

VICTOR RAMOS SALES MENDES DE BARROS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA FITASE E SUAS INTERAÇÕES PARA
FRANGOS DE CORTE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B277a
2016

Barros, Victor Ramos Sales Mendes de, 1987-
Avaliação nutricional da fitase e suas interações para
frangos de corte / Victor Ramos Sales Mendes de Barros. –
Viçosa, MG, 2016.
vii, 84f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Frango de corte. 2. Nutrição animal. 3. Enzimas.
4. Treonina na nutrição animal. 5. Xilanase. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programação de
Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.513

VICTOR RAMOS SALES MENDES DE BARROS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA FITASE E SUAS INTERAÇÕES PARA
FRANGOS DE CORTE**

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

APROVADA: 12 de agosto de 2016

Horácio Santiago Rostagno, Dsc
(Coorientador)

Melissa Izabel Hannas, Dsc
(Coorientadora)

Fernando de Castro Tavernari, Dsc

Prof. Marcelo Dias da Silva, Dsc

Luiz Fernando Teixeira Albino, Dsc
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Santa Rita, por me guiar nas decisões com sabedoria para a conclusão desta etapa;

Agradeço aos meus pais, José Adil Mendes de Barros e Arliete Ramos Sales Mendes de Barros por todo suporte, amor, conselhos e confiança nas minhas escolhas;

A minha esposa Juliana Medeiros Torres Sales pelo carinho, companheirismo, conselhos, apoio as minhas decisões, amor incondicional, e por sempre está presente em todos os momentos desta etapa;

A minha família e amigos que continuam a compreender minha ausência durante todo o Doutorado;

Ao meu orientador e amigo Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino, pelos conselhos, pelas orientações, pelas oportunidades, pelo carinho, incentivo e pela confiança desde o primeiro projeto e em todo percurso da minha formação na Universidade Federal de Viçosa;

Ao co-orientador Prof. Horácio Santiago Rostagno por ser exemplo de profissionalismo e compromisso à Zootecnia nacional e pelas indiscutíveis contribuições durante o desenvolvimento desta pesquisa, como também, sugestões propostas para a conclusão desta etapa;

A co-orientadora Prof^a. Melissa Izabel Hannas, por todo apoio durante toda minha trajetória acadêmica na UFV, desde a seleção, valiosos conhecimentos transmitidos e sugestões para conclusão desta pesquisa;

Ao amigo Fernando de Castro Tavernari por compartilhar seus conhecimentos, pela parceria em trabalhos e pelas contribuições nesta etapa de finalização desta pesquisa;

Ao Prof. Marcelo Dias da Silva pela disponibilidade em colaborar com grandes sugestões na conclusão desta etapa final da pós graduação em Zootecnia;

Ao Prof. Ryan N. Dilger por abrir as portas dos seus laboratórios e disciplinas durante o período que estive na University of Illinois;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos tanto do no Brasil, quanto no exterior, fundamentais para meu crescimento profissional e da região onde estou inserido;

À todos os professores do Departamento de Zootecnia, os meus sinceros agradecimentos por todo o conhecimento transmitido;

A minha maravilhosa equipe do Aviário FC que tive o grande prazer de compartilhar grandes momentos e que, sem dúvidas, deixaram os momentos de esforço mais leves: Brunos e Bruna, Luana, Valdir, Knop, Gabrielzinho, Jorge, Cleverson, Juninho, Maurílio Migué, Matheus, Vinicius, Joana, Naemi, Leandro, João, Sandra, Tavinho, Jorge, Dandara e tantos outros que fizeram parte desta equipe;

Aos amigos da UIUC: Samuel J Rochell, Alison Gautier, Lourdes C. Garcia.

Aos super amigos que me fizeram parte desta grande realização: Philipe, Mamá, Cidinha, Luizinho/Márcia, Diego Ladeira, Rosana, Arió, Mislene, Bruno, Matheus, Rodolfim, Marcilia e todo grupo de oração Partlhar em Cristo;

A empresa Evonik e Ajinomoto por contribuírem com material e análises para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos do setor de avicultura, especialmente Adriano, Elísio, Joselino, Tiãozinho, Matheus, Gilberto e ao Zootecnista Mauro Godoi por compartilhar suas experiências, disposição em servir e ajuda prestada na condução e finalização dessa pesquisa;

A todos os integrantes da Pós-Graduação do departamento de zootecnia da UFV, em especial Fernanda e Mariana por sua presteza e auxílio;

A todos os meus amigos feito nesta trajetória de Pós-Graduação, construindo laços de respeito e carinho, pelas experiências compartilhadas e em todos os momentos de descontração.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

BIOGRAFIA

VICTOR RAMOS SALES MENDES DE BARROS, filho de José Adil Mendes de Barros e Arliete Ramos Sales Mendes de Barros, nasceu em Maceió-AL, em 25 de maio de 1987.

No ano de 2005, ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Alagoas, concluindo-o em dezembro de 2009.

Em fevereiro de 2010, iniciou no programa de pós-graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Alagoas, em nível de mestrado, submetendo-se a defesa de dissertação em 25 de fevereiro de 2012 para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Em março de 2012, ingressou no programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG, em nível de Doutorado, na área de Produção e Nutrição de Monogástricos. Entre novembro de 2014 e setembro de 2015 foi *visiting scholar* na University of Illinois (UIUC).

Em Agosto de 2016, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Digestibilidade dos aminoácido	3
2.2. Polissacarídeos não-amiláceos e Fósforo Fítico nas rações para aves	4
2.3. Enzimas na Nutrição de Aves	8
2.4. Uso de enzimas sobre a digestibilidade de aminoácidos e outros nutrientes em frangos de corte 10	
2.5. Efeito da adição de fitase sobre a morfometria intestinal e a resistência óssea	12
2.6. Proteína ideal e treonina na alimentação de frangos de corte	14
REFERÊNCIAS	19
Artigo 1 - Digestibilidade ileal dos aminoácidos do milho e farelo de soja para frangos de corte suplementados com fitase	30
MATERIAL E METODOS	32
Animais e dietas	32
Determinação do coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos	33
Análise estatística	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
TABELAS	38
Artigo 2 - Relação ideal de treonina digestível:lisina digestível para frangos de corte suplementados com fitase	46
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	48
Animais e dietas	48
Desempenho produtivo e Rendimento de carcaça	49
Análise estatística	49
RESULTADOS	50
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	55
TABELAS	58
Artigo 3 – Efeito da adição de xilanase em rações com ou sem suplementação de fitase sobre o desempenho, rendimento de carcaça e histomorfometria intestinal de pintos de corte	70
INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	72
Animais e dietas	72
Desempenho produtivo e rendimento de carcaça	72
Histomorfometria intestinal	73
Análise Estatística	73
RESULTADOS	74
CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	78
TABELAS	82

RESUMO

Victor Ramos Sales Mendes de Barros, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2016. **Avaliação Nutricional da Fitase e suas Interações para Frangos de Corte.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Coorientadores: Melissa Izabel Hannas e Horacio Santiago Rostagno.

Três experimentos foram realizados com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeiros dos aminoácidos (CDiv) do farelo de soja, milho + farelo de soja e trigo+ farelo de soja utilizados nas formulações de rações para aves; determinar a relação ideal treonina:lisina digestível em dietas para frangos de corte suplementadas com fitase; e o efeito da xilanase e fitase sobre o desempenho, rendimento de carcaça e a histomorfometria intestinal de frangos de corte na fase inicial. No primeiro experimento 504 pintos machos da linhagem Cobb, com peso médio de 493g, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos (níveis de fitase 0, 500 e 1000 FTU), oito repetições e sete aves por gaiola, durante o período experimental de 14 a 23 dias de idade para determinação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos pelo método da coleta ileal do farelo de soja, milho+farelo de soja e do trigo+farelo de soja. Houve aumento do CDiv da metionina e da metionina+cistina do farelo de soja quando incluído 500FTU de enzima ($p<0,05$). O CDiv do milho + farelo de soja é maior para treonina quando utilizado 500 FTU ($p<0,05$). Não houve diferença significativa ($p>0,05$) no CDiv da metionina, arginina e histidina do trigo+farelo de soja com a inclusão dos níveis crescentes de enzima. Entretanto, houve diferença ($p<0,05$) no CDiv dos aminoácidos essenciais (lisina, treonina, metionina+cistina, isoleucina, fenilalanina e valina), assim como os não essenciais (cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, serina e tirosina). No segundo experimento, 2.500 frangos de corte machos (Cobb 500), com um peso inicial de 210 ± 5 g de 8 e 18 dias de idade em delineamento experimental inteiramente casualizado com 10 tratamentos e 10 repetições com 25 aves por unidade experimental. Os tratamentos foram dois níveis de fitase (0 e 500FTU) x cinco relações treonina/Lisina digestível (58, 61, 64, 67 e 70%). Não houve efeito da suplementação de fitase sobre a conversão alimentar ($P>0,05$), mas observou-se efeito da fitase sobre o consumo de ração, ganho de peso e peso final das aves ($P<0,05$). As médias dos resultados de rendimento de carcaça e de cortes foram maiores ($P<0,01$) nas aves que receberam a adição de fitase nas dietas. No terceiro experimento, 420 frangos de corte machos com um peso inicial de 189 ± 5 g de 8 e 21 dias de idade foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 20 repetições de 7 aves por unidade experimental. Os tratamentos foram dietas sem enzima, xilanase e xilanase + fitase. O consumo de ração pelas aves que receberam dietas com xilanase foi menor ($p<0,05$) do que para as aves dos demais tratamentos. Observou-se melhor conversão alimentar ($p<0,05$) nas aves que receberam a associação xilanase e fitase. Não houve efeito do uso enzimático sobre as resposta de rendimentos absolutos e relativos das aves até 21 dias de idade, assim como, não houve efeito sobre a altura de vilosidade do duodeno e jejuno. Nas mensurações do ileo, houve aumento das vilosidades das aves que receberam xilanase e fitase ($p<0,05$).

ABSTRACT

BARROS, Victor Ramos Sales Mendes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August 2016. **Nutritional Assessment of Phytase and Interactions for Broilers.** Adviser: Luiz Fernando Teixeira Albino. Co-advisers: Melissa Izabel Hannas and Horacio Santiago Rostagno.

Three experiments were conducted in order to determine the true amino acids digestibility of soybean meal, corn + soybean meal and wheat + soybean meal used in poultry feed formulations; determine the ideal digestible threonine: digestible lysine ratio in diets for broilers supplemented with phytase; and the effect of xylanase and phytase on performance, carcass yield and intestinal histomorphometry in broilers in the initial phase. In the first experiment 504 male chicks from Cobb (493±5g), were distributed in a completely randomized design with 3 treatments (levels of phytase 0, 500 and 1000 FTU), six replicates and seven birds per cage during the trial period 14-23 days of age to determine the digestibility of amino acids by the method of ileal collection. There was an increase in the digestibility of methionine and methionine plus cystine soybean meal when included 500FTU enzyme ($p < 0.05$). However, the coefficient of digestibility of lysine and threonine, and other amino acids not observed effect of adding phytase ($p > 0.05$). In the second experiment, 2,500 male broilers (Cobb 500), with an initial weight of 210±5g of 8 and 18 days of age in a completely randomized design with 10 treatments and 10 repetitions with 25 birds each. The treatments were two levels of phytase (0 and 500FTU) x five digestible threonine: digestible Lysine ratio (58, 61, 64, 67 and 70%). There was no effect of phytase supplementation on feed conversion ($P > 0.05$), but there was effect of phytase on feed intake, weight gain and final weight of the birds ($P < 0.05$). The mean carcass yield results and cuts were higher ($P < 0.01$) in birds fed the addition of phytase in the diet. In the third experiment, 420 male broilers with an initial weight of 189 ± 5g of 8 and 21 days of age were distributed in a completely randomized design with 3 treatments and 20 repetitions of 7 birds each. Treatments were diets enzymes without enzyme, xylanase and xylanase + phytase. The xylanase enzyme was used was two times higher than the recommended half. The feed intake by birds fed diets with xylanase was lower ($p < 0.05$) than for the birds of other treatments. There was better feed conversion ($p < 0.05$) in birds fed xylanase and phytase association. There was no effect of the enzyme on the use of absolute and relative yields of response of birds up to 21 days of age, as there was no effect on villus height of the duodenum and jejunum. In the ileum the measurements, an increase of the villi of birds that received xylanase and phytase ($p < 0.05$).

1. INTRODUÇÃO

As rações para monogástricos são basicamente compostas de ingredientes de origem vegetal, sendo o milho, o trigo, o sorgo e o farelo de soja, os alimentos que possuem maior inclusão nas formulações de ração. A composição nutricional e a digestibilidade destes alimentos vem se modificando, por isso há a necessidade de estudos periodicamente para atualizar seus valores nutritivos. As tabelas de exigências nutricionais é uma ferramenta que tem sido utilizada como referência por nutricionistas, principalmente, para otimizar o uso de matérias-primas e possibilitar a substituição de ingredientes como o milho e a soja por ingredientes alternativos, garantindo quantidades semelhantes de aminoácidos digestíveis com a suplementação de aminoácidos industriais (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Em rações à base de milho e de farelo de soja para frangos de corte, a treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante depois da metionina e da lisina. A relação treonina:lisina digestível para frangos de corte na fase inicial recomendada varia de 56 a 67%, e as Tabelas Brasileiras sugerem uma relação de 65%.

A alteração da necessidade de treonina observada em aves expostas a ambientes com alto desafio sanitário e cama reutilizada, pode ser explicada pela maior exposição desses animais a carga patogênica o que resulta no aumento na produção de muco e imunoglobulinas. Havendo modificação na atividade imunológica e maior secreção das células caliceformes intestinais, há também o aumento do requerimento deste aminoácido pela ave. Parte da quantidade de treonina é desviada das rotas de deposição de carne prejudicando o desempenho das aves. Isto mostra que o aminoácido treonina atua não só no desempenho produtivo das aves, mas também é importante para o requisito de manutenção.

Os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), solúveis ou insolúveis, são compostos que constituem a parede celular dos ingredientes de origem vegetal, mas devido as suas ligações serem resistentes à hidrólise no trato digestivo das aves, podem ser classificados como agentes antinutricionais. A fração solúvel é composta basicamente de pectinas, de arabinosilanos, de D-xilanos, de B-glucanos, de D-mananos, de galactomananos e de xiloglucanos (Rios, 2014). Segundo Penz (1998) além da redução na digestibilidade, esses PNAs alteram o funcionamento do organismo dos animais, e sua presença aumenta a viscosidade da digesta, causando prejuízos no desempenho das aves, diminuição da velocidade de passagem dos alimentos ao longo do trato digestivo,

dificuldade da ação das enzimas endógenas, interferência na difusão ou no transporte dos nutrientes e alteração da exigência nutricional de alguns nutrientes.

O fitato está naturalmente presente na dieta de aves e de suínos, por ser constituinte dos ingredientes vegetais como o milho e o farelo de soja. A molécula de ácido fítico contém, em torno de 28,2% de fósforo e é um potente agente quelante de nutrientes como, por exemplo, proteínas, aminoácidos, amido; e enzimas, como a pepsina, tripsina e α -amilase, o que reduz drasticamente a solubilidade e a digestibilidade pela formação de complexos insolúveis. A utilização da enzima exógena fitase vem sendo utilizada nas dietas com o intuito de diminuir não apenas a suplementação do fósforo mas devido ao resultado do seu efeito extrafosfórico (energia metabolizável e nutrientes). Essa enzima em diferentes quantidades pode variar a liberação de fósforo disponível, cálcio; treonina, lisina, metionina + cistina, valina além de proteína bruta e energia metabolizável.

O uso de carboidrases, como a xilanase, em dietas à base de cereais para aves permite suprir as deficiências dos animais em enzimas endógenas para melhor utilização dos alimentos, principalmente nas primeiras fases de vida. O principal objetivo da utilização destas enzimas na produção de frangos de corte é o aumento da digestibilidade das matérias-primas, melhorando a morfometria intestinal, aumentando assim o crescimento das aves e permitindo a redução dos custos com a alimentação.

Dessa forma, foram realizados três experimentos objetivando determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeiros dos aminoácidos de milho e farelo de soja com fitase, a relação ideal treonina:lisina digestível em dietas para frangos de corte com suplementação de fitase e o efeito da xilanase e fitase sobre o desempenho e a histomorfometria intestinal de frangos de corte na fase inicial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Digestibilidade dos aminoácido

As rações para frangos de corte são compostas de ingredientes de origem vegetal, sendo o milho, o trigo e o farelo de soja, os alimentos que possuem maior inclusão nas formulações de ração. Esses mesmos cereais tem participação importante no consumo humano devido ao seu alto valor nutricional. Suas composições são variáveis, especialmente com relação ao conteúdo de proteína bruta e de energia. Isto ocorre pela diferenças entre os cultivares, variações climáticas e fertilidade do solo (LIMA, et al,1998).

Segundo Paula et al, (2007), essas variações podem alterar a qualidade nutricional da soja, e por isso técnicas são desenvolvidas para o desenvolvimento de cultivares que contenham quantidades mínimas desses constituintes indesejáveis (fatores antinutricionais), maiores digestibilidade, altos níveis de proteína e óleo. O perfil nutricional do milho também vem mudando, podendo variar de 5,18% a 11,16% nos teores de proteína bruta (EMBRAPA 1991).

O conceito de formulação com base em aminoácidos digestíveis permite que os animais recebam uma dieta com quantidades de aminoácidos suficiente para atender suas exigências nutricionais, e assim aumentar seu desempenho produtivo (NRC, 1994; WANG & PARSON, 1998; ROSTAGNO et al, 1999).

A composição nutricional e a digestibilidade dos alimentos vem se modificando, por isso há a necessidade de estudos periodicamente para atualizar seus valores nutritivos. A tabela de exigência nutricional é uma ferramenta que tem sido utilizada como referência por nutricionistas, principalmente, para otimizar o uso de matérias-primas e possibilitar a substituição de ingredientes como o milho e a soja por ingredientes alternativos, garantindo quantidades semelhantes de aminoácidos digestíveis com a suplementação de aminoácidos industriais (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Os vegetais possuem constituintes naturais, conhecidos como fatores antinutricionais, que podem interferir na digestibilidade dos nutrientes, alterar a exigência nutricional e reduzir o desempenho e rendimento dos cortes de aves dependendo da quantidade presente. Dentre estes podemos encontrar taninos, inibidores de proteases, gossipol, polissacarídeos não amiláceos, ácido fítico e outros.

2.2. Polissacarídeos não-amiláceos e Fósforo Fítico nas rações para aves

Os vegetais possuem como constituintes de sua parede celular uma fração de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) que possuem diferentes composições de acordo com a espécie e localização na planta, variando entre 70-200 resíduos de moléculas de ligações β diferentes (SJÖSTRÖM, 1993; CHOCT et al, 2004; PALOHEIMO et al., 2011). Está tipicamente localizada na parede celular secundária de plantas (camada espessa e rígida), mas também é encontrado na parede celular primária (camada fina e elástica) (WONG, et al, 1988). Um complexo de moléculas de heteropolissacarídeos altamente ramificada, varia em estrutura entre diferentes espécies de plantas, assim como sua cadeia principal de homopolímeros de unidades de ligações 1,4 β -xilopiranosil (Li et al. 2000; Kulkarni et al, 1999.) como mostrado na figura 1.

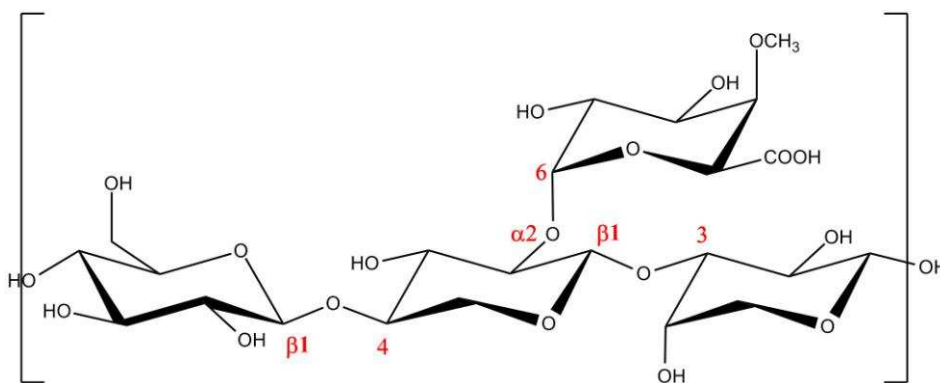


Figura 1: Estrutura básica dos polissacarídeos não amiláceos.

Fonte: Sarkar & Pérez, 2012.

Os polissacarídeos não amiláceos (PNAs) são divididos em solúveis e insolúveis. O aumento desses compostos nas dietas tem correlação negativa sobre a digestibilidade e o desempenho produtivo das aves (CHOCT e ANNISON, 1990; ANNISON e CHOCT, 1991; CHOCT, 1997). Os PNAs solúveis são compostos por parte da hemicelulose, β -glucanos e arabinosilanos. Esses constituintes das células das plantas tem capacidade de ligar-se a água, formando um gel viscoso, que pode diminuir a taxa de difusão de substratos e de enzimas digestivas, o que impede suas interações na superfície da mucosa intestinal, levando a redução da digestão e da absorção de nutrientes. Além disso, a viscosidade da digesta interfere na microflora intestinal e nas

funções fisiológicas do intestino (CHOCT, 2001; SANTOS Jr. et al., 2004; CHOCT et al., 2004).

A porção de PNAs insolúveis além de reduzir o tempo de permanência da digesta no lúmen intestinal, também pode proteger nutrientes tornando-os indigestíveis e reduzindo a ação enzimática (WYATT et al., 2008).

O xilano é um dos principais constituintes estruturais nas células de plantas e é um dos polissacárideos mais abundante na natureza (Prade et al., 1995). O xilano é o principal componente da hemicelulose. Outros PNAs incluindo xilanas, xiloglicanos (heteropolímero de D-xilose e D-glicose), glicomananos (heteropolímero de D -glucose e D -manose), galactoglicomananos (heteropolímero de D-galactose, D-glicose e D-manose) e arabinogalactanos (heteropolímero de D-galactose e arabinose) juntamente com a celulose (1,4- β -glicano) e lignina (um composto polifenólico complexo) compõem a parede celular das plantas (Shallom, et. Al., 2003; Kulkarni, et al. 1999).

Segundo Kulkarni, et al. (1999), os xilanos em gramíneas são geralmente arabinoxilanos. Devido à sua complexidade e a heterogeneidade, a hidrólise completa do xilano requer a ação simultânea de diferentes enzimas (Puls, et al., 1987; Subramaniyan, et al, 2002.) (Figura 2).

