, Frangos de Corte - Programação não linear, 2009. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/ppfrprogramforfeedformulation/>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

GARCIA NETO, M. et al. Bio-energy conversion cost: a new index to evaluate the bioeconomic efficiency (Abstract - Int. Poultry Sci. Forum). **Poultry Science**, v. 92, p. 255-255, 2013.

JUDICE, J.P.M.; BERTECHINI, A.G.; MUNIZ, J.A. Balanço cátio-aniônico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. Lavras. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.3, p.598-609, 2002.

JUNQUEIRA, O. M. et al. Avaliação técnica e econômica da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo farelo de girassol para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2200-2206, 2010.

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

KELLEHER, B. P. et al. Advances in poultry litter disposal technology-a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 27-36, 2002.

LELIS, G. R. et al. Suplementação dietética de fitase em dietas para frangos de corte. **Revista eletrônica nutritime**, v.6, n. 2, p. 875-889, 2009.

LIGEIRO, E. C. et al. Avaliação da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo sorgo para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1948-1955, 2009.

LOURENÇO, K. S. et al. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 462-471, 2013.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília: MAPA, 2007. 141p.

MENDES, A. A. et al. Efeitos da energia da dieta sobre desempenho, rendimento de carcaça e gordura abdominal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2300-2307, 2004.

OLIVEIRA, M. C. et al. Efeito de níveis de fósforo não-fítico e de fitase sobre a tíbia de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.1, p.49-56, 2009.

OLIVEIRA, M. C. et al. Efeito do balanço eletrolítico e subprodutos avícolas no desempenho de frangos de corte na fase inicial (1-21 dias de idade). **Acta Scientiarum .Animal Sciences**, v.25, n..2, p.293-299, 2003.

RAVINDRAN, V.; COWIESON, A. J.; SELLE, P. H. Influence of Dietary Electrolyte Balance and Microbial Phytase on Growth Performance, Nutrient Utilization, and Excreta Quality of Broiler Chickens. **Poultry Science**, v. 87, p. 677–688, 2008.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. 252p. Disponível em <http://cienciaavicola.com.br/teste/public_html/pdf/02-TABELAS-BRASILEIRAS-AVES-E-SUINOS-2011.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2015.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed., Viçosa: UFV, 2017.

SELLE, P. New insights into phytase inclusion in broiler diets. Phytase added to the feed increases digestibility of amino acids, protein and energy. **Poultry International**, p. 16-19, mar. 2008. Disponível em: <<https://www.wattagnet.com/articles/3220-new-insights-into-phytase-inclusion-in-broiler-diets>> Acesso em 27 set. 2017.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, n. 1-2, p. 1–41, 2007.

SHAHSAVARI, K. et al. The Interaction between Dietary Electrolyte Balance and Microbial Phytase on Performance. **Annals of Biological Research**, v. 3 p. 1577-1581, 2012.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos** - métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 235, 2002.

SINGH, B.; KUNZE, G.; SATYANARAYANA, T. Developments in biochemical aspects and biotechnological applications of microbial phytases. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, v. 6, p. 69-87, 2011.

VIEIRA, A. R. et al. Efeito de diferentes níveis de inclusão de farelo de arroz em dietas suplementadas com fitase para frangos de corte. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, p. 267-275, 2007.

VIEITES, F. M. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a umidade da cama de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1990-1999, 2005.

YANAGIHARA, G. R. et al. Efeitos da administração em longo prazo do omeprazol sobre a densidade mineral óssea e as propriedades mecânicas do osso. **Revista brasileira de ortopedia**, São Paulo, v. 50, n. 2, p.232-238, Apr., 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-36162015000200232&lng=en&nrm=iso >. Acesso em 28 de setembro de 2017.

WEALLEANS, A. L. et al. A value based approach to determine optimal phytase dose: A case study in turkey poults. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 288–295, 2016.

WU, G. Comparison of natuphos and phyzyme as phytase sources for commercial layers fed corn-soy diet. **Poultry Science**, v. 85, p. 64-69, 2006.