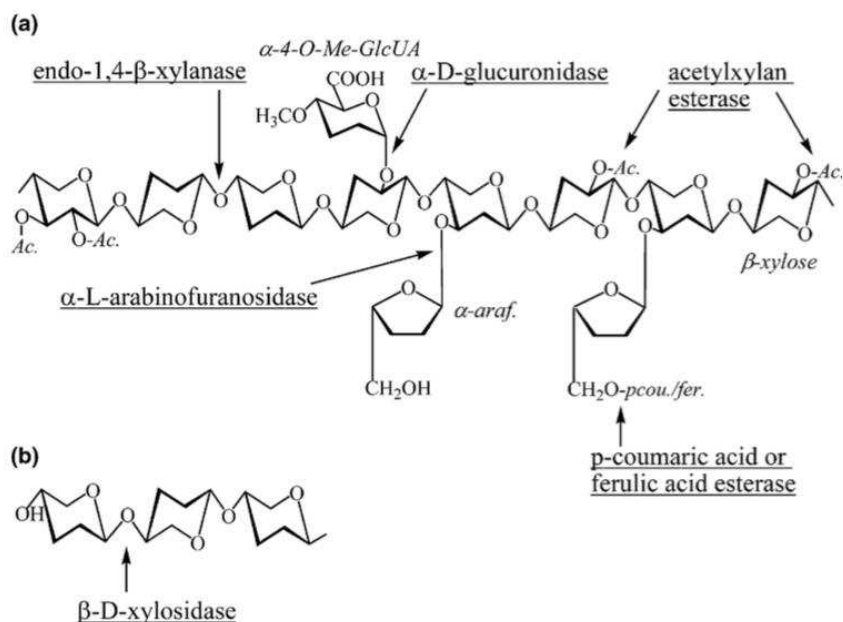


Figura 2 – Desenho esquemático da ação enzimática nos xilanos.

Fonte: Adaptado de Collins, 2005.

Segundo Penz (1998) e RIZZOLI,(2009), além de reduzir a digestibilidade e a taxa de passagem dos alimentos, atuam como barreira física de enzimas digestivas, prejudicando a difusão e o transporte de nutrientes.

Tabela 1: Conteúdo de de xilano solúvel e insolúvel nos principais ingredientes usados nas rações de monogástricos em % dos PNA's totais

Ingredientes	Xilano Solúvel (%)	Xilano Insolúvel (%)
Farelo de Soja	5	16
Cevada	5	43
Centeio	26	42
Trigo	17	61
Milho	1	68

Fonte: Adaptado de McNab e Boorman, 2002.

O fósforo fítico é a forma de fósforo encontrada nos vegetais. Sua proporção é estimada entre 60 a 90% do fósforo total dos alimentos (tabela 2) e sua concentração depende do ingrediente, do estágio de maturidade, do grau de processamento, da cultivar, dos fatores climáticos, da localização e ano da safra (Manangui e Coon, 2006; Frolich et al., 2013).

Tabela 2. Conteúdo de P-fítico de alguns alimentos de origem vegetal

Alimento	P-Fítico, %	P-Fítico (% P total)
Milho	0,19	76,00
Sorgo	0,18	69,23
Trigo	0,21	34,37
Farelo de Arroz	1,43	85,63
Farelo de Algodão (30%)	0,50	57,47
Farelo de Soja (45%)	0,34	60,71
Farelo de Girassol	0,69	67,00
Glúten de Milho (60%)	0,41	87,23

Fonte: Adptado Rostagno et al., 2011

Existem três terminologias que descrevem o substrato da enzima fitase, que são: fitato, fitina e ácido fítico. O termo fitina, ou sais de fitato, refere-se especificamente ao complexo depositado de IP6 com potássio, magnésio e cálcio como acontece em

plantas. A fitina é a principal forma de armazenamento de fosfatos, myo-inositol e cátions durante a germinação da semente (Selle et al., 2007).

Segundo Maenz (1999) a fitina é uma proteína que pode formar complexos pela ligação eletrostáticas entre os grupos fosfato com o grupo amino terminal da proteína. Estes complexos de proteína-fitina podem ser formados em pH ácido no organismo a partir das proteínas da dieta (Selle et al., 2003). O pH no proventrículo e moela dos frangos facilita a formação de complexos de proteína-fitina influenciando na digestão enzimática das proteínas nas aves.

O termo mais utilizado é o fitato, que é uma mistura de sais de ácido fítico (hexafosfato de mio-inositol; IP6), ou seja, ocorre quando o ácido fítico se liga a íons. O fitato é considerado fator antinutricional para animais, pois são carregados negativamente, e por isso, podem quelar íons positivos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} e K^+ , diminuindo a absorção desses minerais (KORNEGAY, 2001).

Os minerais e outros nutrientes ao ligar-se à molécula de ácido fítico, tornam-se indisponíveis total ou parcialmente, ou seja, não são digeridos (DARI, 2006; SELLE e RAVINDRAN, 2007). O ácido fítico pode integrar também com íons positivos de proteínas, aminoácidos (lisina, e arginina), carboidratos, lipídios e enzimas digestivas (KORNEGAY, 2001).

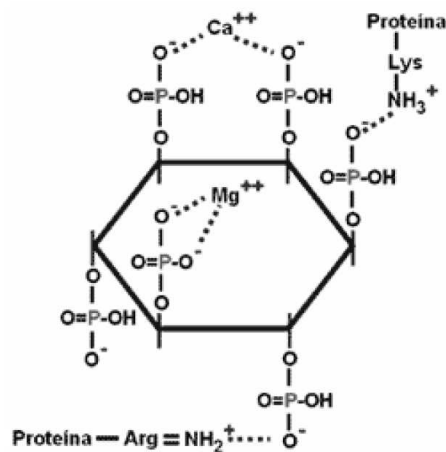


Figura 3. Ácido fítico quelatado com proteínas, minerais e aminoácidos..

2.3. Enzimas na Nutrição de Aves

As enzimas são grupos de compostos protéicos que possuem a função de catalisadores em reações biológicas, aumentando a velocidade das reações químicas no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (CHAMPE & HARVEY, 1996). Estes compostos possuem especificidade quanto ao seu substratos de ação e catalisa predominantemente um tipo de reação química. As enzimas atuam de maneira organizada nas reações biológicas clivando nutrientes, transformando macromoléculas em moléculas de simples absorção (NELSON & COX, 2005).

Na produção animal dos últimos anos, a utilização de enzimas exógenas ou outros compostos que não são naturalmente produzidos pela ave, suprem a limitada produção endógena auxiliando o desempenho das linhagens modernas de frangos de corte (BEDFORD, 1998; LEESON e SUMMERS 2001).

As enzimas mais usadas são para a digestão de carboidratos complexos e para liberação de fósforo fítico (LEESON & SUMMERS, 2001), aumentando a digestibilidade das matérias-primas e reduzindo os custos com a alimentação por permitir a utilização de ingredientes disponíveis e baratos (DUSEL et al., 1998; BEDFORD, 2000; MENG et al., 2005).

As fitases estão presentes nos cereais, na mucosa intestinal e, tanto nos microrganismos que fazem parte da microflora intestinal das aves, quanto aqueles utilizados para produzir a fitase microbiana de uso comercial. A fitase (myo-inositol hexakisfosfato fosfohidrolase) é uma enzima que hidrolisa e permite a liberação do fósforo da molécula de fitato via uma série de reações de desfosforilação que geram séries menores de ésteres de fosfato de myoinositol, sendo eles, pentakis-, tetrakis-, tris-, bis-, monofosfato ($IP_5 \rightarrow IP_4 \rightarrow IP_3 \rightarrow IP_2 \rightarrow IP_1$) e, por último, fósforo inorgânico (VATS & BANERJEE, 2004; CASEY e WALSH, 2004; Bohn et al., 2007). A fitase gera em média, 282 g de fósforo inorgânico de cada quilograma de fitato da dieta (SELLE & RAVINDRAN, 2008). Classicamente, a atividade da fitase é definida em unidades de fitase, e expressa como FTU/kg. Uma FTU é a quantidade de enzima que libera 1 micromol (μmol) de fósforo inorgânico por minuto de uma solução a 0,0051 mol/L de fitato de sódio em pH 5,5 e temperatura de 37°C (ENGELLEN et al., 1994).

A União Internacional de Química Pura e Aplicada e a União Internacional de Bioquímica (IUPAC-IUB) distinguem duas classes de fitases entre as mais utilizadas,

3-fitase (myo-inositol hexakisfosfato-3-fosfohidrolase) e a 6-fitase (myo-inositol hexakisfosfato-6-fosfohidrolase). A 3-fitase, libera o fósforo a partir da posição C3, e a 6-fitase inicia a hidrólise na posição C6 do anel de myo-inositol hexakisfosfato (SELLE & RAVINDRAN, 2007). Industrialmente, estas enzimas são produzidas por fungos e bactérias com a função de suplementar dietas de monogástricos, pois estes não são capazes de sintetizá-las.

A fitase é amplamente utilizada e a dose geralmente recomendada de fitase em aves é de 500 FTU/kg de ração (Selle e Ravindran, 2007;. Cowieson et al, 2009;. Pirgozliev et al, 2012; Lalpanmawia et al, 2014). O uso de doses mais elevadas de fitase tem ganhado interesse, não apenas pela maior liberação de fósforo (P) mas também, por que doses acima de 1000 FTU / kg de ração proporciona melhora na disponibilidade de nutrientes na dieta de aves (Cowieson et al., 2006). Cowieson et al., (2011) e Chung et al. (2013) relataram que o impacto da fitase ocorre não apenas sobre a disponibilidade de fósforo mas sobre outros minerais e aminoácidos.

As xilanases são produzidas por microrganismos como fungos, algas, protozoários e algumas sementes de plantas (PALOHEIMO et al, 2011) e são adicionadas nas dietas com o objetivo de diminuir o efeito antinutricional dos polissacarídeos não amiláceos, especialmente por reduzir a viscosidade e produção de mucina que altera exigência de treonina, além de aumentar a digestão de compostos como xilanos e principalmente de arabinoxilanos. Segundo Carré (2004), o efeito das carboidrases está associado na melhoria na digestibilidade dos nutrientes pela redução na viscosidade da dieta, assim como no aumento da disponibilidade dos nutrientes aprisionados nos PNA e que contribuem com energia metabolizável para as aves.

As enzimas xilanases possuem atuação complexa, onde uma série de enzimas clivam ligações em frações específicas da molécula. As endo-1,4- β -D-xylanases clivam aleatoriamente a cadeia principal de xilano. As β -D-xilosidases clivam monómeros xilose a partir da extremidade não redutora (C1 no resíduo final na última molécula de glicose da cadeia) de xilo-oligosacarídeos e xilobiose, enquanto que as α -L-arabinofuranosidases, α -D-glucuronidases, acetilxilano esterases, ácido felúrico esterase e p-cumárico esterases catalisam a clivagem dos grupos laterais (Collins, et al. 2005).

2.4. Uso de enzimas sobre a digestibilidade de aminoácidos e outros nutrientes em frangos de corte

A suplementação de fitase em dietas para frangos de corte tinha por finalidade reduzir a inclusão de P inorgânico, o que permitia melhor utilização do fósforo fítico. No entanto, estudos recentes demonstram que os benefícios da suplementação de fitase exógena não se restringem a melhor liberação e utilização de P proveniente de fitato, mas também, podem melhorar a utilização de energia e a disponibilidade de aminoácidos (Sousa et al, 2013).

Vários estudos têm mostrado que a suplementação de fitase proporciona melhorias na digestibilidade de aminoácidos em ingredientes individuais e em dietas compostas (Yi et al, 1996; Ravindran et al, 1999;. Namkung e Leeson, 1999;. Ravindran et al, 2000) como mostrado na tabela 3.

Tabela 3. Digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (%) determinada em frangos de corte alimentados com ou sem suplementação com fitase

	TRIGO			MILHO			FARELO DE ARROZ			FARELO DE SOJA		
	Fitase			Fitase			Fitase			Fitase		
	Sem	Com	%	Sem	Com	%	Sem	Com	%	Sem	Com	%
MET	83B	92A	9,78	90	92	2,17	80	83	3,61	76	78	2,56
LIS	74B	87A	14,94	87	89	2,25	79	83	4,82	79	84	5,95
TREO	77B	90A	14,44	82B	88A	6,82	70	74	5,41	69	75	8,00
VAL	79B	90A	12,22	86B	90A	4,44	76	80	5,00	70	77	9,09
ILE	79B	91A	13,19	87	91	4,40	71	79	10,13	69B	78A	11,54
LEU	84B	92A	8,70	89	92	3,26	78	80	2,50	72	77	6,49
TIR	82B	92A	10,87	87B	91A	4,40	82	86	4,65	74	75	1,35
PHE	85B	93A	8,60	90	92	2,17	80	83	3,61	74	78	5,13
HIS	80B	92A	13,04	84B	89A	5,62	79	84	5,95	74	80	7,50
ARG	79B	89A	11,24	88	90	2,22	87	89	2,25	82	82	0,00

Fonte: Adaptado de Rutherford et al, 2010.

A suplementação crescente de fitase na dieta pode melhorar também a digestibilidade dos nutrientes; cálcio, fósforo e nitrogênio (Ravindran et al, 2000, Walk et al 2012), aminoácidos (Rutherford et al 2002; Pirgozliev et al 2011), lipídios e amido (Camden et al. 2011). Isto ocorre por esta enzima hidrolisar o fitato presente nos ingredientes vegetais, reduzindo suas propriedades antinutricionais (Johnson, et al., 2014).

A fitase exógena aumenta o valor de EMA dos alimentos (Ravindran et al, 1999, 2000, 2001 , Selle et al, 1999, 2001, 2003, 2005) em média 72 kcal/kg de MS (ou 2,1%) em relação as dietas não suplementados.

Tabela 4. Efeitos da suplementação de fitase sobre o valor energético de alimentos determinados com frangos de corte

Tipo de dieta	EMA (Kcal/Kg de MS)		Diferença	
	Controle	Fitase	Kcal/Kg de MS	%
Milho e Soja	2985	3016	31	1,0
Sorgo	3059	3131	72	2,3
Trigo	3556	3576	19	0,5
Trigo-Sorgo	3186	3231	45	1,4
Trigo-Sorgo	3028	3198	170	5,3
Trigo-Sorgo	3399	3478	79	2,3
Cevada	2954	3033	79	2,6

Fonte: Adaptado de Driver et al , 2006; Farrell et al , 1993; . Kocher et al, 2003; Namkung e Leeson, 1999; Shirley e Edwards, 2003.

O ácido fítico tem o potencial de formar complexos com a proteína ou cátions tais como Ca, Mg, Zn e Cu (Vohra et al, 1965; Morris, 1986), o que pode afetar negativamente a disponibilidade e a digestibilidade de minerais de proteínas e aminoácidos (Cosgrove, 1980; Anderson, 1985). Além disso, o fitato é também capaz de se ligar as proteases endógenas, tais como tripsina e quimiotripsina no trato gastrointestinal (Singh e Krikorian, 1982), e estes complexos podem inibir a atividade destas enzimas, com um decréscimo subsequente da digestibilidade de proteína e aminoácidos (Liu et al., 2009).

Em dietas com a presença de fitato a digestibilidade de aminoácido é reduzida de 3 a 20%, dependendo do aminoácido e o nível ou a fonte do fitato na dieta (Cowieson et al., 2006; Onyango et al., 2009).

O efeito da redução na digestibilidade de proteína pela presença de fitato na dieta é atribuído, em parte, à formação de novo de um complexo fitato-proteína no intestino, estimulando a um aumento na perda de aminoácidos endógenos (Cowieson et al, 2004; Cowieson e Ravindran, 2007) e pela modificação da atividade das proteases no trato gastrointestinal. Tem sido relatado que o fitato pode reduzir a atividade da pepsina e tripsina, tanto in vitro (Singh e Krikorian 1982; Vaintraub e Bulmaga 1991) e in vivo (Denstadli et al 2006).

Segundo Liu et al. (2009), a atividade da pepsina no proventrículo reduziu 6% em dietas com alta concentração de fitato, enquanto que ao incluir fitase houve aumento na atividade da pepsina até 12%. A inclusão de fitase nas dieta rica em fitato aumentou a atividade de tripsina em 32%.

As aminopeptidases desempenham papel importante na digestão final de péptidos por clivagem aminoácidos neutros. A enzima alanil-aminopeptidase está localizada na membrana das microvilosidades do intestino delgado, sendo dependente de zinco. A deficiência de zinco causada por fitato dietético em animais pode, conseqüentemente, afetar a síntese, secreção e ativação de aminopeptidases (Navert et al. 1985; Manary et al. 2000; Martinez et al. 2004). No duodeno e jejuno de aves alimentadas com dietas contendo alta concentração de fitato tiveram menor atividade alanil aminopeptidase em comparação com aves alimentadas com dietas de baixo fitato (Liu et al.,2009).

2.5. Efeito da adição de fitase sobre a morfometria intestinal e a resistência óssea

O maior aporte de minerais (Ca, P e outros) tem despertado interesse pela indústria de frangos de corte em busca da manutenção da integridade óssea. A fragilidade óssea em frangos de corte não é apenas uma questão econômica, mas uma questão de bem-estar. A utilização da enzima fitase, pode revelar-se como método para tratar ambos os aspectos (Pillai et al., 2006).

A resistência óssea reflete a mineralização óssea, ou seja, aves que apresentam baixo teor de matéria mineral também apresentarão resistência óssea menor. A tabela 5 destaca que o uso de fitase em dietas com baixos níveis de cálcio e de fósforo melhora da resistência óssea de frangos de corte.

Como o cálcio e o fósforo são os minerais em maior proporção na matriz óssea, a maior disponibilidade desses minerais pela adição da fitase reflete na melhora da porcentagem de cinzas e na resistência à quebra dos ossos (Broz et al., 1994; Sebastian et al., 1996; Ahmad et al., 2000; Lan et al., 2002). Denbow et al. (1998) verificaram que a suplementação com fitase nos níveis de 400, 800 e 1.200 UFT/kg melhorou a resistência à quebra das tíbias de frangos de corte aos 21 dias de idade.

Tabela 5 - Resistência óssea (RO) e teores médios de matéria mineral (MM), Ca e P nos ossos das tíbias dos frangos de corte aos 20 dias de idade

TRATAMENTOS	RO	MM	Ca	P
	(kgf/cm ²)		(%)	
CP	24,09AB	51,81AB	18,72 B	11,13A
CN	21,88B	45,75C	17,47C	8,80C
CN + 500 UFT	26,51A	52,86AB	20,05A	10,41AB
CN +750 UFT	25,78A	53,24A	20,60A	10,10 AB
p-Valor	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	16,10	2,97	2,91	8,20

CP = controle positivo (NRC, 1994), CN = controle negativo (redução de 2% na EM, 0,93% de PB, 36% de fósforo disponível e 6,25% de cálcio em relação à dieta controlepositivo); UFT= unidade de fitase/kg. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste SNK.

Fonte: Adaptado de Fukayama et al., 2008

A morfometria é um ótimo indicador da capacidade digestiva das aves, dentre eles pode-se ressaltar o comprimento intestinal e o peso do pâncreas e fígado (Brito et al., 2004). Segundo Pirgozliev et al. (2008), a suplementação com fitase não afeta a morfometria das vilosidades no íleo das aves. Já Wang et al, 2013 observaram que aves alimentadas até 1500FTU/kg não apresentaram qualquer efeito sobre o comprimento do duodeno e do íleo e o peso do íleo de frangos de corte. Akyurek et al. (2011) observaram que o peso e o comprimento do trato intestinal pode ser melhorado pela adição de fitase a rações.

Tabela 6. Efeitos da suplementação de fitase sobre intestino delgado de frangos de corte.

Parâmetro	Adição de Fitase (FTU)		
	0	500	1000
Comprimento do Duodeno (cm)	26,50	24,64	26,50
Comprimento de Íleo (cm)	68,2	61,79	62,57
Peso do Duodeno (g)	5,93c	6,52bc	7,58ab
Peso do Jejunó (g)	11,94a	15,42b	16,02b
Peso do Íleo (g)	12,24	12,32	13,78

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste F (P <0,05).

Fonte: Adaptado de Wang, 2013

O peso do duodeno dos frangos que receberam dietas com 1000 FTU/kg foi mais elevado do que os demais podendo caracterizar uma melhora na integridade intestinal e espessamento das camadas da mucosa intestinal.

A suplementação de xilanase melhora a função do ácido biliar conjugado no conteúdo intestinal e aumenta o tamanho das vilosidades da parede do intestino delgado em frangos de corte (Ganguly, 2013). Segundo Pluske et al. (1996) e Woyengo et al. (2011) a altura de vilosidade pode diminuir com uma redução na disponibilidade de nutrientes para absorção, ou seja, a presença de ácido fítico afeta a disponibilidade de nutrientes e consequentemente a morfologia no intestino delgado.

2.6. Proteína ideal e treonina na alimentação de frangos de corte

Segundo Mitchell (1964) a proteína ideal é um conjunto de aminoácidos em quantidade para atender os requisitos dos animais nos seus processos de manutenção e de crescimento. Parsons & Baker (1994) descreveram a proteína ideal como uma composição de aminoácidos ou de proteínas com total disponibilidade de digestão e de metabolismo, capaz de fornecer sem excessos nem deficiências as necessidades absolutas de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e produção. Segundo Emmert & Baker (1997) a proteína ideal é o balanceamento exato dos aminoácidos, sem deficiências ou sobras, com o objetivo de satisfazer os requisitos absolutos de todos os aminoácidos para manutenção e para ganho máximo de proteína corporal, reduzindo o uso de aminoácidos como fonte de energia e diminuindo a excreção de nitrogênio.

A suplementação com aminoácidos industriais, principalmente metionina e lisina, tem sido comum, permitindo considerável redução no nível de proteína bruta das dietas (Tavernari, 2010). Entretanto, para a redução do nível de proteína, no conceito de proteína ideal, é necessário não apenas atender a necessidade de cada aminoácido mas estabelecer relação entre eles (tabela 7).

A lisina é usada como aminoácido referência pela facilidade da sua determinação analítica, pelo grande número de informações na literatura sobre a digestibilidade dele nos diferentes ingredientes para aves e por ser utilizada quase exclusivamente para acréscimo de proteína corporal (ROCHA, 2010).

Tabela 7- Relações aminoácidos:lisina encontradas na literatura para frangos de corte.

	NRC (1994)¹	Baker & Han (1994) 1-21	Geraert (2005) 1994-1999	BAKER et al (2005) 8-21	Rostagno (2011) 1--21
Lisina	100	100	100	100	100
Metionina + Cistina	84	72	74	-	72
Treonina	68	67	68	55,7	65
Triptofano	23	16	17	16,6	17
Arginina	101	105	116	-	108
Valina	101	77	80	77,5	77
Isoleucina	94	67	17	61,4	67

¹Calculado a partir da exigência total de aminoácidos.

Adaptado de Faria Filho, 2003 e Tavernari, 2010.

Nas formulações de rações as exigências de cada aminoácido devem ser atendidas, pois o equilíbrio entre eles, principalmente lisina, aminoácidos sulfurados, treonina e triptofano minimiza a excreção de nitrogênio e economiza energia para os processos de crescimento e manutenção (Penz & Viera, 1998).

Segundo Pencharz e Ball (2003) para a determinação das exigências de aminoácidos é necessário o fornecimento gradual dos níveis do aminoácido a ser estudado, abaixo e acima do da exigência ideal, observando a resposta sobre o parâmetro biológico. Na Figura 4, Pencharz e Ball (2003), mostram três formas de obter respostas semelhantes do nível ideal de aminoácidos. O primeiro se baseia na retenção de N (crescimento), onde pode ser verificado pelos parâmetros de desenvolvimento muscular dos animais, que respondem linearmente à inclusão da fonte de aminoácidos até atingir a exigência. A partir deste ponto não há resposta significativa sobre o crescimento com o aumento da dose.

A segunda resposta é o nível plasmático dos aminoácidos, ou na oxidação do aminoácido teste, direta ou 24h após equilíbrio do aminoácido. Inicialmente não há alteração com os níveis crescentes do aminoácido teste enquanto está abaixo da exigência nutricional. No entanto, uma vez que o nível de exigência é alcançada há aumento (em geral, linear) na variável resposta. Na terceira forma de obtenção da exigência nutricional, o nível de uréia plasmática ou ácido úrico caem com o aumento crescente do aminoácido teste até atingir a exigência, após o requerimento alcançado não há mais alterações significativas na variável resposta. Após 24h do fornecimento

dos níveis crescentes e determinação do ponto ótimo de exigência, as três respostas produzem resultados confiáveis. A escolha da análise de parâmetros de carcaça e de aminoácido plasmático tem sido utilizado com maior frequência em ensaios para a determinação das exigências nutricionais de frangos de corte.

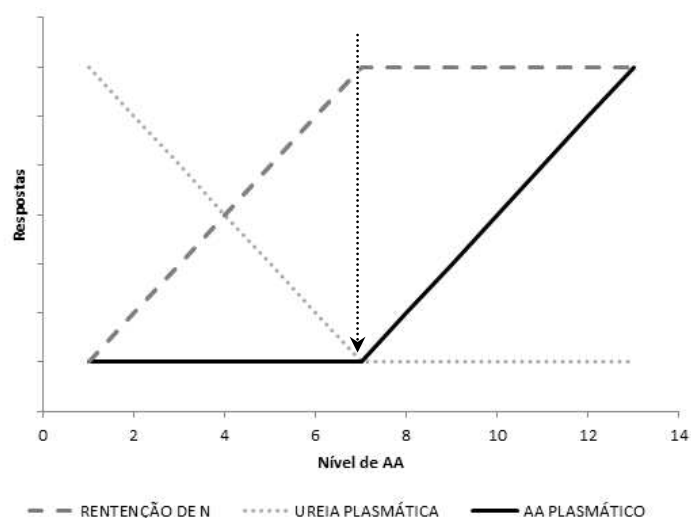


Figura 4: Diferentes respostas metabólicas a ingestão graduais de um aminoácido essencial.

Fonte: Adaptado Pencharz e Ball, 2003.

O conhecimento e a determinação da quantidade de aminoácidos e seus coeficiente de digestibilidade das principais matérias-primas utilizadas na produção de frangos de corte são necessários para realizar formulação para atender as exigências nutricionais das aves. Na tabela abaixo estão listadas os principais ingredientes, níveis de treonina e seus respectivos coeficiente de digestibilidade.

A treonina é o terceiro aminoácido mais importante para aves alimentadas com dietas a base de milho e de soja, sendo a metionina e lisina, o primeiro e segundo aminoácido limitante, respectivamente. A treonina participa na síntese protéica, na síntese de colágeno e mucina e no catabolismo, com auxílio das enzimas treonina aldolase e treonina desidrogenase e geram produtos como glicina, acetil-CoA e piruvato importante no metabolismo, especialmente em frangos na fase inicial. A forma cristalina utilizado nas dietas para aves é a L-treonina visto que há ineficiência na transaminação do isômero D (KIDD & KERR, 1996).

Tabela 8. Níveis de treonina total e digestível em alguns ingredientes vegetais usados em rações de frango de corte.

Fonte	Treonina total (g/Kg)	Coefficiente de digestibilidade (%)	Treonina Digestível (g/Kg)	Relação treonina:lisina digestíveis
Milho	3,2	83,8	2,7	1,3
Sorgo	3,1	85,4	2,6	1,5
Milheto	4,9	85,7	4,2	1,2
Trigo	3,7	81,4	3,0	1,0
Triticale	3,7	83,0	2,7	0,9
Farelo de soja 45%	17,8	88,6	15,7	0,6
Farelo de soja 48%	18,6	89,3	16,6	0,6
Farelo de glúten de milho (60%)	21,0	92,5	19,4	2,1
Farelo de arroz integral	4,9	70,9	3,5	0,7
Soja integral extrusada	14,7	87,4	12,9	0,6

Fonte: Adaptado de Rostagno et al., 2011

A absorção da treonina é mais lenta em relação à proteína como um todo. Isto pode estar relacionada com sua menor digestibilidade do que outros aminoácidos como a lisina, tornando-a mais eficiente como constituinte das mucinas (proteínas indigestíveis), que protegem o trato gastrointestinal da autodigestão pela ação das suas próprias enzimas (Buraczewska et al., 2006). Aminoácidos com estruturas semelhantes competem pelos mesmos transportadores no intestino, sendo a serina e o triptofano competidores diretos da treonina, contribuindo para sua menor absorção.

Além disso, a digestibilidade dos aminoácidos pode ser muito baixa em algumas fontes de proteína vegetal de rações para frangos, dependendo da quantidade de fibra na matéria-prima utilizada (Leeson & Summers, 2001).

Segundo Rostagno et al. (2011) a exigência nutricional de treonina para frangos de corte machos é 0,76%, e a relação entre treonina e lisina digestível de 65% no período de 1 a 21 dias. BAKER & HAN (1994), citam como referência a relação de 67% entre treonina:lisina digestíveis para as três primeiras semanas de idade. EMMERT & BAKER (1997), determinaram a relação ideal entre treonina:lisina digestíveis para a fase de 1-21 dias de 67%, e para as seguintes fases de 68,5%.

Trabalhos realizados por KIDD et al. (2002) mostram que não há diferenças de desempenho com o aumento da relação de treonina:lisina digestíveis acima de 65%, tanto para o fornecimento de treonina do alimento, quanto para adição de L-treonina

industrial. Na fase inicial, de 8 a 22 dias, BAKER et al. (2002) encontraram relação treonina:lisina digestíveis 59%.

A treonina está relacionada com resposta imune nas aves por ser um dos aminoácidos requeridos na produção de imunoglobulinas e mucina (LEMME, 2001; OJANO-DIRAIN e WALDROUP,2002), auxiliando na integridade e no desenvolvimento do intestino, onde grande parte da treonina consumida pelos animais é usada (STOLL et al., 1998; BERTOLO et al., 1998;BURRIN et al., 2001).

A proliferação de células de defesa, produção de anticorpos e o aumento na secreção de mucinas e de proteínas constituintes do muco entérico pela ativação imunológica pode desviar a treonina da sua rotas de deposição de carne prejudicando o desempenho das aves (OLIVEIRA NETO et al.,2009).

A capacidade do intestino delgado em sintetizar a mucinas é baseada na disponibilidade de treonina (Faure et al , 2006; Faure et al, 2005; Law et al, 2007; Nichols e Bertolo, 2008; . Puiman et al, 2011). Verificou-se, em ratos, submetidos a dietas deficientes em treonina que houve diminuição na síntese de mucina (Faure et al, 2005). De acordo com Stoll et al. (1998), grande parte da treonina contida na mucina para proteção do epitélio não pode ser recuperada e se perde nas excretas (Fuller, 1994), isto corresponde a aproximadamente 50% do aminoácido na dieta (Wu, 1998). De acordo com Le Bellego et al. (2002) e Myrie et al. (2003) 40 a 60% da treonina consumida pelos animais é usada pelo intestino para síntese de mucina.

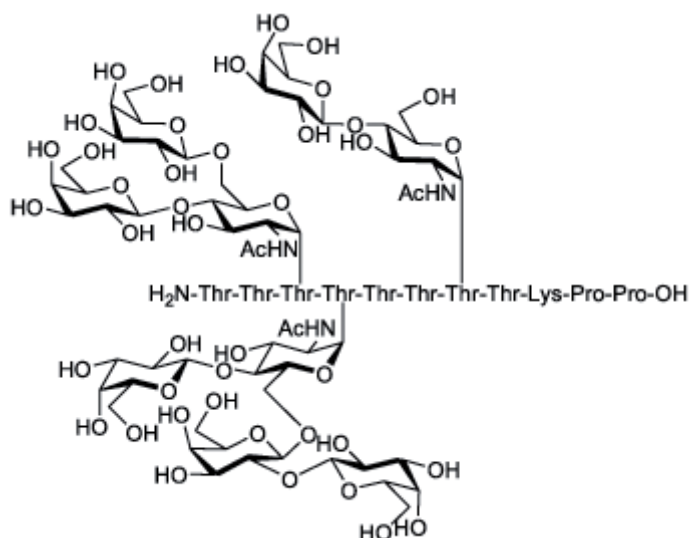


Figura 5 – Representação dos glicopeptídeos de mucina ligados a unidade de treonina.

Fonte: Campo e Carvalho, 2008.

O tipo e a quantidade de mucina produzida no trato gastro intestinal pode servir de substrato para a fermentação bacteriana e para fixação microorganismos, isto pode influenciar a disponibilidade de nutrientes e a função imune (CORZO et al., 2007).

KIDD et al (2002) criaram duas condições ambientais classificadas como ambiente limpo e ambiente sujo. Os pesquisadores observaram que no ambiente sujo, os parâmetros ganho de peso, conversão alimentar, peso de carcaça e peso de peito responderam ao aumento de treonina na dieta de forma linear até certo ponto, concluindo que as necessidades de treonina de machos Cobb 500 podem ser afetadas dependendo das condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, T.; RASOOL, S.; SARWAR, M. et al. Effect of microbial phytase produced from a fungus *aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v.83, p.103-114, 2000.
- AKYUREK, H., Ozduven, M.L. and Okur, A.A. The effect of supplementing an organic acid blend and/or mi-crobial phytase to a corn-soybean based diet fed to broiler chickens. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 642-649. 2011.
- ANDERSON, P.A. Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds, p.31- 45. 1985.
- ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cereal nonstarchpolysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science Journal*. v. 47, p.232-242, 1991.
- BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T.M.; et al. ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poultry Science*, v.81, p.485-494, 2002.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Science*, v.73, p.1441-1447, 1994.
- BEDFORD, M. R.; Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 1-13, 2000.
- BEDFORD, M.R. The effect of enzyme on digestion. *Journal Applied of Poultry Research*, Savoy, IL, v. 5, p 370-378, 1998.
- BERRES, J.; VIEIRA, S.L.; CONEGLIAN, J.L.B.; et al. Respostas de frangos de corte a aumentos graduais na relação entre treonina e lisina. *Rev. Ciência Rural*, v.37, n.2, p.510-517, 2007.

- BERTOLO, R.F.P.; CHEN, C.Z.L.; LAW, G.; PENCHARZ, P.B.; BALL, R.O. Threonine requirement of neonatal piglets receiving total parenteral nutrition is considerably lower than that of piglets receiving an identical diet intragastrically. *Journal of Nutrition*, v. 128, p. 1752-1759, 1998.
- BOHN, L., Josefsen, L., Meyer, A.S. and Rasmussen, S.K. (2007) Quantitative analysis of phytate globoids isolated from wheat bran and characterization of their sequential dephosphorylation by wheat phytase. *J Agric Food Chem* 55, 7547–7552.
- BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; XAVIER, S. A. G.; MURAMATSU, K.; ANDRADE, M. A. Níveis de metionina + cistina em rações de frangos de corte na fase pré-inicial (1-7 dias). *Ars Veterinaria*, Vol. 20, nº 1, 009-015, 2004.
- BROZ, J.; OLDALE, P.; PERRIN-VOLTZ, A.H. et al. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. *British Poultry Science*, v.35, p.273-280, 1994.
- BURACZEWSKA, L.; SWIECH, E.; LE BELLEGO, L. Nitrogen retention and growth performance of 25 to 50 kg pigs fed diets of two protein levels and different ratios of digestible threonine to lysine. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v. 15, p. 25-36, 2006.
- BURRIN, D.G.; STOLL, B.; JIANG, R.; CHANG, X.; HARTMANN, B.; HOLST, J.J.; GREELEY JR, G.H.; REEDS, P.J. Minimal enteral nutrient requirements for intestinal growth in neonatal piglets: how much is enough? *Am J Clin Nutr.*; 71:1603–10, 2001.
- CAMDEN, B.J., Morel, P.C.H., Thomas, D.V., Ravindran, V. & Bedford, M.R., Effectiveness of exogenous microbial phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in maize–soya-bean meal diets for broilers. *Anim. Sci.* 73: 289–297.2001. 2001.
- CAMPO, V.L e Carvalho, I. Síntese de glicoaminoácidos de interesse biológico. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 5, 1027-1033, 2008.
- CARRÉ, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. *Poultry Science*. v.60 p. 76-89, 2004.
- CARVALHO, T. A.; Avaliação de dietas com glutamina e glicina para pintos de corte contendo diferentes relações treonina:lisina. 118p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- CASEY, A.; WALSH, G. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest. *J. Biotech.*, v.110, p.313-322, 2004.
- CHAMPE, P.C., HARVEY, R.A. *Bioquímica Ilustrada*. 2.ed. Porto Alegre, RS: Artes Médicas. 1996. p. 238-239.

- CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. (Eds.) *Enzymes in farm animal nutrition*. Oxfordshire: Cab Publishing, 406p. 2001.
- CHOCT, M. et al. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *Br. J. Nutr.* v.92, p.53-61, 2004.
- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*. June, p.13-26, 1997.
- CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *Brit. Poult. Sci.* v.3, p.811-821, 1990.
- CHUNG, T. K.; Rutherford, S. M.; Thomas, D. V.; Moughan, P. J: Effect of two microbial phytases on mineral availability and retention and bone mineral density in low-phosphorus diets for broilers. *British Poultry Science* 54, 362–373. 2013.
- COLLINS, T., Gerday, C. Feller, G. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. *Microbiology Reviews* 29 3–23, 2005.
- CORZO, A.; KIDD, M.T.; DOZIER, W.A. et al. Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. *J. Appl. Poultry Res.*, v.16, p.574-582, 2007.
- COSGROVE, D.J. *Inositol Phosphates: Their Chemistry, Biochemistry and Physiology*. Elsevier Science Publishing Co., New York, NY, 1980.
- COWIESON AJ, Ravindran V. Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at the terminal ileum of growing broiler chickens. *Brit J Nutr.* 98:745–752. 2007.
- COWIESON, A. J.; Wilcock, P.; Bedford, M. R: Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poultry Science Journal* 67, 225–236. 2011.
- COWIESON, A.J., BEDFORD, M.R., SELLE, P.H. et al. Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, v.65, p.401-18, 2009.
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Using the precision-feeding bioassay to determine the efficacy of exogenous enzymes – A new perspective. *Animal Feed Science and Technology*, v.129, p.149-158, 2006.
- DARI, R.L. Utilização de fitase na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 2004, Santos. *Anais...* Santos: FACTA, p.127-143. 2004.
- DENBOW, D.M.; GRABAU, E.A.; LACY, G.H. et al. Soybeans transformed with a fungal phytase gene improve phosphorus availability for broilers. *Poultry Science*, v.77, n.6, p.878-88, 1998.

- DENSTADLI, V, Skrede A, Krogdahl A ° , Sahlstrøm S, Storebakken T. Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid. *Aquaculture*. 256:365–376. 2006.
- DRIVER, J.P., Antencio, A., Edwards, H.M. & Pesti, G.M., Improvements in nitrogen-corrected apparent metabolisable energy of peanut meal in response to phytase supplementation. *Poult. Sci.* 85: 96-99. 2006.
- DUSEL, G., Kluge, H., Jeroch, H. Xylanase supplementation of wheat-based rations for broilers: Influence of wheat characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 7: 119-131. 1998.
- EMMERT, J.L.Y.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *Journal of Applied Poultry Research*, v.6, n.4, p.462-470, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. 3. ed. Concórdia: Embrapa – CNPSA, 1991. (Documento, 19)
- ENGELLEN A.J., van der Heeft F.C., Randsdorp P.H.G., Smit E.L.C. : Simple and rapid determination of phytase activity. *Journal of AOAC International*, 77, 760–764. 1994.
- FARIA FILHO, D.E. Efeito de Dietas com Baixo Teor Protéico, Formuladas Usando o Conceito de Proteína Ideal, Para Frangos de Corte Criados em Temperaturas Fria, Termoneutra e Quente. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2003. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2003.
- FARRELL, D.J., Martin, E., du Preez, J.J., Bongarts, M., Betts, M., Sudaman, A. & Thomson, E., The beneficial effects of a microbial phytase in diets of broiler chickens and ducklings. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 69: 278–283. 1993.
- FAURE, M. et al. 2002. Development of a rapid and convenient method to purify mucins and determine their in vivo synthesis rate in rats. *Anal Biochem* 307: 244-251.
- FAURE, M; MOENNOZ, D.; MONTIGON, F. et al. Dietary threonine restriction specifically reduces intestinal mucin synthesis in rats. *J. Nutrition*, v.135, p.486- 491, 2005.
- FROLICH, W.; ÅMAN, P; TETENS, I. Whole grain foods and health - a Scandinavian perspective. *Food & Nutrition Research*, [S.l.], feb. 2013. ISSN 1654-661X.
- FUKAYAMA, E H; Sakomura N K; Dourado L R B; Neme R; Fernandes J B K; Marcato S M; Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. *R. Bras. Zootec.* vol.37 no.4 Viçosa Apr. 2008

- FULLER, M. F. Amino acid requirements for maintenance body protein accretion and reproduction in pigs. in: *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. CAB International, Wallingford, UK, p. 155–184, 1994.
- GANGULY, S. Supplementation of prebiotics, probiotics and acids on immunity in poultry feed: a brief review. *World Poult. Sci. J.*, 69 (2013), pp. 639–648.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J. L-threonine for poultry: a review. *J. Appl. Poultry Res.*, v.5, p.358-367, 1996.
- KIDD, M.T.; ZUMWALT, C.D.; CHAMBLEE, D.W. et al. Broiler growth and carcass responses to diets containing l-threonine versus diets containing threonine from intact protein sources. *J. Appl. Poultry Res.*, v.11, p.83-89, 2002.
- KOCHER, A., Choct, M., Ross, G., Chung, T.K., Effects of phytase on apparent metabolisable energy in broiler diets based on wheat or sorghum. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 15:112. 2003.
- KORNEGAY, E. T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.) *Enzymes in farm animal nutrition*. Wallingford: Cab Publishing, 2001. 432 p.
- KULKARNI, N., Shendye, A. and Rao, M. Molecular and biotechnological aspects of xylanases. *FEMS Microbiol. Rev.* 23, 411–456. 1999.
- LALPANMAWIA, H.; Elangovan, A. V.; Sri-dhar, M.; Shet, D.; Ajith, S.; Pal, D. T. Efficacy of phytase on growth performance, nutrient utilization and bone mineralization in broiler chicken. *Animal Feed Science and Technology* 192,81–89., 2014.
- LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, v.81, n.10, p.1522-1532, 2002.
- LAW, G. K., R. F. Bertolo, A. Adjiri-Awere, P. B. Pencharz, and R. O. Ball. 2007. Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 292: G1293-G1301.
- LE BELLEGO, L.; RELANDEAU, C.; VAN CAUWENBERGHE, S. Threonine requirement in pigs - Benefits of L-Threonine supplementation. Ajinomoto Eurolysine. Technical Information n. 26, 1-23. 2002. Acesso em: 05/08/2009.
- LEMME, A. Responses of broilers to dietary threonine: A survey of the international literature. *Amino News*. Degussa Corporation, v.02, n.01, p.1-6, 2001.
- LESSON, S.; SUMMERS, J.D. *Protein and Amino Acids. Nutrition of the Chicken*. 4th ed. Ghelph, Ontario: University Books, 2001.

- LI, K., Azadi, P., Collins, R., Tolan, J., Kim, J. and Eriksson, K. Relationships between activities of xylanases and xylan structures. *Enzyme Microb. Technol.* 27, 89–94. 2000.
- LIMA, G. J. M. M., Zanotto, D. L.; Pieniz, L. C.; Guidoni, A. L.; Guarienti, E. M. O TRIGO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E AVES. *Comunica Técnico – 221.* Embrapa Suínos e Aves, Maio/1998.
- LIU, N., Y. J. Ru, F. D. Li, J. Wang, and X. Lei. Effect of dietary phytate and phytase on proteolytic digestion and growth regulation of broilers. *Arch. Anim. Nutr.* 63:292–303. 2009.
- MAENZ, DD; IRISH, GG; CLASSEN, HL. Carbohydrate-binding and agglutinating lectins in raw and processed soybean meals. *Animal feed Science and Technology*, v.76, n.3, p. 335-343, 1999.
- MANANGI, M.K. & COON, C.K.. Evaluation of phytase enzyme with chicks fed basal diets containing different soyabean meal samples. *Journal of Applied Poultry Research.*15(2):292- 306. 2006
- MANARY MJ, Hotz C, Krebs NF, Gibson RS, Westcott JE, Arnold T, Broadhead RL, Hambidge KM. Dietary phytate reduction improves zinc absorption in Malawian children recovering from tuberculosis but not in well children. *J Nutr.* 130:2959–2964. 2000.
- MARTINEZ MM, Hill GM, Link JE, Raney NE, Tempelman RJ, Ernst CW. Pharmacological zinc and phytase additive enhance metallothionein mRNA abundance and protein concentration in newly weaned pigs. *J Nutr.* 134:538–544. 2004.
- MCNAB, J. M. K., Boorman. N. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition, and Nutritive Value.* Vol 26. 2002.
- MENG, X., Slominski, B.A., Nyachoti, C.M., Campbell, L.D., Guenter, W.; Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry Science*, 84: 37-47, 2005.
- MICHELL HH. *Comparative nutrition of man and domestic animals.* New York: Academic Press, 1964.
- MORRIS, E. R., Phytate and dietary mineral bioavailability. Pages 57–76 *in: Phytic Acid: Chemistry and Applications.* E. Grad, ed. Pilatus Press, Minneapolis, MN. 1986.
- MYRIE, S.B.; BERTOLO, R.F.P.; SAUER, W.C.; BALL, R.O. Threonine retention is reduced in diets that increase mucin production in pigs. In *Proc 9th Int Symp on Dig Physiol in Pigs (Ed RO Ball)*, pp 250-252. University of Alberta, Banff, Canada, 2003.

- NAMKUNG, H., LEESON, S. Effect of phytase Enzyme on dietary Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poult. Sci.*, 78:1317-1319. 1999.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of poultry. 9. ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 155p, 1994.
- NAVERT B, Sandsterao'm B, Cederblad A. Reduction of the phytate content of bran by leavening in bread and its effect on zinc absorption in man. *Brit J Nutr.* 53:47–53. 1985.
- NELSON, D.L.; COX, M. M.; LEHNINGER, A.L. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 4th ed. New York: W.H. Freeman, 2005.
- NICHOLS, N. L., and R. F. Bertolo. 2008. Luminal threonine concentration acutely affectst intestinal mucosal protein and mcuin synthesis in piglets. *J Nutr* 1378: 1298-1301.
- OJANO-DIRAIN, C. P. & WALDROUP, P. W. Evaluation of lysine, methionine and threonine needs of broilers three to six week of age under moderate temperature stress. *International Journal of Poultry Science*, v.1, n.1, p.16-21, 2002.
- OLIVEIRA NETO, A.R., OLIVEIRA, R.F., DONZELE, J.L. Níveis de metionina + cistina para pintos de corte mantidos em ambiente termoneutro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, MG, Anais..., p.216-218. 2000.
- OLIVEIRA NETO, A.R., OLIVEIRA, W.P. Aminoácidos para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.205 – 208, 2009.
- ONYANGO, E.M. et al. Phytic acid increases mucin and endogenous amino acid losses from the gastrointestinal tract of chickens. *British Journal of Nutrition*, 101:836-842, 2009.
- PALOHEIMO, M. et al. Xylanases and Cellulases as Feed Additives. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. 2.ed. 2011. Cap.2, p.12-53.
- PARSONS CM, Baker DH. The concept and usage of ideal proteins in the feeding of nonruminantes In: *Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes*; 1994. Maringá, PR. Brasil. 119-128p.
- PAULA, S. A.; *Composição bioquímica e fatores antinutricionais de genótipos de soja*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. 2007.
- PENCHARZ, P. B.; BALL, R. O. Different approaches to define individual amino acid requirements. *Annual Review of Nutrition*, Palo Alto, v. 23, p. 101-116, 2003.
- PENZ Jr., A.M., VIEIRA, S.L. *Nutrição na primeira semana*. In: *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS*, 1998, Campinas. Anais..., Campinas: FACTA, 1998. p. 121-39.

- PENZ JÚNIOR A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu-SP, 1998, p.165-178.
- PILLAI, P. B.; O'CONNOR-DENNIE, T.; OWENS, C. M.; EMMERT, J. L. Efficacy of in *Escherichia coli* phytase in broilers fed adequate or reduced phosphorus diets and its effect on carcass characteristics. *Poultry Science*, v. 85, p. 1737-1745, 2006.
- PIRGOZLIEV, V., Oduguwa, O., Acamovic, T., & Bedford, M.R., Effects of dietary phytase on performance *and* nutrient metabolism in chickens. *Brit. Poult. Sci.* 49: 144–154. 2008.
- PIRGOZLIEV, V.; Bedford, M. R.; Oduguwa, O.; Acamovic, T.; Allymehr, M., 2012: The effect of supplementary bacterial phytase on dietary metabolisable energy, nutrient retention and endogenous losses in precision fed broiler chickens. *Journal of Animal Physiology*
- PLUSKE, J. R., I. H. Williams and F. X. Aherne. 1996. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. *Anim. Sci.* 62:131-144.
- PRADE, R.A. Xylanases: from biology to biotechnology. *Biotech. Genet. Eng. Rev.* 13, 100–131. 1995.
- PUIMAN, P. J. et al. 2011. Intestinal threonine utilization for protein and mucin synthesis is decreased in formula-fed preterm pigs. *J Nutr* 141: 1306-1311.
- PULS, J., Schmidt, O. and Granzow, C. Glucuronidase in two microbial xylanolytic systems. *Enzyme Microb. Technol.* 9, 83–88. 1987.
- RAVINDRAN, V., CABAHUG, S., RAVINDRAN, G., BRYDEN, L. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. *Poult. Sci.*, 78:699-706
- RAVINDRAN, V., Cabahug, S., Ravindran, G., Selle, P.H. & Bryden, W.L., Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid *and* non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility *and* nutrient retention. *Brit. Poult. Sci.* 41:193–200. 2000.
- RAVINDRAN, V., Morel, P.C.H., Partridge, G.G., Hruby, M. & Sands, J.S., Influence of an *E. coli* derived phytase on nutrient utilization in broiler starter fed diets containing varying concentrations of phytic acid. *Poult. Sci.* 85: 82–89. 2006.
- RAVINDRAN, V., Selle, P.H. & Bryden, W.L., Effects of phytase supplementation, individually *and* in combination, on the nutritive value of wheat *and* barley. *Poult. Sci.* 78: 1588–1595. 1999.
- RAVINDRAN, V., Selle, P.H., Ravindran, G., Morel, P.C.H., Kies, A.K. & Bryden, W.L., Microbial phytase improves performance, apparent metabolisable energy *and* ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poult. Sci.* 80: 338–344. 2001.

- RIOS, H. V. Frações de polissacarídeos não amídicos presentes em ingredientes utilizados na formulação de ração para frangos de corte. 29p. Trabalho de conclusão de curso - (Graduação em Medicina Veterinária). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - 2014
- RIZZOLI, P. W. Desempenho, incremento de energia e digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte contendo enzimas exógenas. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 64 f.2009.
- ROCHA, T. C.; Relação Treonina:Lisina em Rações para Poedeiras Leves no Período de Produção. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010
- ROSTAGNO, H. S., NASCIMENTO, A.H., ALBINO, L.F.T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Campinas, SP, 1999. Anais... Campinas: FACTA, p. 65-83, 1999.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Vicosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011.
- RUTHERFURD S.M., Chung T.K ; Moughan P.J. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chicken, *British Poultry Science*, 43:4, 598-606. 2010.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283p, 2007.
- SANTOS JR., A.A.; FERKET, P.R.; GRIMES, J.L. et al. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. *International Journal of Poultry Science*, v.3, n.1, p.33-45, 2004.
- SARKAR, A. and Pérez, S. PolySac3DB: an annotated data base of 3 dimensional structures of polysaccharides. *BMC Bioinformatics* 13:302, 2012.
- SATHE, S.K., SALUNKHE, D.K. Technology of removal of unwanted components of dry beans. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.21, n.3, p.263-287, 1984.
- SEBASTIAN, S., TOUCHBURN, S.P., CHAVEZ, E.R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. *World's Poult. Sci. J.*, 54:27-47. 1998.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. et al. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broilers chickens fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, v.75, n.6, p.729-736, 1996.

- SELLE P.H., Ravindran V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science*, 113, 99–122. 2008.
- SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 135, n. 1/2, p. 1-41, May 2007.
- SELLE, P.H., Pittolo, P.H. & Bryden, W.L., Individual *and* combined supplementation of wheat-based broiler diets with phytase *and* xylanase. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 13: 246. 2001.
- SELLE, P.H., Ravindran, V., Caldwell, R.A. and Bryden, W.L. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. *Nutrition Research and Review* 13: 255-278. 2000.
- SELLE, P.H., Ravindran, V., Pittolo, P.H. & Bryden, W.L. An evaluation of microbial phytase in sorghum-based broiler diets. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 11: 97–100, 1999.
- SELLE, P.H., Ravindran, V., Ravindran, G. & Bryden, W.L., Amino acid digestibility *and* growth performance interactions to phytase *and* lysine supplementation of lysine-deficient broiler diets. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 17: 234–237. 2005.
- SELLE, P.H., Ravindran, V., Ravindran, G., Pittolo, P.H. & Bryden, W.L., Influence of phytase *and* xylanase sup-plementation on growth performance *and* nutrient utilisation of broilers offered wheat-based diets. *Asian–Aust. J. Anim. Sci.* 16: 394–402. 2003.
- SELLE, P.H., Walker, A.R. & Bryden, W.L., Total *and* phytate-phosphorus contents *and* phytase activity of Australian sourced feed ingredients for pigs *and* poultry. *Aust. J. Expt. Agric.* 45: 475–479. 2003.
- SELLE, P.H., WALKER, A.R. & BRYDEN, W.L. Total and phytate-phosphorus contents and phytase activity of Australian-sourced feed ingredients for pigs and poultry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. v.43, p. 475-479, 2003.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, G. Microbial phytase in poultry nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.135, p.1-41, 2007.
- SHALLOM, D. and Shoham, Y. Microbial hemicellulases. *Curr. Opin. Microbiol.* 6, 219–228. 2003.
- SHIRLEY, R.B. & Edwards, H.M., Graded levels of phytase past industry standards improve broiler performance. *Poult. Sci.* 82: 671–680. 2003.
- SINGH, M.; KRIKORIAN, A.D. Inhibition of trypsin activity by phytate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.30, p.799-800, 1982.
- SJÖSTRÖM, E. *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*, 2nd edn. Academic Press, New York, p. 63–70., 1993.

- SOUSA, J. P. L. FITASE (*Escherichia coli*) EM DIETAS COM CORREÇÕES NUTRICIONAIS PARA FRANGOS DE CORTE. Tese de Doutorado – Tocantins 2013.
- STOLL, B.; HENRY, J.; REEDS, P. J.; HUNG, Y.; JAHOR, F.; BURRIN, D. G. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. *Journal of Nutrition*, v. 128, p. 606-614, 1998.
- SUBRAMANIYAN, S. and Prema, P. Biotechnology of microbial xylanases: enzymology, molecular biology, and application. *Crit. Rev. Biotechnol.* 22, 33–64. 2002.
- TAVERNARI, F. C.; Atualização da Proteína Ideal para Frangos de Corte: Valina e Isoleucina. 61p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2010.
- VAINTRAUB IA, Bulmaga VP. Effect of phytate on the in vitro activity of digestive proteinases. *J Agri Food Chem.* 39:859–861. 1991.
- VATS, P.; BANERJEE, U. C. Production studies and catalytic properties of phytases (*myo*-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. *Enzyme and Microbial Technology*, New York, v. 35, n. 1, p. 3-14, July 2004.
- VOHRA, GRAY, G.A.; KRATZER, F.H. Phytic acid-metal complexes. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine*, New York, v. 120, n. 2, p. 447-449, 1965.
- WALK, C. L.; Bedford, M. R.; Santos, T. S.; Paiva, D.; Bradley, J. R.; Wladecki, H.; Honaker, C. e McElroy, A. P. Extra-phosphoric effects of superdoses of a novel microbial phytase. *Poultry Science* 92 :719–725. 2013.
- WANG, X. PARSONS, C. M. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. *Poultry science*, v. 77, p. 1010 - 1015, 1998.
- WONG, K.K.Y., Tan, L.U.L. and Saddler, J.N. Multiplicity of beta-1,4-xylanases in microorganisms: functions and applications. *Microbiol. Rev.* 52, 305–317.1988.
- WOYENGO T. A., Kiarie E., Nyachoti C. M. Growth performance, organ weights, and blood parameters of broilers fed diets containing expeller-extracted canola meal. *Poult. Sci.* 2011;90:2520-2527.
- WU, G. Intestinal mucosal amino acid catabolism. *Journal of Nutrition*, v. 128, p. 1249–1252, 1998.
- WYATT, C. et al. Mechanisms of action for supplemental NSP and phytase enzymes in poultry diets. In: *Poult. Nutr. Conf.* 35, 2008. Carolina Feed Ind. Assoc. Raileigh, NC. p.1-11, 2008.
- YI, Z., E.T. Kornegay and D.M. Denbow, Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. *Poult. Sci.*, 75: 979- 990. 1996.

Artigo 1 - Formatação de acordo com as normas da revista Poultry Science.

Artigo 1 - Digestibilidade ileal dos aminoácidos do milho e farelo de soja para frangos de corte suplementados com fitase

V. R. S. M. Barros*¹, L. F. T. Albino*, M. I. Hannas*, H. S. Rostagno*

*Animal Science Department, Universidade federal de Viçosa, Brasil.

¹Correspondência do autor: victorsales@zootecnista.com.br

Secção específica: Metabolism and Nutrition

1. INTRODUÇÃO

Nas rações para aves e suínos, ingredientes de origem vegetal como o milho, trigo e farelo de soja são os principais componentes das formulações, onde o ácido fítico está naturalmente presente (Neves, 2012). Este ácido é um potente quelante de nutrientes tais como proteínas, aminoácidos, amido e cátions, assim como enzimas (pepsina, tripsina e α -amilase), de modo a que a solubilidade e digestibilidade desses nutrientes são drasticamente reduzidas pela formação de complexos insolúveis (Sebastian et al., 1998; Ravindran et al., 1999).

A presença de polissacarídeos não amiláceos (PNAs), assim como a quantidade de ácido fítico e de outros fatores antinutricionais podem alterar os níveis ótimos de aminoácidos para frangos de corte.

A suplementação de enzima fitase em dietas à base de cereais para aves permite suprir as deficiências em enzimas endógenas e para melhorar o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos, especialmente nas fases iniciais da vida. Esta prática é usada na produção de frangos de corte, a fim de aumentar a digestibilidade de matérias-primas, melhorar o desempenho e permitir uma melhor utilização dos ingredientes, reduzindo assim o custo de produção. (Dusel et al 1998, Bedford, 2000;. Meng et al 2005). A adição de fitase proporciona melhorias na digestibilidade de aminoácidos em ingredientes individuais e em dietas compostas (Yi et al, 1996; Ravindran et al, 1999;. Namkung e Leeson, 1999;. Ravindran et al, 2000). Rutherford et al (2010) observaram que o coeficiente de digestibilidade do trigo, milho e farelo de soja podem aumentar em média 11,7%, 4,0% e 6,5%, respectivamente, quando é adicionada fitase na dieta. Esse aumento na disponibilidade e digestibilidade dos nutrientes aumenta o valor de EMA dos alimentos em média 72 kcal/kg de MS (ou 2,1%), em relação as dietas não

suplementadas (Ravindran et al, 1999, 2000, 2001 , Selle et al, 1999, 2001, 2003, 2005). O uso da enzima fitase exógena nas rações possibilita não apenas reduzir a suplementação de fósforo, mas apresenta efeito sobre a liberação de aminoácidos e outros nutrientes, conhecido como efeito extrafosfórico da fitase.

Desta forma objetivou-se determinar o efeito de diferentes níveis da enzima fitase sobre a digestibilidade de aminoácidos em frangos de corte em diferentes combinações dos ingredientes da ração.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Brasil, de acordo com as normas do Comitê de ética no uso de animais de produção (Protocolo 056/2013).

Animais e dietas

Foram utilizados 504 pintos machos da linhagem Cobb, com peso médio de 493 ± 10 g, em delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos (níveis de fitase 0, 500 e 1000 FTU), 8 repetições e 7 aves por gaiola, durante o período experimental de 14 a 23 dias de idade para determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro (CDIv) dos aminoácidos pelo método da coleta ileal do farelo de soja, milho+farelo de soja e do trigo+farelo de soja. Do 1º ao 13º dia de idade as aves foram criadas de acordo com as recomendações do manual de manejo da linhagem, recebendo água e ração a vontade. Aos 14 dias de idade as aves foram pesadas e transferidas para baterias com $0,225\text{m}^2$ de área (0,45m de largura, 0,50m de comprimento e 0,40m de altura), em estruturas metálicas, como bebedouros nipple e comedouros tipo calha. Após transferência das aves para as baterias, os comedouros foram supridos com ração duas vezes ao dia, para evitar desperdícios, sendo esta fornecida à vontade, assim como, a água, durante todo o período experimental.

A composição de aminoácidos do farelo de soja (FS), do milho e do trigo foi analisada e está apresentada na Tabela 1. Os tratamentos constituíram de uma dieta sem suplementação de enzima fitase (0 FTU), 500 FTU ou 1000FTU para as dietas isentas de proteína, farelo de soja, milho + farelo de soja e trigo + farelo de soja. Os ingredientes foram adicionados em substituição ao amido das dietas isentas de proteína, na proporção de 30% para o farelo de soja e 50% de milho ou trigo + 30% de farelo de soja.

A fitase utilizada para compor os tratamentos foi AB Vista Quantum. Os tratamentos e dietas experimentais estão apresentados na Tabela 2. As dietas continham 1% de cinza insolúvel em ácido clorídrico (CIA) como indicador para determinação da digestibilidade dos aminoácidos e proteína, assim como quantificar a excreção endógena de aminoácidos.

Determinação do coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos

No 23º dia de idade, todas as aves foram sacrificadas por deslocamento cervical de acordo com as normas do comitê de ética no uso de animais de produção da Universidade Federal de Viçosa. O íleo foi exposto por incisão abdominal, para obtenção da porção terminal do íleo (40 cm), seccionando 5 cm antes da junção íleo-cecal.

A digesta ileal das aves de cada gaiola foi coletada e armazenada em frascos plásticos e liofilizada. A amostra das rações e digestas foram analisadas: matéria seca e proteína bruta, cinza insolúvel em ácido e teor de aminoácidos por meio de HPLC (cromatografia líquida de alta pressão) de acordo com Silva et al. (2002). O cálculo da digestibilidade dos aminoácidos foi realizado usando a cinza insolúvel em ácido (CIA) para estimar o fator de indigestibilidade de acordo com as equações propostas por SAKOMURA e Rostagno (2007):

Fator de indigestibilidade Ileal (FI):

FI1 = [CIA] na dieta/[CIA] da digesta.

FI2 = [CIA] na DIP/[CIA] da digesta

Coefficiente de Digestibilidade aparente de aminoácido (CDapAA):

$$CDapAA (\%) = \frac{(\%AA \text{ da dieta} - (\%AA_{dig} \times FI1))}{\%AA \text{ da dieta}} \times 100$$

Coefficiente de Digestibilidade verdadeira de aminoácido (CDvAA)

$$CDvAA (\%) = \frac{(\% AA \text{ da dieta} - ((\% AA_{dig} \times FI1) - (\% AA_{End} \times FI2)))}{\% AA \text{ da dieta}} \times 100$$

Onde:

IF = Fator Indigestibilidade;

[CIA] = Concentração de Cinza Insolúvel em Ácida clorídrico;

DIP = Dieta Isenta de Proteína;

CDapAA= Coeficiente de Digestibilidade aparente de aminoácido;

CDvAA= Coeficiente de Digestibilidade verdadeira de aminoácido

% AA dieta = Porcentual de aminoácidos na dieta;

% AA dig = Porcentual de aminoácidos na dieta;

AA End = Aminoácidos endógenos;

A correção endógena para estimar a digestibilidade verdadeira de proteína e aminoácidos foi calculada usando a DIP sem adição de enzima. Foi analisado também a excreção endógena para cada tratamento enzimático, ou seja, DIP 0, 500 e 1000 FTU,

ajustando a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos para alimentos sem enzima, 500 FTU ou 1000 FTU, respectivamente (Tabela 3).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls com 5% de probabilidade utilizando o programa SAEG da Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes dietas isentas de proteína com níveis crescentes de fitase apresentam variações nas perdas endógenas, apesar de não ser detectada estatisticamente ($p > 0,05$), de acordo com os dados apresentados na tabela 3. Segundo Moughan et al, (2014) a perda de nitrogênio endógeno é influenciada pelo tipo de alimento, pelo peso corporal, conteúdo e qualidade dos ingredientes da dieta, quantidade de fibra, consumo de matéria seca e presença de fatores antinutricionais (inibidor de tripsina, taninos e lectinas).

Observa-se que há aumento do valor do coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiros (CDiv) da metionina e da metionina+cistina do farelo de soja quando incluído 1000FTU de enzima, não diferindo da inclusão 500 FTU (Tabela 4). Entretanto, o coeficiente de digestibilidade dos demais aminoácidos não foram influenciados pela inclusão de fitase ($p > 0,05$). Para RUTHERFURD et al. (2004) e RAVINDRAN et al. (2001) a inclusão de fitase apresentou efeito significativo sobre o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos.

O coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos do milho + farelo de soja é maior para treonina quando utilizado 500 FTU ($p < 0,05$). Pode-se observar a redução do valor do coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro ($p < 0,05$) do ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, isoleucina, leucina, fenilalanina, serina, tirosina, valina e da proteína com aumento de inclusão de fitase para 1000FTU (Tabela 5).

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro da metionina, arginina e histidina do trigo+farelo de soja com a inclusão dos níveis crescentes de enzima. Entretanto, houve diferença ($p < 0,05$) no CDiv dos aminoácidos essenciais (lisina, treonina, metionina+cistina, isoleucina, fenilalanina e valina), assim como os não essenciais (cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, serina e tirosina) entre o tratamento sem enzima e com enzima, apesar de 500FTU e 1000 FTU de fitase serem semelhantes (Tabela 6).

A contribuição dos aminoácidos do farelo de soja quando adicionado de fitase (500 e 1000 FTU), observa-se maior eficiência para 500 FTU, especialmente na lisina, treonina, metionina, metionina+cistina e histidina (Tabela 7). A eficiência da liberação a partir de 500 FTU reduz, pela diminuição de substrato para a ação enzimática. Segundo Ravidran (2013), na presença de concentrações adequadas de enzima, a taxa de reação aumenta com o aumento da concentração do substrato até que volume máximo é

atingido. Isso acontece porque há mais substratos do que a enzima pode clivar. A medida que a quantidade de substrato diminui o acréscimo de enzima segue a lei dos rendimentos decrescentes, não aumentando linearmente com a inclusão de enzima.

No milho + farelo de soja, houve maior contribuição com o aumento da inclusão de fitase (1000 FTU), principalmente lisina, treonina, ácido aspartico, ácido glutâmico e glicina, como apresentado na Tabela 8. Para trigo + farelo de soja houve maior contribuição quando adicionado 500 FTU de fitase tanto para os aminoácidos essenciais quanto para os não essenciais, exceto para treonina, cistina, alanina, ácido aspártico e ácido glutâmico (Tabela 9).

A ausência de substrato não permite a liberação progressiva de aminoácidos, entretanto, os efeitos extrafosfóricos não se limita a liberação de fósforo ou digestibilidade de aminoácidos mas outros nutrientes e enzimas (Liu et al, 2009). A utilização do método contendo diferentes DIP deve ser melhor estudado pelos valores de perdas endógenas se alterarem com o aumento da inclusão enzimática, e assim evitar sub ou superestimativa os valores de contribuição da enzima fitase.

CONCLUSÃO

O coeficiente de digestibilidade ileal verdadeiro dos aminoácidos variam de acordo com os níveis de enzima fitase, sendo para farelo de soja, milho+farelo de soja e trigo +farelo de soja, respectivamente, 90,2%, 88,6% e 84,0% sem inclusão de enzima (0FTU); 91,3%, 88,7 e 88,3% com 500 FTU/kg; e 91,2%, 87,0% e 87,8% para 1000 FTU/Kg.

REFERÊNCIAS

- BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T.M.; et al. ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poultry Science*, v.81, p.485-494, 2002.
- BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poultry Science*, v.73, p.1441-1447, 1994.
- BEDFORD, M. R.; Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 1-13, 2000.
- DUSEL, G., Kluge, H., Jeroch, H. Xylanase supplementation of wheat-based rations for broilers: Influence of wheat characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 7: 119-131. 1998.
- KIDD, M.T.; GERARD, P.D.; HEGER, J. et al. Threonine and crude protein responses in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, v.94, p.57-64, 2001.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J. L-threonine for poultry: a review. *J. Appl. Poultry Res.*, v.5, p.358-367, 1996.
- MENG, X., Slominski, B.A., Nyachoti, C.M., Campbell, L.D., Guenter, W.; Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry Science*, 84: 37-47, 2005.
- MOUGHAN, P. J.; Ravindran, V. and Sorbara, J. O. B.. Dietary protein and amino acids—Consideration of the undigestible fraction. *Poultry Science* 93 :1–11. 2014.
- NAVES, L.P.; Metodologias para quantificar fitato e uso de fitases em rações para frangos de corte. 151p .Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.
- Ravindran, V.. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities *J Appl Poult Res* (2013) 22 (3): 628-636
- RAVINDRAN, V., CABAHUG, S., RAVINDRAN, G., BRYDEN, L. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. *Poult. Sci.*, 78:699-706
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283p, 2007.
- SEBASTIAN, S., TOUCHBURN, S.P., CHAVEZ, E.R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. *World's Poult. Sci. J.*, 54:27-47. 1998.

TABELAS

Tabela 1 – Composição de aminoácidos totais do farelo de soja e do milho na MN (%)

	FARELO DE SOJA	MILHO	TRIGO
Lisina	2,82	0,23	0,29
Treonina	1,83	0,3	0,31
Metionina	0,64	0,17	0,17
Cistina	0,52	0,14	0,2
Metionina + Cisteína	1,16	0,31	0,37
Alanina	2	0,67	0,38
Arginina	3,32	0,36	0,49
Ácido Aspártico	5,11	0,54	0,52
Ácido Glutâmico	8,47	1,66	3,45
Glicina	1,91	0,31	0,46
Histidina	1,2	0,25	0,25
Isoleucina	2,04	0,29	0,37
Leucina	3,49	1,08	0,73
Fenilalanina	2,41	0,45	0,51
Serina	2,34	0,41	0,5
Tirosina	1,79	0,29	0,3
Valina	2,14	0,41	0,46
Proteína	44,97	8,22	11,07
Total de AAs	43,19	7,86	9,77

Tabela 2 - Dietas experimentais dos tratamentos

TRATAMENTOS*	T1	T2	T3
FTU	0	500	1000
Açúcar	5,000	5,000	5,000
Óleo de soja	5,000	5,000	5,000
Fosfato bicálcico	2,100	1,397	1,186
Calcário	1,000	1,077	1,100
Sal	0,450	0,450	0,450
Sabugo de milho	4,000	4,000	4,000
Suplemento mineral ¹	0,110	0,110	0,110
Suplemento vitamínico ²	0,110	0,110	0,110
Cloreto de colina (60%)	0,200	0,200	0,200
BHT ³	0,010	0,010	0,010
Cinza insolúvel em Ácido (Celite™)	1,000	1,000	1,000
Fitase⁴	0,000	0,009	0,018
Amido	81,020	81,637	81,825
Total	100,000	100,000	100,000

¹ Fornecimento por kg de ração: Manganês – 70,0 mg; Ferro – 50,0 mg, Zinco – 65,0 mg; Cobre – 10,0 mg; Iodo – 1,0 mg, Selênio - 0,30 mg;

² Fornecimento por kg de ração: Vitamina A - 7500 IU, vitamina D3 - 1900 IU, vitamina E - 28 UI, K3 - 1,5 mg, vitamina B1 - 2,0 mg, vitamina B2 - 5,0 mg Vitamina B6 - 2,8 mg; Ácido nicotínico - 30 mg, pantotênico Ac - 10,0 mg;. vitamina B12 - 0.012 mg.; Biotina - 0.07mg; ácido Fólico - 0,07 mg;

³ Butylhydroxytoluene 99%;

⁴Fitase – AB Vista Quantum;

*O farelo de soja foi substituído 30% do amido, enquanto o trigo e o milho foram adicionados 50%;

*As dietas foram valorizadas com 0,13% e 0,143% Pdisp e Ca, respectivamente.

Tabela 3 – Valores médios de aminoácidos endógenos ileal (mg/g de consumo de matéria seca) determinado utilizando a DIP contendo 0, 500 e 1000 FTU de adição fitase.

Ingrediente	DIP			P VALUE	CV (%)
	0 FTU	500 FTU	1000 FTU		
Fitase *					
Lisina	0,018	0,025	0,024	0,237	18,60
Treonina	0,045	0,057	0,053	0,304	15,50
Metionina	0,010	0,018	0,016	0,137	25,28
Cistina	0,013	0,017	0,015	1,000	27,00
Metionina + Cistina	0,023	0,034	0,031	0,237	24,61
Alanina	0,024	0,042	0,041	0,224	33,55
Arginina	0,026	0,044	0,048	0,167	29,94
Ácido Aspártico	0,050	0,063	0,068	0,097	13,02
Ácido Glutâmico	0,055	0,071	0,071	0,255	16,94
Glicina	0,027	0,034	0,035	0,194	14,99
Histidina	0,010	0,013	0,015	0,122	15,96
Isoleucina	0,021	0,027	0,026	0,216	15,67
Leucina	0,033	0,043	0,041	0,221	15,11
Fenilalanina	0,021	0,026	0,024	0,261	14,11
Serina	0,036	0,045	0,041	0,365	15,71
Tirosina	0,018	0,023	0,020	0,344	16,70
Valina	0,028	0,035	0,035	0,271	16,17
Proteína	0,804	0,869	0,812	0,999	17,71
Total Aas	0,459	0,618	0,603	0,184	16,96

a,b – Médias com letras diferentes na mesma linha são significamente diferente pelo teste de SNK ($P < 0,05$); *Fitase – AB Vista Quantum; ** Coeficiente de variação

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade de aminoácidos do farelo de soja contendo 0, 500 e 1000 FTU de fitase para frangos de corte

INGREDIENTE	FARELO DE SOJA			P value	CV%**
	0 FTU	500 FTU	1000 FTU		
FITASE *					
Lisina	92,09	92,98	92,75	0,157	1,22
Treonina	88,07	88,24	88,16	0,108	1,61
Metionina	92,68B	97,34A	97,99A	0,032	2,39
Cistina	83,25	85,19	85,5	0,114	3,31
Metionina + cistina	88,1B	91,64A	89,82AB	0,048	2,13
Alanina	89,87	91,08	91,46	0,500	2,16
Arginina	92,7	93,82	94,15	0,618	2,49
Ácido aspártico	89,42	89,49	89,58	0,204	2,27
Ácido glutâmico	93,09	93,46	93,44	0,103	1,98
Glicina	86,73	86,99	86,84	0,104	1,99
Histidina	90,9	93,13	92,97	0,114	1,92
Isoleucina	90,65	91,27	91,55	0,130	1,26
Leucina	91,36	91,45	91,47	0,191	1,18
Fenilalanina	92,06	92,44	92,74	0,181	1,16
Serina	89,82	90,35	89,87	0,211	1,48
Tirosina	91,71	93	92,47	0,081	1,31
Valina	90,7	90,8	90,86	0,141	1,46
Proteína	90,27	90,29	90,43	0,151	1,37

a,b – Médias com letras diferentes na mesma linha são significamente diferente pelo teste de SNK ($P < 0,05$); *Fitase – AB Vista Quantum; ** Coeficiente de variação

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade de aminoácidos verdadeiros de milho + farelo de soja dietas contendo 0, 500 e 1000 FTU de fitase para frangos de corte

INGREDIENTE	MILHO E FARELO DE SOJA			P value	CV%**
	0 FTU	500 FTU	1000 FTU		
FITASE *					
Lisina	89,91	89,80	88,39	0,580	1,22
Treonina	84,83B	87,58A	84,96B	0,019	1,61
Metionina	92,66	91,50	90,73	0,318	2,39
Cistina	82,75	82,49	80,32	0,114	3,31
Metionina + cistina	87,74	87,02	85,45	0,162	2,13
Alanina	89,10	88,28	87,66	0,500	2,16
Arginina	89,92	91,20	90,23	0,618	2,49
Ácido aspártico	86,73A	87,31A	84,01B	0,020	2,27
Ácido glutâmico	91,28A	91,69A	90,01B	0,041	1,98
Glicina	84,55A	84,99A	82,24B	0,036	1,99
Histidina	90,22	90,39	88,80	0,114	1,92
Isoleucina	89,05AB	88,57AB	87,28B	0,012	1,26
Leucina	90,37A	89,96A	88,67B	0,023	1,18
Fenilalanina	90,52A	90,90A	89,01B	0,017	1,16
Serina	87,39AB	88,15AB	85,92B	0,008	1,48
Tirosina	90,57A	90,22A	88,83B	0,019	1,31
Valina	88,50A	87,96A	86,40B	0,006	1,46
Proteína	88,49A	89,25A	86,44B	0,005	1,37

A,B – Médias com letras diferentes na mesma linha são significamente diferente pelo teste de SNK (P<0,05); *Fitase – AB Vista Quantum; ** Coeficiente de variação.

Tabela 6 - Coeficientes de digestibilidade de aminoácidos verdadeiros de Trigo + farelo de soja dietas contendo 0, 500 e 1000 FTU de fitase para frangos de corte

INGREDIENTE	TRIGO E FARELO DE SOJA			P value	CV%**
	0 FTU	500 FTU	1000 FTU		
FITASE *					
Lisina	84,78B	88,54A	88,24A	0,006	1,22
Treonina	80,51B	85,74A	86,12A	0,001	1,61
Metionina	87,4	88,69	88,07	0,318	2,39
Cistina	79,32B	85,5A	87,59A	0,011	3,31
Metionina + cistina	83,22B	87,03A	86,62A	0,016	2,13
Alanina	82,03B	85,45A	84,96A	0,049	2,16
Arginina	83,46	89,41	87,23	0,161	2,49
Ácido aspártico	80,31B	85,04A	86,9A	0,020	2,27
Ácido glutâmico	90,23B	93,66A	93,92A	0,001	1,98
Glicina	79,17B	85,03A	85,01A	0,036	1,99
Histidina	84,76	88,69	86,2	0,114	1,92
Isoleucina	85,13B	89,3A	88,71A	0,013	1,26
Leucina	85,59B	89,66A	88,41A	0,001	1,18
Fenilalanina	86,81B	91,21A	89,43A	0,009	1,16
Serina	83,11B	88,45A	86,74A	0,008	1,48
Tirosina	86,83B	91,1A	89,3A	0,012	1,31
Valina	84,14B	88,36A	89,12A	0,006	1,46
Proteína	85,57B	88,17A	87,16A	0,041	1,37

A,B – Médias com letras diferentes na mesma linha são significamente diferente pelo teste de SNK (P<0,05); *Fitase – AB Vista Quantum; ** Coeficiente de variação.

Tabela 7 - Contribuição da fitase (FTU/Kg) na digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos do farelo de soja para frangos de corte (%)

FARELO DE SOJA						
AMINOÁCIDOS	TOTAL	0	500	1000	Contribuição da fitase	
					500	1000
Lisina	2,820	2,597	2,622	2,616	0,025	0,019
Treonina	1,830	1,612	1,615	1,613	0,003	0,002
Metionina	0,640	0,593	0,623	0,627	0,030	0,034
Cistina	0,520	0,433	0,443	0,445	0,010	0,012
Met + cis	1,160	1,022	1,063	1,042	0,041	0,020
Alanina	2,000	1,797	1,822	1,829	0,024	0,032
Arginina	3,320	3,078	3,115	3,126	0,037	0,048
Ácido aspártico	5,110	4,569	4,573	4,578	0,004	0,008
Ácido glutâmico	8,470	7,885	7,916	7,914	0,031	0,030
Glicina	1,910	1,657	1,662	1,659	0,005	0,002
Histidina	1,200	1,091	1,118	1,116	0,027	0,025
Isoleucina	2,040	1,849	1,862	1,868	0,013	0,018
Leucina	3,490	3,188	3,192	3,192	0,003	0,004
Fenilalanina	2,410	2,219	2,228	2,235	0,009	0,016
Serina	2,340	2,102	2,114	2,103	0,012	0,001
Tirosina	1,790	1,642	1,665	1,655	0,023	0,014
Valina	2,140	1,941	1,943	1,944	0,002	0,003
Proteína	44,970	40,594	40,603	40,666	0,009	0,072

Tabela 8 – Contribuição da fitase (FTU/Kg) na digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos do milho + farelo de soja para frangos de corte (%)

MILHO e FARELO DE SOJA						
AMINOÁCIDOS	TOTAL	0	500	1000	Contribuição da fitase	
					500	1000
Lisina	0,769	0,692	0,691	0,680	0,078	0,089
Treonina	0,558	0,474	0,489	0,474	0,069	0,084
Metionina	0,220	0,204	0,201	0,200	0,019	0,020
Cistina	0,183	0,151	0,151	0,147	0,032	0,036
Metionina + cistina	0,403	0,353	0,351	0,344	0,052	0,059
Alanina	0,746	0,665	0,659	0,654	0,087	0,092
Arginina	0,942	0,847	0,859	0,850	0,083	0,092
Ácido aspártico	1,445	1,253	1,262	1,214	0,183	0,231
Ácido glutâmico	2,694	2,459	2,470	2,425	0,224	0,269
Glicina	0,583	0,493	0,496	0,479	0,087	0,104
Histidina	0,389	0,351	0,352	0,345	0,037	0,044
Isoleucina	0,606	0,539	0,536	0,529	0,070	0,077
Leucina	1,270	1,147	1,142	1,126	0,128	0,144
Fenilalanina	0,756	0,684	0,687	0,673	0,069	0,083
Serina	0,726	0,635	0,640	0,624	0,086	0,102
Tirosina	0,544	0,492	0,490	0,483	0,054	0,061
Valina	0,678	0,600	0,596	0,586	0,082	0,092
Proteína	14,081	12,460	12,567	12,171	1,514	1,910

Tabela 9 – Contribuição da fitase (FTU/Kg) na digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos do trigo + farelo de soja para frangos de corte (%)

TRIGO e FARELO DE SOJA						
AMINOÁCIDOS	TOTAL	0	500	1000	Contribuição da fitase	
					500	1000
Lisina	1,805	1,530	1,598	1,593	0,068	0,062
Treonina	1,171	0,943	1,004	1,008	0,061	0,066
Metionina	0,410	0,358	0,364	0,361	0,005	0,003
Cistina	0,334	0,265	0,286	0,293	0,021	0,028
Metionina + cistina	0,744	0,619	0,648	0,644	0,028	0,025
Alanina	1,281	1,051	1,095	1,088	0,044	0,038
Arginina	2,124	1,773	1,899	1,853	0,126	0,080
Ácido aspártico	3,273	2,629	2,783	2,844	0,155	0,216
Ácido glutâmico	5,419	4,890	5,075	5,090	0,186	0,200
Glicina	1,223	0,968	1,040	1,040	0,072	0,071
Histidina	0,767	0,650	0,680	0,661	0,030	0,011
Isoleucina	1,307	1,113	1,167	1,159	0,055	0,047
Leucina	2,230	1,909	1,999	1,972	0,091	0,063
Fenilalanina	1,540	1,337	1,405	1,377	0,068	0,040
Serina	1,499	1,246	1,326	1,300	0,080	0,054
Tirosina	1,144	0,993	1,042	1,022	0,049	0,028
Valina	1,370	1,153	1,211	1,221	0,058	0,068
Proteína	15,221	13,025	13,420	13,267	0,396	0,242

Artigo 2 - Formatação de acordo com as normas da revista Poultry Science.

Artigo 2 - Relação ideal de treonina digestível:lisina digestível para frangos de corte suplementados com fitase

V. R. S. M. Barros*¹, L. F. T. Albino*, M. I. Hannas*, H. S. Rostagno*

*Animal Science Department, Viçosa Federal University, Brazil.

¹Correspondência do autor: victorsales@zootecnista.com.br

Secção específica: Metabolism and Nutrition

INTRODUÇÃO

A treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante, depois da metionina e da lisina, em rações à base de milho e de farelo de soja para frangos de corte. Alguns fatores como ingredientes, fatores antinutricionais, condições de manejo e alojamento (densidade, ciclo de cama, intervalo e carga patogênica), sexo, linhagem e idade das aves podem alterar o requerimento de treonina. A treonina é utilizada na síntese de proteínas e no turnover proteico, mas também é um nutriente fundamental para a formação de colágeno, elastina e de anticorpos.

A pressão pela redução do uso de antimicrobianos como melhoradores de desempenho por alguns países pode alterar a relação entre aminoácidos e lisina, especialmente a treonina. Em condições de baixo desafio sanitário a relação treonina:lisina digestível para frangos de corte na fase inicial recomendada varia de 56 a 67%, e as Tabelas Brasileiras sugerem uma relação de 65%. Entretanto, ainda não foi estabelecida a relação de aminoácidos em animais em desafio sanitário.

O aumento da atividade do sistema imunológico pela exposição das aves a ambientes com alta carga patogênica fazem a com que hajam a adaptações metabólicas e ativação de citocinas pro e anti-inflamatórias. Este ativação da resposta imune aumenta a proliferação de células de globet ou células caliceformes, imunoglobulinas e a secreção de mucina que é uma proteína constituinte de muco entérico e contém grandes quantidades de treonina na sua composição. Este aumento na necessidade desse aminoácido pelo intestino pode desviá-lo das rotas de deposição de carne, prejudicando o desempenho das aves (Oliveira Neto e Oliveira, 2009; Paez, 2004).

A maior necessidade de treonina é observada em aves criadas em ambientes com alto desafio sanitário e pode ser explicada pela maior exposição desses animais à carga patogênica, o que resulta no aumento da produção de muco (Rocha, 2010).

A suplementação enzimática em dietas à base de cereais para aves permite suprir as deficiências em enzimas endógenas para a melhor utilização dos alimentos, principalmente nas primeiras fases de vida. O fitato está naturalmente presente nas dietas de aves, e é um potente agente quelante de proteínas, aminoácidos, amido e enzimas (pepsina, tripsina e α -amilase). O fitato reduz a solubilidade e a digestibilidade pela formação de complexos insolúveis, e pode causar efeitos deletérios na mucosa intestinal e aumento da viscosidade da digesta (Dusel et al., 1998; Bedford, 2000; Meng et al., 2005). A utilização de fitase exógena nas dietas tem como objetivo não apenas reduzir a suplementação do fósforo inorgânico, mas também devido ao seu efeito “extrafosfórico” disponibilizar tanto energia quanto outros minerais e aminoácidos essenciais (metionina, lisina e treonina) e pela redução dos efeitos antinutricionais do fitato.

Dessa forma, objetivou-se determinar a relação ideal treonina digestível:lisina digestível (**Treo dig:Lis dig**), em dietas com ou sem adição de fitase para frangos de corte durante a fase inicial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Brasil, de acordo com as normas do Comitê de ética no uso de animais de produção (Protocolo 056/2013).

Animais e dietas

Foram utilizados 2.500 frangos de corte machos (Cobb 500), com um peso de 210 ± 5 g, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial aninhado com 10 tratamentos e 10 repetições com 25 aves por unidade experimental, durante o período experimental de 8 a 18 dias de idade. Os tratamentos foram dois níveis de fitase (sem e com fitase) x cinco relações **Treo dig. : Lis dig.** (58, 61, 64, 67 e 70%) (Tabela 1).

As rações foram fareladas e fornecidas "ad libitum", assim como, água durante os períodos experimentais. A composição das dietas calculadas estão apresentadas na Tabela 2. Todos os nutrientes e a energia metabolizável foram calculados de acordo com as Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2011), com exceção dos níveis de treonina e de lisina (Tabela 2).

A fitase utilizada foi AB Vista Quantum adicionados a 200 g/ton, o equivalente a 500 FTU/kg de ração para suprir 0,130% de fósforo disponível e 0,143% de Ca, sem considerar valorização de energia metabolizável e aminoácidos. Para evitar o excesso de lisina nas dietas experimentais, as diferentes relações Treo dig.:Lis dig foram calculadas considerando a exigência de lisina 1,00%.

Os animais foram alojados em galpão com 100 boxes com dimensões de $1,0 \times 1,5$ m. A identificação dos tratamentos e repetições foram exibidos na porta da cada unidade experimental.

Para simular condições de um aviário de produção e estimular o desafio microbiano, as aves foram criadas em cama de cepilho de madeira reutilizada por um lote anterior, como também os bebedores de água não foram limpos durante todo o período experimental.

O programa de luz, a temperatura e o manejo foram realizados de acordo com a recomendação do manual da linhagem (Cobb, 2012). A temperatura ambiente foi registrada diariamente por meio de três termômetros localizados em diferentes pontos do galpão, sendo a temperatura mínima de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e máxima $29 \pm 3^\circ\text{C}$.

Desempenho produtivo e Rendimento de carcaça

Todas as unidades experimentais foram verificadas diariamente para retirada de aves mortas. Em caso de morte, o número do tratamento, repetição, peso corporal da ave e o peso do comedouro foram registradas para posterior correção de consumo de ração e da conversão alimentar.

No 18º dia o peso das aves e da sobra de ração foram registrados para proceder a análise dos dados em seguida. Os parâmetros avaliados foram o ganho de peso (**GP**), consumo de ração (**CR**), peso final (**PF**) e conversão alimentar (**CA**).

No 19º dia, quatro aves foram selecionadas em relação ao peso médio da unidade experimental (40 aves/ tratamento) e sacrificadas de acordo com as normas do Comitê de ética no uso de animais de produção para avaliação dos pesos absolutos (g) e relativos (%) de carcaça: Peso ao abate (**PA**), peso de peito com osso e filé de peito (peito desossado). A tíbia da pata esquerda foi retirada para análise de cálcio, fósforo, cinzas seguindo a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

Análise estatística

Os dados experimentais foram analisados por análise de regressão linear ($p < 0,05$) utilizando SAEG (Sistema para Análises estatísticas). As análises foram realizadas utilizando uma análise de regressão com cinco relações **Treo dig. : Lis dig** dentro de cada nível de fitase (sem e com). Equações de regressão linear (**L**) ou quadrática (**Q**) foram obtidas para cada variável estudada, 95% da resposta quadrática (**95% Q**), assim como o procedimento de mínimos quadrados (**LRP**). A escolha entre as equações linear e quadrática foi feita levando-se em consideração os dados com maior coeficiente de determinação (r^2). Quando a mesma variável apresentou tanto quadrática, 95% da quadrática e broken line, valores médios foram calculados para definir a melhor relação Treo dig:Lis dig, evitando superestimar ou subestimar os níveis ideais.

RESULTADOS

Não houve interação entre os níveis de treonina e a inclusão de fitase nos parâmetros de desempenho ($p>0,05$). Não houve efeito da suplementação de fitase sobre a conversão alimentar ($P>0,05$), entretanto houve efeito significativo ($P<0,05$) da inclusão da fitase sobre o consumo de ração, ganho de peso e peso final das aves (Tabela 3). O fitato pode interferir nos resultados de desempenho produtivo das aves, uma vez que, é capaz de se ligar as proteases endógenas, tais como tripsina e quimiotripsina no trato gastrointestinal (Singh and Krikorian, 1982), e esses complexos podem inibir a atividade dessas enzimas, com um decréscimo subsequente da digestibilidade de proteína e aminoácidos (Liu et al., 2009).

As diferentes relações treonina digestível:lisina digestível e a inclusão de fitase na dieta influenciaram ($P<0,05$) o peso final, consumo de ração e ganho de peso de forma quadrática, tendo o máximo ganho de peso na relação de Treo dig. : Lis dig de 64,79% e 64,23% sem e com fitase, respectivamente (Figura 1 e 2). O peso final aos 18 dias de idade teve a melhor relação treo dig:lisdig, sem e com fitase de 64,66 e 64,14%, enquanto para o consumo de ração a relação foi de 64,43 e 65,39% para as aves que receberam as dietas com e sem fitase respectivamente.

Aplicando o limite de confiança de 95% para a resposta da equação quadrática do ganho de peso, encontrou-se a relação ótima de 61,55 e de 61,02%, sem e com fitase respectivamente, mostrando que a inclusão da fitase pode, tanto reduzir a relação treo dig:lis dig, por minimizar os efeitos antinutricionais do fitato, assim tornando mais disponíveis aminoácidos, como a treonina que compõe a mucina (em torno de 16% da sua composição) e que aumenta sua exigência quando as aves são submetidos ao desafio sanitário, alterando a relação treo dig:lis dig.

Avaliando os dados de desempenho, utilizando o modelo LRP, observa-se que as relações treo dig:lis dig sem a adição de fitase é de 66,81%, de 63,69% e de 63,58%, respectivamente para o consumo de ração, o ganho de peso e o peso final das aves aos 18 dias. Enquanto que, para as aves que receberam as diferentes relações com fitase na dieta apresentaram o ponto de máxima para o consumo de ração, ganho de peso e peso final das aves com as relações Treo dig.: Lis dig foram de 65,90%, 63,54% e 63,48%.

Não houve interação ($p>0,05$) entre os níveis de treonina e inclusão de fitase para os parâmetros de carcaça, entretanto os valores das médias dos parâmetros de rendimento de cortes foram maiores ($P<0,05$) nas aves que receberam a adição de fitase nas dietas. Avaliando o efeito das relações dentro das inclusões de fitase, foi observado efeito quadrático ($P<0,05$) das relações Treo dig:Lis dig para o peso absoluto do peito e para o filé de peito nas aves sem suplementação de fitase, com relações ótimas de 65,33 e 65,19% respectivamente. Com suplementação de fitase apenas o filé de peito apresentou efeito quadrático, sendo a relação ótima de 63,94% (figura 3 e

4). Aplicando-se o limite de confiança de 95% para a resposta quadrática do peso absoluto do peito foi 62,06% sem fitase e para o filé de peito, observou-se a relação ótima de 61,94% sem fitase e de 60,67% com fitase na dieta.

Utilizando o modelo LRP observa-se a melhor relação Treo dig:Lis dig, o valor de 65,62% o peso absoluto do peito e 65,45% para o filé de peito de frangos com dietas sem suplementação e de 63,35% para o filé de peito com suplementação de fitase. Os animais em desafio sanitário têm exigência de treonina acima da exigência para o crescimento, uma vez que, há aumento da demanda de nutrientes para manutenção da saúde intestinal, havendo a necessidade do ajuste nutricional (Faure et al., 2006).

Avaliando parâmetros ósseos dos frangos aos 19 dias de idade, observa-se efeito linear ($p < 0,05$) apenas sobre a resitência óssea das aves que receberam diferentes relações Treo dig. : Lis dig sem a inclusão de enzima (Tabela 5 e Figura 5). Os valores médios da resistência óssea e o percentual de fósforo da matéria seca das tíbias do grupo de aves que receberam dietas com fitase foram maiores do que as aves sem a inclusão de enzima fitase. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre o percentual de cálcio e de cinzas das tíbias entre os grupos de aves estudados. Lelis et al (2010), não encontraram diferença significativa para a porcentagem de cinzas na tíbia das aves com inclusão de fitase. Entretanto, outros autores observaram aumento no percentual de cinzas ósseas das tíbias de frangos com a suplementação de fitase (Broz et al., 1994; Sebastian et al., 1996; Ahmad et al., 2000; Lan et al., 2002) .

DISCUSSÃO

Segundo Baker et al. (2002), a complexidade de estabelecer relações entre aminoácidos está relacionado, tanto com as variáveis resposta estudadas (ganho de peso, conversão alimentar, parâmetros de carcaça), quanto os modelos estatísticas aplicados para esta determinação. A equação linear (efeito quadrático) tem a tendência de superestimar as relações, o que pode representar prejuízos e aumentar a excreção de nitrogênio pelas aves, enquanto que o LRP tende a subestimar os valores ideais, podendo reduzir o desempenho animal. Baker et al. (2002) utilizaram a quadrática com o plateau e demonstraram que esta combinação de modelos seria uma possibilidade na determinação das relações de aminoácidos, uma vez que os valores obtidos foram próximos ao limite de confiança de 90% dos valores obtidos pela quadrática, embora a maioria dos pesquisadores adotem 95% da quadrática (Sakomura & Rostagno, 2007).

Wecke and Liebert (2013) observaram relação inferior (60%) para a fase inicial de 6 a 20 dias de idade. Valores semelhantes foram encontrados por Boorman and Burgess (1986), Austic (1994), Mack et al. (1999) e Coon (2004). Relação Treo dig:Lis dig ainda menores (56%, 57%

ou 59%) foram encontradas por Baker et al. (2002), Mack et al. (1999) e Everett et al. (2010) respectivamente. Leclercq (1998) observou relações treonina:lisina entre 59 e 62% para ganho de peso, conversão alimentar e o percentual de carne de peito. Resultados inferiores entre a relação de Treonina: Lisina aos encontrados neste estudo foram observados possivelmente pelo fato das aves estarem em ambiente com baixo desafio sanitário.

Star et al. (2012) induzindo infecção subclínica com cepas de *Eimeria maxima* e *Clostridium perfringens*, aos dias 9 e 14 dias de idade, verificaram alteração da exigência de treonina em frangos de corte machos, no período de 9 a 20 dias e de 9 a 27 dias de idade. Estes autores observaram que a integridade intestinal (incidência da lesão, assim como a gravidade da lesão) não foram influenciadas pela relação treonina:lisina, entretanto houve aumento nas relações para o ganho de peso e consumo de ração. Estes resultados confirmam a maior necessidade de treonina em casos de desafio, e isto pode alterar a relação Treonina:Lisina.

Mehri et al. (2012), avaliando as relações entre treonina e lisina em frangos de 3 a 16 dias de idade, observaram que para o máximo ganho de peso, as aves receberam relação treonina:lisina de 70%, enquanto para conversão alimentar 66%. A diferença de idade pode interferir no consumo de ração e conseqüentemente o consumo de treonina. Desta forma, o período de avaliação deve ser levado em consideração pois com aumento da capacidade de ingestão de ração, pode alterar o requerimento ideal deste aminoácido e sua relação. Foi observado neste estudo que aves entre 8 e 18 dias os valores de relação Treonina:Lisina que proporciona o maior ganho de peso é em média 63%.

Leclercq (1998) relatou que as relações foram entre 63 e 65%, de acordo com o modelo LRP. Foi observado nos resultados semelhantes nesta pesquisa valores médios de relações Treonina:Lisina utilizando o LRP entre 64% a 65%. Valores consideravelmente mais elevados (66 a 74%) foram obtidos em outros estudos (Weibel et al., 1996; Everett et al., 2010; Mejia et al., 2012). Brito et al. (2013) determinaram a exigência de treonina digestível de frangos de corte (Ross 508), na fase de 8 a 21 dias de idade e observaram valores de treonina digestível para pintos de corte é 0,67% e 0,71%, pelo modelo Broken Line e regressão linear (efeito quadrático), respectivamente.

Meloche et al. (2013) avaliando a relação treonina digestível/lisina para pintos de corte machos de 1 a 14 dias de idade, com dietas com o nível de lisina de 1,13% as relações Treonina: Lisina variou entre 55 a 76%. Na análise pelo modelo LRP, a relação ótima de Treonina: Lisina foi de 70% para o ganho de peso e 68% e conversão alimentar e concluindo que a melhor relação é de 68%. Jiang et al. (2014) relataram que a relação, dependendo da fase dos frangos de

corte pode variar de 51,2 a 80,6% , a melhor relação foi observada para ganho de peso e para conversão alimentar, para aves de 21 a 35 dias, foi de 68 e de 67%, respectivamente.

Os resultados de desempenho contribuem para explicar, em parte, os resultados das exigências de aminoácidos das aves e suas relações, entretanto, é importante a avaliação dos parâmetros de carcaça dos frangos de corte. Segundo Pencharz e Ball (2003), a metodologia utilizada para determinação dos níveis ideais de aminoácidos e suas relação pode ser pelo método da retenção de nitrogênio (crescimento), onde pode ser verificado pelos parâmetros de desenvolvimento muscular dos animais, que respondem linearmente à inclusão da fonte de aminoácidos até atingir a exigência. A partir deste ponto não há resposta significativa sobre o crescimento com o aumento da dose. De acordo com Oliveira Neto and Oliveira (2009), os valores absolutos e percentuais do peito de frangos de corte reduzem gradativamente quando não é atendida a relação ótima baseada no conceito de proteína ideal. Por outro lado, a indústria avícola busca, informações que resultem em maior rendimento de carcaça e de cortes nobres em frangos de corte, especialmente de carne de peito. Por isso, determinar a relação ideal entre os aminoácido e lisina é fundamental na produção avícola.

O aumento na relação Treo dig:Lis dig também pode está relacionado a maior atividade imunológica intestinal que aumenta proliferação de células de defesa, assim como a secreção de mucinas, que é rica em treonina. O aumento da utilização desse aminoácido pelo intestino pode desviá-lo das rotas de deposição de carne, prejudicando o desempenho das aves (Oliveira Neto e Oliveira, 2009). O desempenho produtivo e os parâmetros de carcaça de frangos de corte foram melhorados mediante a adição de fitase na dieta, provavelmente devido ao "efeito extra-fósforo" (energia metabolizável e nutrientes).

Para frangos de corte, durante a fase inicial, a relação treonina digestível:lisina digestível variou de 63,22 a 64,77% e de 62,65 a 63,85% para dietas sem e com suplementação de fitase, respectivamente. A redução da proporção da relação treonina digestiva:lisina digestível de 0,90% (64,0-63,1%), devido à utilização de 500 FTU/kg, correspondendo a 0,009% treonina digestível na dieta experimental contendo 1,00% de lisina digestível.

A treonina participa, além da formação da proteína e na manutenção do *turnover* protéico corporal, auxiliar na formação do colágeno e da elastina (Umigi et al, 2007). Tanto a matriz orgânica quanto a inorgânica tem função importante no tecido ósseo e, segundo Viguet-Carrin at (2006), a presença de uma matriz mineralizada confere rigidez ao tecido ósseo e as fibras colágenas proporcionam ductilidade e dureza, conferindo a este tecido importante resistência a impactos mecânicos. Diversos estudos demonstram que a qualidade da matriz colagenosa é essencial para manter a integridade do tecido ósseo (Santin, 2014). Desta forma o aumento da

relação Treo dig:Lis dig pode ter auxiliado a síntese de proteínas que conferem maior resitência da matriz óssea. Na Tabela 6 estão apresentados os resumos das relações treonina:lisina digestível para os diferentes parâmetros analisados.

CONCLUSÕES

Para melhor desempenho produtivo e parâmetros de carcaça, a relação Treo dig: Lis dig média encontrada, utilizando diferentes modelos é de 64,0% em dietas não suplentadas com fitase e de 63,1% em dieta suplementadas com fitase.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, T.; RASOOL, S.; SARWAR, M. et al. Effect of microbial phytase produced from a fungus *aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v.83, p.103-114, 2000.
- AUSTIC, R.E. Update on amino acid requirements and ratios for broiler. In *Proceedings of Maryland Nutrition Conference*, College Park, MD, USA, 24–25 March; pp. 114–120. 1994
- BAKER, D.H.; Batal, A.B.; Parr, T.M.; Augspurger, N.R.; Parsons, C.M. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poult. Sci.*, 81, 485–494. 2002
- BEDFORD, M. R.; Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 1-13, 2000.
- BOORMAN, K.N.; Burgess, A.D. Responses to amino acids. In *Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research*; Fisher, C., Boorman, K.N., Eds.; Butterworths: London, UK; pp. 99–123., 1986.
- BRITO, A., J.H. Stringhini, R.M.J. Filho, S.A.G. Xavier, M.B. Café and N.S.M. Leandro. 2013. Protein and Digestible Threonine Levels in Pre Starter Diets for Broiler Chicks. *Int. Journal of Poultry Science* 12 (7):406-410.
- BROZ, J.; OLDALE, P.; PERRIN-VOLTZ, A.H. et al. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. *British Poultry Science*, v.35, p.273-280, 1994.
- COBB –VANTRESS BRASIL. Manual de manejo de frangos de corte COBB. Guia De Manejo. São Paulo. 70 p. 2012.
- COON, C. The Ideal Amino Acid Requirements and Profile for Broilers Layers, and Broiler Breeders; American Soybean Association: Brussels, Belgium, 2004.
- DUSEL, G., Kluge, H., Jeroch, H., 1998. Xylanase supplementation of wheat-based rations for broilers: Influence of wheat characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 7: 119-131.
- EVERETT, D.L.; Corzo, A.; Dozier, W.A., III; Tillman, P.B.; Kidd, M.T. Lysine and threonine responses in Ross TP16 male broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, 19, 321–326. 2010.
- FAURE, M. et al. 2006. Specific amino acids increase mucin synthesis and microbiota in dextran sulfate sodium-treated rats. *J Nutr* 136: 1558-1564.
- FAURE, M; MOENNOZ, D.; MONTIGON, F. et al. Dietary threonine restriction specifically reduces intestinal mucin synthesis in rats. *J. Nutrition*, v.135, p.486- 491, 2005.
- JIANG, Z, W.A. Dozier and P.B. Tillman. 2014. Digestible Thr to Lys ratio of male broilers from 21 to 35 days of age. *International Poultry Scientific Forum*, Atlanta, GA, January. *Metabolism & Nutrition VI Abstract and Oral presentation T138*.
- LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*, v.81, n.10, p.1522-1532, 2002.

- LECLERCQ, B. Specific effects of lysine on broiler production: Comparison with threonine and valine. *Poult. Sci.*, 77, 118–123. 1998
- LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, C.R. et al. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.8, p.1768-1773, 2010.
- LIU, N., Y. J. Ru, F. D. Li, J. Wang, and X. Lei. Effect of dietary phytate and phytase on proteolytic digestion and growth regulation of broilers. *Arch. Anim. Nutr.* 63:292–303. 2009.
- MACK, S.; Becovici, D.; De Groote, G.; Leclercq, B.; Lippens, M.; Pack, M.; Schutte, J.B.; Cauwenberghe, S. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20–40 days age. *Br. Poult. Sci.*, 40, 257–265. 1999.
- MEHRI, A., A. Davarpanah and H.R. Mirzaei. 2012. Estimation of ideal ratios of methionine and threonine to lysine in starting broiler chicks using response surface methodology. *Poultry Science* 91:771-777.
- MEJIA, L.; Tillman, P.B.; Zumwalt, C.D.; Corzo, A. Assessment of the threonine-to-lysine ratio of male broilers from 35 to 49 days of age. *J. Appl. Poult. Res.*, 21, 235–242. 2012
- MELOCHE, K.J., P.B. Tillman and W.A. Dozier III. 2013. Growth performance of male broilers fed diets varying in digestible threonine from 1 to 14 days of age. *International Poultry Scientific Forum*, Atlanta, GA, January. *Metabolism & Nutrition I Abstract and Oral presentation M27*.
- MENG, X., Slominski, B.A., Nyachoti, C.M., Campbell, L.D., Guenter, W.; Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry Science*, 84: 37-47, 2005.
- NAVES, L.P.; Metodologias para quantificar fitato e uso de fitases em rações para frangos de corte. 151p .Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.
- OLIVEIRA NETO, A.R., OLIVEIRA, W.P. Aminoácidos para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.205 – 208, 2009.
- PÁEZ, L.E.B. Relação treonina:lisina em rações de alta e de baixa digestibilidade para frangos de corte, criados em ambiente limpo e sujo. 82p.Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2004.
- RAVINDRAN, V., CABAHUG, S., RAVINDRAN, G., BRYDEN, L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. *Poult. Sci.*, 78:699-706.1999.
- ROCHA, T. C.; Relação Treonina:Lisina em Rações para Poedeiras Leves no Período de Produção. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Vicosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011.

SAEG-Sistemadeanálisesestatísticasegenéticas.Versão 8.0. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV; Viçosa, MG; 2000.

SANTIN, S.P. AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA E BIOMECÂNICA DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA EM OSSO HUMANO LIOFILIZADO OU CONGELADO. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Tecnologia Nuclear) – Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo,2014.

SEBASTIAN, S., TOUCHBURN, S.P., CHAVEZ, E.R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. *World's Poult. Sci. J.*, 54:27-47. 1998.

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

SINGH, M.; KRIKORIAN, A.D. Inhibition of trypsin activity by phytate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.30, p.799-800, 1982.

STAR, L., M. Rovers, E. Corrent and J.D. van der Klis. 2012. Threonine requirement of broiler chickens during subclinical intestinal *Clostridium* infection. *Poultry Science* 91 : 643-652

UMIGI, R.T.; Barreto, S.L.T.; Donzele, J. L.; Reis, R. S.; Sousa, M.F.; Leite, C.D.S. Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postural. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.6, p.1868-1874, 2007 .

VIGUET-CARRIN S., P. Garnero, and P.D. Delmas. 2005. The role of collagen in bone strength. *Osteoporosis Int* 17:319–336.

WEBEL, D.M.; Fernandez, S.R.; Parsons, C.M.; Baker, D.H. Digestible threonine requirement of broiler chickens during the period three and six to eight weeks posthatching. *Poult. Sci.*, 75, 1253–1257. 1996

WECKE, C. e Liebert, F. Improving the Reliability of Optimal In-Feed Amino Acid Ratios Based on Individual Amino Acid Efficiency Data from N Balance Studies in Growing Chicken. *Animals*, 3, 558-573; 2013

TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no período de 08 a 18 dias de idade

Tratamento	Relação Treo dig: Lis Dig (%)	Treo / Dig Lis (%)	Repetições	Aves por rep.	Aves por tratamento
Sem Fitase					
1	58	0,58 / 1,00	10	25	250
2	61	0,61 / 1,00	10	25	250
3	64	0,64 / 1,00	10	25	250
4	67	0,67 / 1,00	10	25	250
5	70	0,70 / 1,00	10	25	250
Com Fitase (500 FTU)					
6	58	0,58 / 1,00	10	25	250
7	61	0,61 / 1,00	10	25	250
8	64	0,64 / 1,00	10	25	250
9	67	0,67 / 1,00	10	25	250
10	70	0,70 / 1,00	10	25	250

Tabela 2 – Composição das dietas experimentais de pintos de corte de 08 a 18 dias

Ingredientes	58%	61%	64%	67%	70%	58%	61%	64%	67%	70%
	Sem Fitase					Com Fitase				
Milho	33,875	33,875	33,875	33,875	33,875	33,875	33,875	33,875	33,875	33,875
Farelo de soja (46%)	26,340	26,340	26,340	26,340	26,340	26,340	26,340	26,340	26,340	26,340
Sorgo baixo tanino	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Óleo de soja	2,590	2,590	2,590	2,590	2,590	2,590	2,590	2,590	2,590	2,590
Fosfato bicálcico	1,453	1,453	1,453	1,453	1,453	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
Calcário	0,933	0,933	0,933	0,933	0,933	1,010	1,010	1,010	1,010	1,010
Areia lavada	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726
Sal	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
DL-Metionina (99%)	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
L-Lisina HCl (79%)	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265	0,265
L-Valina (99%)	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
L-Arginina (98%)	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
L-Isoleucina (99%)	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Cloreto de colina (60%)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplento vitamínico ¹	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento mineral ²	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Salinomicina (12%)	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
L-Alanina	2,487	2,487	2,487	2,487	2,487	2,487	2,487	2,487	2,487	2,487
L-Treonina (98%)	0,000	0,030	0,060	0,090	0,120	0,000	0,030	0,060	0,090	0,120
Fitase Quantum	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Amido	0,703	0,673	0,643	0,613	0,583	0,683	0,653	0,623	0,593	0,563
TOTAL	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

¹ Fornecimento por kg de ração: Manganês - 70 mg; Ferro - 50 mg, Zinco - 65 mg; Cobre - 10 mg; Iodo - 1 mg, Selênio - 0,30 mg.

² Fornecimento por kg de ração: Vitamina A - 7500 IU, vitamina D3 - 1900 IU, vitamina E - 28 UI, K3 - 1,5 mg, vitamina B1 - 2,0 mg, vitamina B2 - 5,0 mg Vitamina B6 - 2,8 mg; Ácido nicotínico - 30 mg, pantotênico Ac - 10,0 mg; vitamina B12 - 0.012 mg; Biotina - 0.07mg; ácido Fólico - 0,07 mg,

³ Butilhidroxitolueno 99%.

** L-alanina foi incluída para aumentar a proteína bruta a 21%; L-Treonina e fitase substituído a mesma quantidade de amido nas dietas; Quantum fitase, 200 g / ton, 500 FTU / kg de ração, foi considerada a fornecer 0,13 e 0,143% Pav e Ca, respectivamente (sem AA ou contribuição ME).

Tabela 2 – Composição nutricional das dietas experimentais de pintos de corte de 08 a 18 dias

Nutrientes	58%	61%	64%	67%	70%	58%	61%	64%	67%	70%
	Sem Fitase					Com Fitase				
Lisina dig., %	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Treonina dig., %	0,580	0,610	0,640	0,670	0,700	0,580	0,610	0,640	0,670	0,700
Ca, %	0,790	0,790	0,790	0,790	0,790	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647
Pdisponível %	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241
Proteína Bruta %	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
Energia Metab., kcal/kg	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050
Na, %	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
Met. + Cis. dig., %	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
Triptofano dig., %	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Arginina dig., %	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082	1,082
Valina dig., %	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808

Tabela 3 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e peso final (PF) de frangos de corte de 8 a 18 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações Treo dig. : Lis dig com ou sem adição de fitase

Tratamento	FITASE	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA (g/g)	PF (g/ave)
58%	SEM	620,2	388,3	1,599	594,0
61%		650,3	409,5	1,589	615,8
64%		646,2	410,3	1,576	615,0
67%		644,2	407,6	1,581	612,1
70%		643,2	400,5	1,607	605,2
MÉDIA*		640,82 B	403,24 B	1,590 A	608,42 B
ANOVA	L	0,012	0,524	0,107	0,105
	Q	0,001	0,001	0,153	0,004
58%	COM	644,8	411,1	1,569	615,9
61%		662,0	429,9	1,541	636,9
64%		666,7	433,5	1,538	639,3
67%		655,0	422,6	1,554	627,4
70%		653,8	418,2	1,564	622,9
MÉDIA *		656,46 A	423,06 A	1,553 B	628,48 A
ANOVA	L	0,134	0,062	0,153	0,046
	Q	0,004	0,001	0,124	0,001
Treonina x Fitase		0,883	0,466	0,134	0,484
Sem x Com		0,018	0,021	0,043	0,048
CV %		2,37	2,78	3,31	1,85

* A, B - Médias com letras diferentes em uma coluna são significativamente diferentes pelo análise de variância (P<0,01); Sem fitase: CR = - 1388.1+ 62.346x -0.4767x² (R²0,74); GP= - 1587.7+ 61.73x - 0.4764x²(R² 0,91); PF= - 1359.3 + 61.129x-0.4727x² (R²=0,872); Com fitase: CR = - 1093.3 + 54.551x -0.4233x² (R²0,76); GP= - 1566.6+ 62.222x-0.4843x² (R² 0,84); PF= - 1490.6 + 66.363x - 0.5173x² (R² 0,81).

Tabela 4. Peso de abate (PA), peso do peito (g), filé do peito (g), rendimento de peito (%) e rendimento do filé de frangos de corte de 19 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações Treo dig. : Lis dig, com ou sem adição de fitase

TRATAMENTO	FITASE	PA (g/ave)	Peito (g/ave)	Filé de Peito (g/ave)	Rend de Peito (%)	Rend de Filé (%)
58%	SEM	629	116,0	90,6	18,45	14,40
61%		647	120,4	93,9	18,60	14,51
64%		678	127,2	99,2	18,76	14,63
67%		662	124,2	96,6	18,77	14,59
70%		650	121,7	94,5	18,72	14,55
MÉDIA ¹		653,2 B	121,9 B	94,96 B	18,66 A	14,54A
ANOVA	L	0,001	0,002	0,006	0,284	0,345
	Q	0,001	0,001	0,001	0,221	0,294
58%	COM	668	126,5	98,6	18,94	14,75
61%		676	129,0	101,3	19,07	14,99
64%		678	128,6	101,3	18,96	14,94
67%		677	127,6	100,3	18,85	14,81
70%		674	126,3	98,9	18,74	14,68
MÉDIA ¹		674,6 A	127,6 A	100,08 A	18,91 A	14,83 A
ANOVA	L	0,184	0,114	0,157	0,189	0,265
	Q	0,149	0,157	0,043	0,201	0,191
Treonina x Fitase		0,058	0,068	0,733	0,560	0,334
Sem x Com		0,025	0,008	0,037	0,085	0,013
CV %		2,20	3,82	3,86	3,44	3,42

* A, B - Médias com letras diferentes em uma coluna são significativamente diferentes pelo análise de variância (P<0,01); Sem fitase: Peito=- 674.79 + 24.501x -0.1875x² (R²=0,89); Filé de peito=- 532.88 + 19.35x -0.1484x² (R²=0,88); Com fitase: Filé de peito = -196.19 + 9.3098x -0.0728x²(R²=0,92).

Tabela 5. Resistência óssea (RO), percentual de cálcio (Ca), percentual de fósforo (P), percentual de cinzas (MM) com base na matéria seca de frangos de corte de 19 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações Treo dig. : Lis dig, com ou sem adição de fitase

Tratamento	FITASE	Resistência óssea (KgF)	Cálcio (%MS)	Fósforo (%MS)	Cinza (%MS)
58%	SEM	8,61	22,48	10,90	53,72
61%		8,73	22,49	10,82	53,51
64%		9,29	22,57	10,74	53,58
67%		9,20	22,60	10,74	54,06
70%		9,37	22,58	10,63	54,24
MÉDIA ¹		9,00B	22,54A	10,77B	53,82A
ANOVA	L	0,045	0,329	0,248	0,135
	Q	0,149	0,521	0,214	0,141
58%	COM	9,67	22,54	10,90	54,58
61%		9,64	22,54	11,22	53,80
64%		10,42	22,51	11,22	54,11
67%		10,39	22,58	10,87	53,97
70%		9,93	22,44	10,80	54,37
MÉDIA ¹		10,01A	22,52A	11,00A	54,16A
ANOVA	L	0,089	0,459	0,183	0,417
	Q	0,072	0,386	0,221	0,383
Treonina x Fitase		0,2175	0,457	0,135	0,255
Sem x Com		0,033	0,134	0,028	0,186
CV %		7,92	2,57	7,67	3,73

* A, B - Médias com letras diferentes em uma coluna são significativamente diferentes pelo análise de variância;

Sem fitase: RO = - 46,758+ 173,95x-132,62x² R² = 0,63; Ca= 17,944+ 13,432x -9,7178x² R² = 0,86; P = 18,826 - 24,541x + 18,73x² R² = 0,43; MM = 117,32 - 197,37x + 153,53x² R² = 0,6896; Com fitase:RO= - 5,5352+ 39,595x-26,27x² R² = 0,74; Ca= 17,041 + 17,746x-14,286x² R² = 0,44; P=- 30,812 + 134,51x-107,76x² R² = 0,80; MM = 105,95- 167,67x + 133,9x² R² = 0,91;

Tabela 6 - Resumo das relações Treo dig. : Lis dig (%) para frangos de corte na fase inicial (8 a 18 dias de idade) alimentados com dietas sem ou com fitase

Sem Fitase				
	Q	95% Q	LRP	Média
Consumo de ração	65,39	62,12	66,81	64,77
Ganho de peso	64,79	61,55	63,69	63,34
Peso final	64,66	61,42	63,58	63,22
Peso do peito (com osso)	65,33	62,06	65,62	64,34
Peso filé do peito (sem osso)	65,19	61,94	65,45	64,19
Média	65,07	61,82	65,03	63,97
Com fitase				
	Q	95% Q	LRP	Média
Consumo de ração	64,43	61,21	65,90	63,85
Ganho de peso	64,23	61,02	63,54	62,93
Peso final	64,14	60,93	63,48	62,85
Peso filé do peito (sem osso)	63,94	60,67	63,35	62,65
Média	64,19	60,96	64,07	63,07

Q: Equação quadrática; 95% Q: 95 % Equação quadrática; LRP: Linear response plateau.

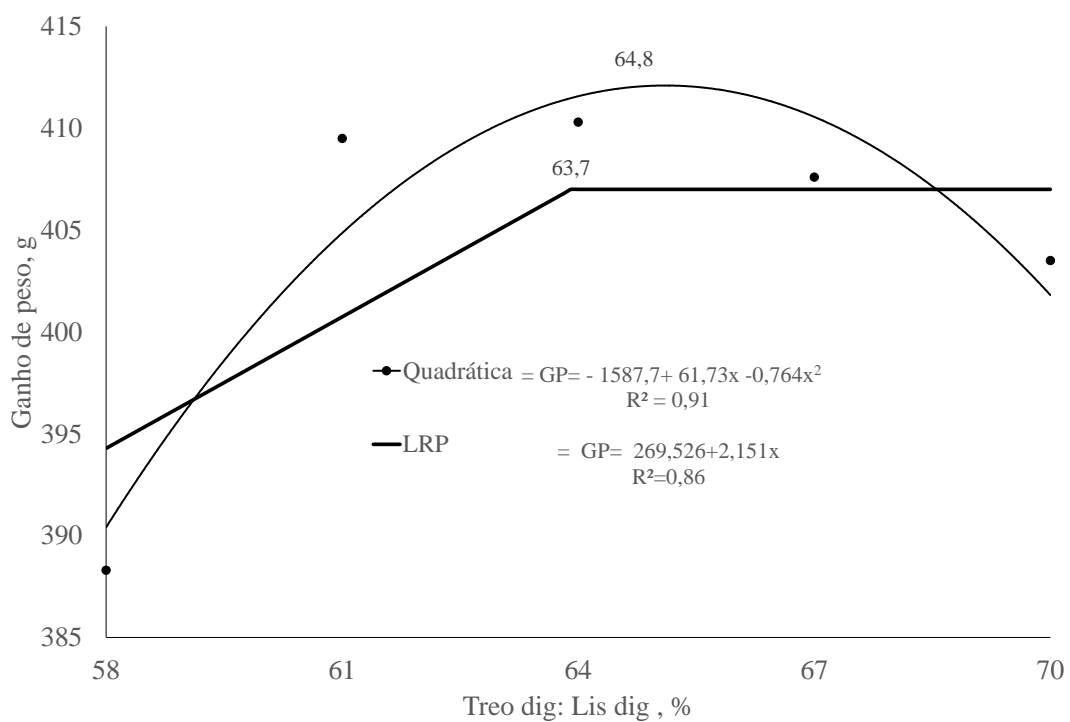


Figura 1. Efeito da relação Treo dig: lis dig sem inclusão de fitase na ração sobre o ganho de peso (g/ave) de frangos de corte de 8 a 18 dias de idade.

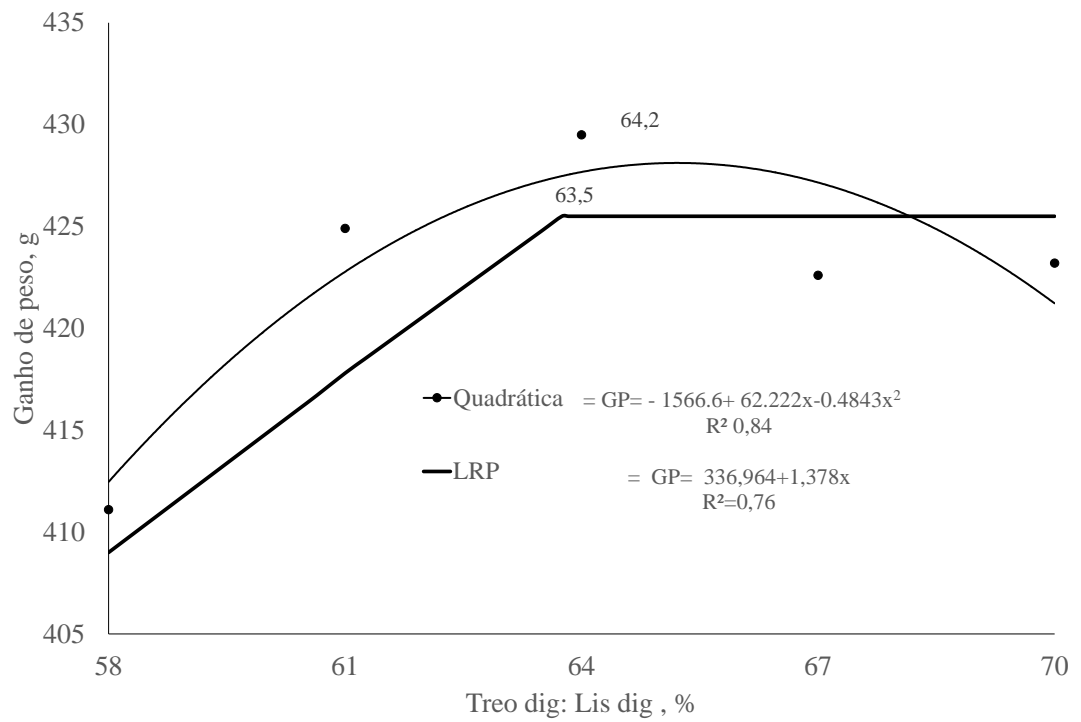


Figura 2. Efeito da relação Treo dig: lis dig com inclusão de fitase na ração sobre o ganho de peso (g/ave) de frangos de corte de 8 a 18 dias de idade.

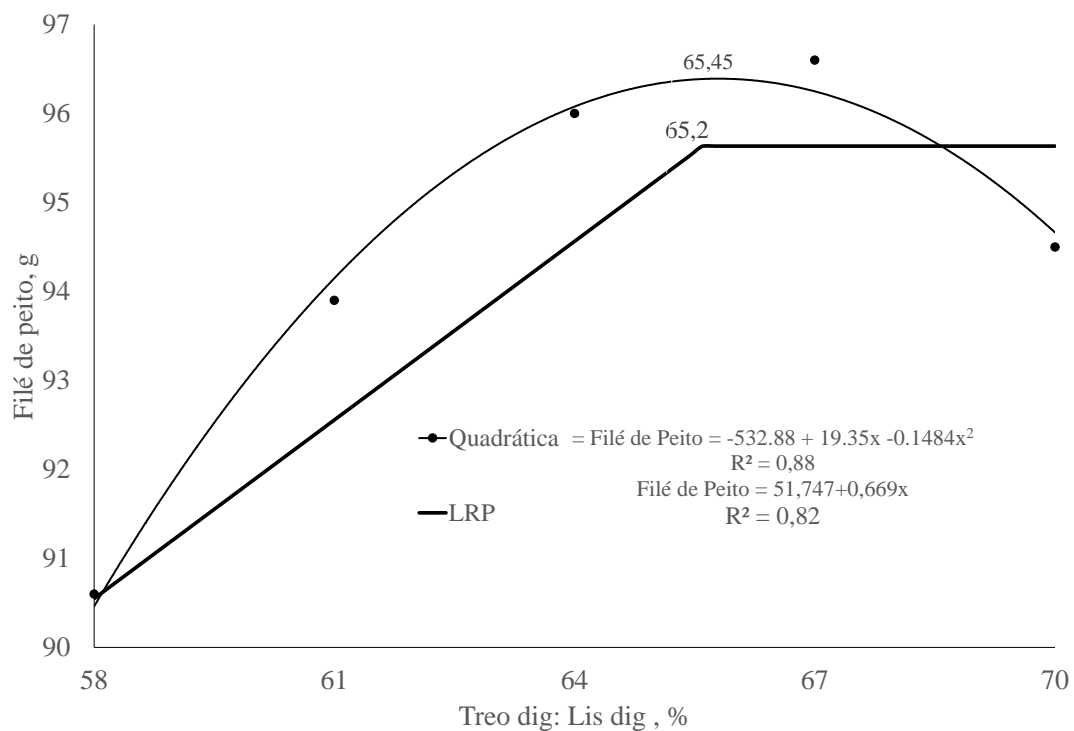


Figura 3. Efeito da relação Treo dig: lis dig sem inclusão de fitase na ração sobre o filé de peito (g/ave) de frangos de corte com 19 dias de idade.

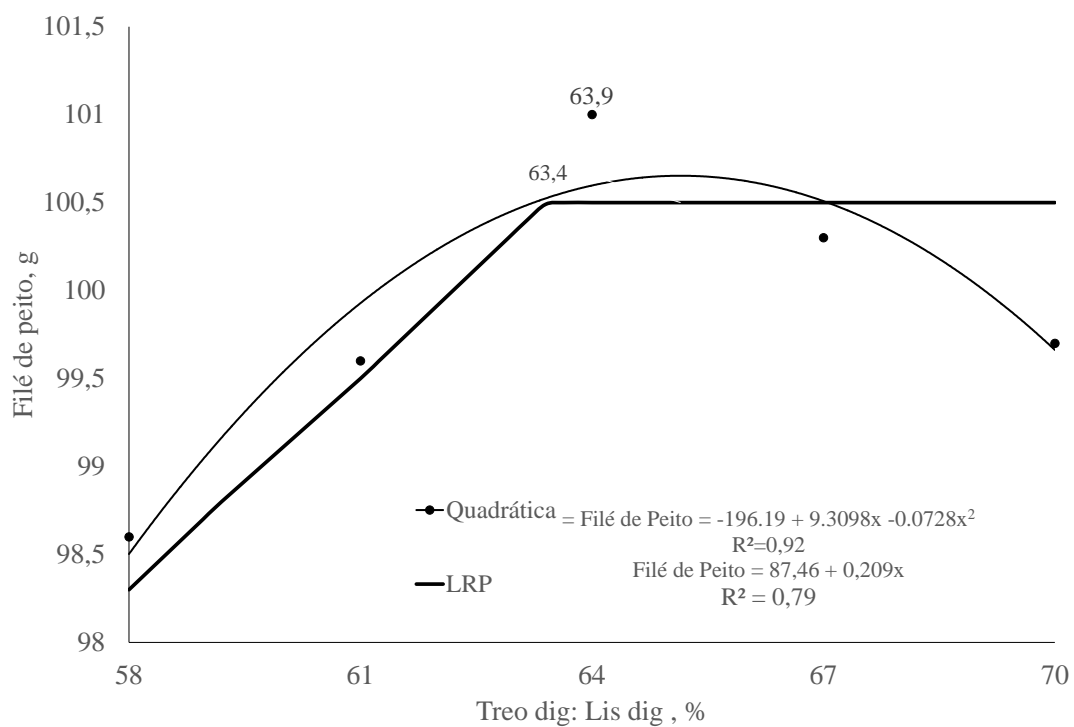


Figura 4. Efeito da relação Treo dig: lis dig com inclusão de fitase na ração sobre o filé de peito (g/ave) de frangos de corte com 19 dias de idade.

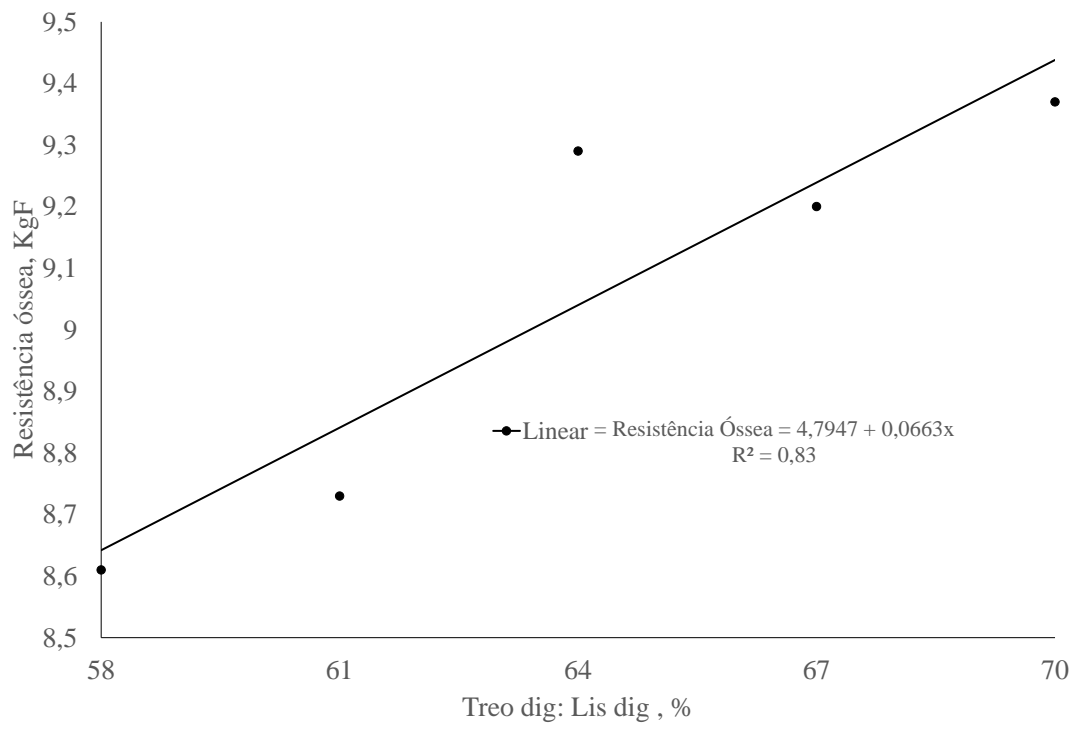


Figura 4. Efeito da relação Treo dig: lis dig sem inclusão de fitase na ração sobre a resistência óssea (KgF) de frangos de corte com 19 dias de idade.

Artigo 3 - Formatação de acordo com as normas da revista Poultry Science.

Artigo 3 – Efeito da adição de xilanase em rações com ou sem suplementação de fitase sobre o desempenho, rendimento de carcaça e histomorfometria intestinal de pintos de corte

V. R. S. M. Barros*¹, L. F. T. Albino*, M. I. Hannas*, H. S. Rostagno*

*Animal Science Department, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

¹Correspondência do autor: victorsal3s@gmail.com

Secção específica: Metabolism and Nutrition

INTRODUÇÃO

A suplementação enzimática em dietas à base de cereais para aves permite, principalmente nas primeiras fases de vida, aumentar a digestibilidade das matérias-primas, melhorar o desempenho das aves, além de proporcionar redução nos custos com a alimentação e impactos ambientais.

O fitato presente no milho e no farelo de soja que são os principais ingredientes das rações tem capacidade de complexar com nutrientes, hormônios e enzimas no trato gastrointestinal. Os PNAs, solúveis ou insolúveis, são constituintes da parede celular dos ingredientes de origem vegetal, e devido as suas ligações, podem ser classificados como agentes antinutricionais. A fração solúvel é composta basicamente de pectinas, de arabinoxilanos, de D-xilanos, de B-glucanos, de D-mananos, de galactomananos e de xiloglucanos (Rios, 2014). Segundo Penz (1998) e Rizzoli (2009), além reduzir digestibilidade e atuar como barreira física de enzimas digestivas, os PNAs podem causar, por não hidrolisar esses compostos naturalmente, o aumento da viscosidade da digesta, diminuindo a taxa de passagem dos alimentos, dificultando a ação de enzimas endógenas e prejudicando a difusão e o transporte de nutrientes.

As carboidrases, especialmente a endo-1,4-β-D-xilanases clivam aleatoriamente a cadeia principal de xilano, reduzindo seus efeitos antinutricionais (Collins, et al. 2005). A fitase (myo-inositol hexakisfosfato fosfohidrolase) é a enzima necessária para que ocorra a hidrólise e a liberação do fósforo da molécula de fitato, por uma série de reações de desfosforilação que disponibiliza fósforo inorgânico, permitindo a redução deste elemento nas dietas, diminuindo seus efeitos

deletérios do desempenho das aves. Entretanto alguns fatores influenciam a ação da fitase sobre o fitato, incluindo o tipo de ave (matriz, poedeira ou corte), idade, ingrediente, nível de fitase, conteúdo do substrato, nível de cálcio na dieta, assim como tipo de enzimas exógenas ou suas combinações utilizadas na dieta (Olukosi et al, 2007; Sela et al, 2009).

A fitase exógena libera uma porção do fósforo e de outros nutrientes ligados ao fitato de maneira dose-dependente (Ravindran et al, 1999; Cowieson et al., 2006; Olukosi et al., 2007; Olukosi et al, 2008). Entretanto, apesar de níveis elevados de fitase, uma quantidade de ácido fítico ainda permanece intacto na parede celular dos ingredientes. Por isso há o interesse na combinação da fitase com enzimas capazes de degradar as ligações da parede celular, facilitando o acesso da fitase, e, portanto, potencializando o efeito das enzimas sinergicamente (Juanpere et al, 2005; Cowieson et al, 2006; Olukosi et al., 2008; Karimi et al, 2013; Dourado, et al 2014).

Desta forma, objetivou-se verificar o efeito da xilanase com ou sem fitase em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a histomorfometria intestinal de pintos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa- MG, Brasil, de acordo com as normas do Comitê de ética e princípios de experimentação definido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (Cobea, 1991), com o número 063/2015.

Animais e dietas

Foram utilizados 750 frangos de corte machos (Cobb 500), com um peso médio de 189 ± 5 g distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 10 repetições de 25 aves por unidade experimental, no período de 8 e 21 dias de idade. Os tratamentos foram dietas sem enzima, com xilanase e xilanase e fitase. A enzima xilanase utilizada foi Econase XTP (20.000 BXU/kg de ração) e a fitase utilizada foi AB Vista Quantum Blue adicionada a 200 g/ton, o equivalente a 1000 FTU / kg de ração, sem valorizar a energia metabolizável e aminoácidos.

As dietas farelada foram fornecidas "ad libitum", assim como, a água durante o período experimental. A composição das dietas é apresentada na Tabela 1. Todos os nutrientes e energia foram fornecidos de acordo com as Tabelas de Brasileiras (Rostagno et al., 2011).

O programa de luz, temperatura e manejo foram realizados de acordo com a recomendação do manual da linhagem (Cobb, 2012). A temperatura ambiente foi registrada diariamente por meio de três termômetros localizados em diferentes pontos do galpão.

Desempenho produtivo e rendimento de carcaça

As aves mortas de todos as unidades experimentais foram verificadas e retiradas diariamente. Em caso de morte, número do tratamento, repetição, peso corporal da ave e o peso da ração foram registradas para posterior correção de consumo de ração e da conversão alimentar.

No 21º dia o peso das aves e da sobra de ração foram registrados para proceder a análise dos dados em seguida. Os parâmetros de desempenho avaliados foram o ganho de peso, consumo de ração, peso final e conversão alimentar. Durante a

pesagem, quatro aves foram selecionadas em relação ao peso médio da unidade experimental (30 aves/tratamento) e sacrificadas de acordo com as normas do comitê de ética no uso de animais de produção (CEUAP) para avaliação dos pesos absolutos (g) e relativos (%) de carcaça: Peso ao abate, peso de peito com osso, filé de peito (peito desossado) e coxa. A tíbia da pata esquerda foi retirada para análise de cálcio, fósforo, cinzas seguindo a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

Histomorfometria intestinal

Aos 21 dias de idade, foram selecionadas 4 aves por unidade experimental para a avaliação da histomorfometria do intestino delgado. O intestino foi exposto por incisão abdominal das aves, para obtenção das três porções do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo). Os fragmentos de aproximadamente 2,0 cm de comprimento foram cuidadosamente coletados, abertos e lavados em água destilada, estendidos e fixados em solução de formaldeído 10% por 24 horas. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em soluções crescentes de álcool, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina e cortadas a 5 μm (Prophet et al., 1992). Em cada lâmina foram cortados três cortes. As secções foram coradas com hematoxilina-eosina. As análises morfométricas dos cortes histológicos do intestino delgado das aves foram realizadas no departamento de Biologia da Universidade Federal de Viçosa e, posteriormente as imagens foram capturadas por meio de uma câmera acoplada em uma Lupa (STEMI DV4 - ZEISS) com lente objetiva 5x pelo software Axio Vision 3.1. Com o auxílio do software Image J®, foram selecionados e medidos os comprimentos de 30 vilosidades e 30 criptas, de cada região intestinal, por animal. As medidas de altura de vilosidades foram tomadas a partir da base superior da cripta até o ápice da vilosidade e as criptas foram medidas entre as vilosidades da base inferior até a base superior da cripta.

Análise Estatística

Os dados experimentais foram analisados por ANOVA utilizando o software SAEG (Sistema para Análises estatísticas). Para os parâmetros de desempenho, rendimentos absolutos e relativos de cortes e as histomorfometria do intestino foram comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Os resultados de desempenho (tabela 3) mostram o efeito da enzima sobre o desempenho produtivo de frangos de corte na fase inicial de produção. O consumo de ração pelas aves que receberam dietas com xilanase foi menor ($p < 0,05$) do que para as aves sem enzimas, não diferindo das aves que receberam xilanase + fitase.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) no ganho de peso das aves que receberam xilanase+fitase (615,6g), comparado as aves que receberam a dieta sem enzimas (596,8g) e dietas com xilanase (593,7g).

Observa-se melhor conversão alimentar ($p < 0,05$) nas aves que receberam a associação xilanase + fitase, não diferindo das aves que receberam apenas xilanase. As aves que receberam xilanase + fitase apresentaram redução de 57g/kg na conversão alimentar em relação as aves que não foram suplementadas com enzimas.

O peso final das aves tanto das aves que receberam apenas xilanase, como as aves que receberam xilanase+fitase foi superior ($p < 0,05$) as aves que não foram suplementadas com enzimas.

Não houve efeito do uso enzimático sobre as resposta de rendimentos absolutos (g) e relativos (%) das aves até 21 dias de idade (Tabela 4).

Não houve diferença significativa sobre a altura de vilosidade do duodeno ($p > 0,05$), entretanto a profundidade de cripta ($p < 0,05$) foi maior nas aves que receberam a dieta sem enzima (Tabela 5). Desta forma, a maior relação vilos:cripta do duodeno foi observada para as aves que receberam a associação de xilanase + fitase.

No jejuno, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos sobre a altura das vilosidades, profundidade de cripta ou relação vilos:cripta.

Nas mensurações do íleo (Tabela 5), houve aumento das vilosidades das aves que receberam xilanase + fitase ($p < 0,05$), não diferindo das aves que receberam apenas xilanase. Entretanto as aves sem suplementação enzimática apresentaram a menor altura de vilosidade (692,3uM). Pode-se observar que o aumento da relação vilos:cripta ($p < 0,05$) com a adição de xilanase + fitase se deu pela manutenção da integridade da mucosa, aumentando a altura da vilosidade mesmo com profundidade de cripta semelhante a dos outros tratamentos. Não houve efeito da adição enzimática sobre a profundidade de cripta ($p > 0,05$), entretanto a relação vilos:cripta apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). A relação altura de

vilosidade:profundidade de criptas no íleo das aves que receberam xilanase + fitase foi 19,6% superior as aves que receberam a dieta sem enzimas e 14% superiores as aves que tiveram xilanase adicionada nas rações.

DISCUSSÃO

Segundo Karimi, et al (2013), as dietas com carboidratos melhoram o desempenho em rações com milho e soja, no entanto a eficiência dessas enzimas é superior quando há a inclusão de trigo nas rações. Em dietas a base de milho e soja, as carboidratos podem aumentar a eficácia da fitase, através do aumento da disponibilidade de substrato, incluindo fitato, aprisionado no complexo da matriz alimentar (Ravindran de 1999 et al.; Juanpere et al, 2005; Cowieson et al, 2006; Olukosi et al, 2007, 2008).

O consumo de ração pode ser aumentado pela presença de polissacarídeos não amiláceos (PNAS) na dieta por afetar desenvolvimento e a atividade dos órgãos digestivos, especialmente a morfometria intestinal e, conseqüentemente, a absorção dos nutrientes (Jorgensen et al., 1996). O efeito negativo no consumo de ração nas dietas sem suplementação enzimática pode estar relacionado a necessidade do aumento do consumo para atingir a necessidade energética, assim como, pelos ajustes fisiológicos das aves e modificação na taxa de passagem do alimento rico em PNAs. O aumento do consumo de dietas com altos teores de fibra pode estar relacionado com o aumento na taxa de passagem da digesta, em virtude do aumento no nível de fibra insolúvel (Warpechowski & Ciocca, 2002). Outros fatores que podem causar variação na resposta incluem o tipo de xilanase, a qualidade do trigo, e a linhagem e idade das aves (Bedford, 1997). Alguns estudos têm demonstrado que as diferenças na resposta da suplementação enzimática pode estar relacionado a microflora intestinal (Choct et al., 1996, Choct et al., 2006). Outros fatores para explicar a variação sugerida entre aves incluem ingestão de água e secreção pancreática (Bedford e Schulze, 1998). Por outro lado, quanto maior for o nível de PNAs, melhores respostas da xilanase é esperado (Bedford e Schulze, 1998; Bedford, 1997, 2000, 2006).

O ganho de peso das aves que receberam xilanase+fitase foi maior ($p<0,05$), possivelmente pela ação sinérgica entre as duas enzimas, aumentando a disponibilidade de nutrientes e reduzindo os efeitos antinutricionais tanto dos PNA's quanto do fitato. Wu et al (2004) também observaram que a adição de xilanase

melhora o ganho de peso, o consumo de alimento, a eficiência da alimentação, a energia metabolizável aparente e a diminuição da ingestão de água, além do teor de Vitamina E no fígado de frangos. Segundo Veldman e Vahl (1994) a combinação de xilanase com outras enzimas melhora o valor nutritivo da dieta de frangos de corte favorecendo o ganho de peso em 0,2 a 2,5% e a conversão alimentar em 2,2 a 2,9%. Danicke et al (2001) e Gao et al (2008) verificaram que a adição de xilanase proporcionou aumento significativo no ganho de peso de até 21 dias de idade. A conversão alimentar e ganho de peso das aves melhora com a suplementação de xilanase (Mathlouthi et al 2003). Esses resultados são semelhantes aos de Liu et al (2007) que suplementando com xilanase as dietas de frangos, aumentou o ganho de peso corporal de 0-21 dias de idade. Em dietas com alto conteúdo de trigo, segundo Morgan et al, (2016), o ganho de peso corporal e a conversão alimentar foram significativamente melhorados em comparação a em aves alimentadas com dietas com menor quantidade de trigo e alta susceptibilidade aos efeitos negativos do fitato.

O efeito da associação das enzimas apresenta maior eficiência pelo fato da xilanase atuar disponibilizando as moléculas de fitatos aderidos na fração fibrosa e a fitase sobre a potente formação de complexos insolúveis na molécula de fitato sobre os nutrientes como, proteínas, aminoácidos, amido e cátions (RAVINDRAN et al., 1999), e enzimas, como a pepsina, tripsina e α -amilase (SEBASTIAN et al.,1998), de modo que a solubilidade e a digestibilidade são melhoradas, refletindo na eficiência dos animais.

Annison (1991) relatou que o aumento da concentrações de PNA's solúveis aumenta a viscosidade da digesta e reduz a digestão e a absorção dos nutrientes. A elevada viscosidade da digesta também reduz a taxa de passagem e prejudica a ação das enzimas digestivas aos seus substratos além de diminuir a capacidade de hidrólise no conteúdo intestinal (Antoniou et al, 1982). Os PNAs, assim como o fitato, podem ligar-se aos nutrientes, reduzindo sua mobilidade, prejudicando a digestão e absorção (Klopfenstein , et al., 1988). Além disso, demonstrou-se que os PNAs podem ligar-se a enzimas digestivas, reduzir as suas atividades na digestão dos nutrientes fazendo com que haja perda de performance, especialmente aumento da conversão alimentar (Ikeda et al, 2007).

Carvalho et al. (2009) e Fortes et al. (2012), avaliando a enzimas em dietas à base de milho e de farelo de soja não encontraram nenhuma influência dos tratamentos na carcaça ou rendimento de cortes.

O trato digestivo das aves se modifica a medida que recebem dietas com alto conteúdo de PNAs nas dietas (Marquardt et al., 1994). O aumento do tamanho do intestino delgado permite aumentar o tempo de permanência da dieta no trato digestivo e a superfície absorptiva de nutrientes (Yasar & Forbes, 1997; Mourão e Pinheiro, 2009). No entanto, essa adaptação também pode ter consequências negativas, por aumentar as perdas endógenas dos animais e contudo reduzir o desempenho e rendimento de carcaça em aves não suplementadas com enzimas (Yasar & Forbes, 1997; Danicke et al., 2000).

De acordo com Li (1991) e Nabuus (1995) uma relação desejável entre a altura das vilosidades e a profundidade de cripta ocorre quando as vilosidades se apresentam altas e as criptas rasas, pois quanto maior a relação altura de vilosidade:profundidade de cripta, melhor será a absorção de nutrientes e menores serão as perdas energéticas com a renovação celular.

Como grande parte da absorção intestinal é no duodeno, especialmente aminoácidos, e as aves que receberam xilanase+fitase apresentaram maior relação vilos:cripta nesta região intestinal, reiterando o efeito positivo observado no desempenho produtivo das aves. A menor relação vilosidade:cripta foi observado nas aves que receberam dieta sem enzimas, visto que as aves não produzem enzimas que degradam os polissacárideos de ligações beta, e assim a fração de hemicelulose, que é um dos principais componentes da parede celular das plantas, aumenta a perda de energia pela renovação celular, expressa pela profundidade de cripta maior.

Esses resultados são semelhantes aos de Dan Liu et al. (2012) que não observaram diferenças entre a suplementação com xilanase e altura das vilosidades ou profundidade de criptas do jejuno. Segundo Dani Liu et al. (2012), a suplementação de xilanase reduz a renovação celular e assim diminui a profundidade das criptas e aumenta a relação altura das vilosidades: profundidade da cripta do íleo.

CONCLUSÃO

A associação da fitase com a xilanase melhora o desempenho, aumenta a relação entre a altura de vilosidade e profundidade de cripta no dueodeno e íleo, mas não altera o rendimento de carcaça de frangos de corte na fase inicial.

REFERÊNCIAS

- ANNISON G. Relationship between the levels of soluble non-starch polysaccharides and the apparent metabolisable energy of wheat assayed in broiler chickens. *J. Agric. Food Chem.* 39:1252–1256. 1991.
- ANTONIOU T. C., Marquardt R. R. Utilization of rye diets by chicks as affected by lipid type and level and penicillin supplementation. *Poult. Sci.* 61:107–116. 1982.
- BEDFORD, M.R., 1996. The effect of enzymes on digestion. *J. Appl. Poult. Res.* 5, 370–378.
- BEDFORD, M.R., 1997. Reduced viscosity of intestinal digesta and enhanced nutrient digestibility in chickens given exogenous enzymes. In: Marquardt, R.R., Han, Z. (Eds.), *Enzyme in Poultry and Swine Nutrition*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, pp. 19–28.
- BEDFORD, M.R., 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition: their current value and future benefits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 1–13.
- BEDFORD, M.R., 2006. Effect of non-starch polysaccharides on avian gastrointestinal function. In: Perry, G.C. (Ed.), *Avian gut function in health and disease*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 159–170.
- BEDFORD, M.R., Morgan, A.J., Clarkson, K., Schultze, H.K., 1997. Enzyme feed additive and animal feed. US Patent 5612055.
- BEDFORD, M.R., Schulze, H., 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr. Res. Rev.* 11, 91–114
- CARVALHO, J. C. C.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. B.; PEREIRA, R. A. N. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.38, n.2, p.292-298, 2009.
- CHOCT, M., 2006. Enzymes for the feed industry: past, present and future. *World's Poult. Sci. J.* 62, 5–15.
- CHOCT, M., Hughes, R.J., Wang, J., Bedford, M.R., Morgan, A.J., Annison, G., 1996. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the antinutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *Br. Poult. Sci.* 37, 609–621.
- COWIESON, A. J., D. N. Singh, and O. Adeola. 2006. Prediction of ingredient quality and the effect of a combination of xylanase, amylase, protease and phytase in the diets of broiler chicks. 1. Growth performance and digestible nutrient intake. *Br. Poult. Sci.* 47:477–489
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Using the precision-feeding bioassay to determine the efficacy of exogenous enzymes – A new perspective. *Animal Feed Science and Technology*, v.129, p.149-158, 2006.

- DAN Liu, Shuangshuang, G, Yuming, G. Xylanase supplementation to a wheat-based diet alleviated the intestinal mucosal barrier impairment of broiler chickens challenged by *Clostridium perfringens*. *Avian Pathology*. Volume 41, Issue 3, 2012.
- DANICKE S, Halle I, Strobel E, Franke E, Jeroch H. Effect of energy source and xylanase addition on energy metabolism, performance, chemical body composition and total body electrical conductivity (TOBEC) of broilers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)* 2001;85(9-10):301-13.
- DANICKE, S.; JEROCH, H.; BOTTCHEER, W. et al. Interactions between dietary fat type and enzyme supplementation in broiler diets with high pentosan contents: effects on precaecal and total tract digestibility of fatty acids, metabolizability of gross energy, digesta viscosity and weights of small intestine. *Animal Feed Science and Technology*, v.84, p.279-294, 2000.
- DOURADO, L.R.B; BARBOSA, N.A.A; SAKOMURA, N.K. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: nutrição de não ruminantes. Funep. P. 466- 484. 2014
- FORTES, Bruno Duarte A. et al. Avaliação De Programas Nutricionais Com A Utilização De Carboidrases E Fitase Em Rações De Frangos De Corte. *Ciência Animal Brasileira*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 24-32, mar. 2012. ISSN 1809-6891.
- FREITAS, R.T.F.; SANTOS, E.C.; TEIXEIRA, A.S. et al. Avaliação de aditivos beneficiadores de crescimento sobre desempenho e morfometria intestinal de frangos de corte na fase inicial. Acesso em: 15 fev.
- FUKAYAMA, E.H.; BERTECHINI, A.G.; GERALDO, A. et al. Extrato de orégano como aditivo em rações para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.34, n.6, p.2316-2326, 2005
- GAO F, Jiang Y, Zhou GH, Han ZK. The effects of xylanase supplementation on performance, characteristics of the gastrointestinal tract, blood parameters and gut microflora in broilers fed on wheat-based diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008;142(1-2):173-84.
- GERALDO, A. Gomes, K. R. A., Fassani, E. J., Bertechini, A. G., Simão, S. D., Nogueira, F. S. Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. Maringá, v. 36, n. 3, p. 285-290, July-Sept., 2014.
- IKEDA K., Kusano T. In vitro inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. *Cereal Chem.* 60:260–263. 1983.
- JORGENSEN, H.; ZHAO, X.-Q.; KNUDSEN, K. E. B. et al. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, London, v. 75, p. 379-395, 1996.
- JUANPERE, J., A. M. Pérez-Vendrell, E. Angulo, and J. Brufau. 2005. Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 84:571–580

- KARIMI, A., M. Bedford, A. Kamyab, and M. Moradi 2007. Comparative effects of xylanase supplementation on broiler, broiler breeder and layer chick performance and feed utilization on wheat based diet. *Poult. Sci.* 44:322–329.
- KARIMI,A.; Min,Y.; Lu,C. Coto,C.; Bedford,M. R.; Waldroup, P. W. Assessment of potential enhancing effects of a carbohydrase mixture on phytase efficacy in male broiler chicks fed phosphorus-deficient diets from 1 to 18 days of age. *Poultry Science* 92 :192–198. 2013.
- KLOPFENSTEIN C. E. The role of cereal beta-glucans in nutrition and health. *Cereal Foods World* 33:865–869. 1988.
- LI, D.F. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, v.69, p. 4062–4069, 1991.
- LIU JR, Lai SF, Yu B. Evaluation of an intestinal *Lactobacillus reuteri* strain expressing rumen fungal xylanase as a probiotic for broiler chickens fed on wheat-based diet. *Br. Poult. Sci.*;48(4):507-14.2007
- LOPES, E. L; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, L.F. et al. Fontes de lactose, níveis de lisina dietéticos e peso dos leitões ao desmame. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2340-2347, 2005.
- MATHLOUTHI N, Juin H, Larbier M. Effects of xylanase and beta-glucanase supplementation of wheat- or wheat - and barley-based diets on the performance of male turkeys. *Br. Poult. Sci.*;44(2):291-8. 2003
- MOURAO, José Luís Teixeira de Abreu Medeiros; PINHEIRO, Victor Manuel Carvalho. Efeitos do centeio, do trigo e da suplementação com xilanasas sobre o valor nutricional de dietas e o desempenho de frangos corte. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 38, n. 12, p. 2417-2424, Dec. 2009
- NABUUS, M.J.A. Microbiological, structural and function changes of the small intestine of pigs at weaning. *Pigs News and Information*, Oxfordshire, v.16, n.3, p.93-97, Sep.1995.
- NUNES, JO et al . Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, Campinas , v. 17, n. spe, p. 15-21, Dec. 2015
- Olukosi, O. A., A. J. Cowieson, and O. Adeola. 2008. Energy utilization and growth performance of broilers receiving diets supplemented with enzymes containing carbohydrase or phytase activity individually or in combination. *Br. J. Nutr.* 99:682–690.
- OLUKOSI, O.A.; COWIESON, A.J.; ADEOLA, O. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. *Poultry Science*, v.86, p.77-86, 2007.
- OLUKOSI, O. A., and O. Adeola 2008. Whole body nutrient accretion, growth performance and total tract nutrient retention responses of broilers to

- supplementation of xylanase and phytase individually or in combination in wheat-soybean meal based diets. *Jpn. Poult. Sci.*45:192–198.
- PENZ JÚNIOR A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu-SP, 1998, p.165-178.
- PROPHET, E.M.; MILLIS, B.; ARRINGTON, J.B. et al. Laboratory methods in histotechnology. Washington: America Registry of Pathology, 1992. 275p.
- RAVINDRAN, V., CABAUG, S., RAVINDRAN, G., BRYDEN, L. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. *Poult. Sci.*, 78:699-706
- Ravindran, V., P. H. Selle, and W. L. Bryden. 1999. Effects of phytase supplementation, individually and in combination, with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. *Poult. Sci.* 78:1588–1595.
- RIOS, H. V. Frações de polissacarídeos não amídicos presentes em ingredientes utilizados na formulação de ração para frangos de corte. 29p. Trabalho de conclusão de curso - (Graduação em Medicina Veterinária). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - 2014
- SANTOS, F.R. et al. Effect of phytase supplementation in diets on nutrient digestibility and performance in broiler chicks. *Journal of Applied Poultry Reserch*, v.17, p.191-201, 2008.
- VELDMAN A, Vahl HA. Xylanase in broiler diets with differences in characteristics and content of wheat. *Br. Poult. Sci.*;35(4):537-50. 1994.
- WARPECHOWSKI, M.B.; CIOCCA, M.L.S. Effect of dietary insoluble fiber on retention of solid and liquid phases of digest of intact, cecectomized and ileum fistulated broiler. In: POULTRY SCIENCE ASSOCIATION MEETING, 91., Newark, 2002, Proceedings ... Newark, 2002. p. 76.
- WU YB, Ravindran V, Thomas DG, Birtles MJ, Hendriks WH. Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *Br. Poult. Sci.*;45(1): 76-84. 2004.
- YASAR, S.; FORBES, J.M. Effects of wetting and enzyme supplementation of wheat-based foods on performance and gut responses of broiler chickens. *British Poultry Science*, v.38, p.S43-S44, 1997

TABELAS

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais de pintos de 08 a 21 dias

Nutriente	Sem enzima	Xilanase	Fitase + Xilanase
Milho grão	45,495	45,495	45,495
Farelo de soja 45%	30,706	30,706	30,706
Trigo	15,000	15,000	15,000
Fosfato bicálcico	1,501	1,501	1,501
Calcário	0,996	0,996	0,996
Sal comum	0,453	0,453	0,453
Óleo de soja	3,900	3,900	3,900
Suplemento mineral	0,110	0,110	0,110
Suplemento vitamínico	0,110	0,110	0,110
Cloreto de colina	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina, 99%	0,329	0,329	0,329
L-Lisina, 99%	0,399	0,399	0,399
Treonina, 98%	0,155	0,155	0,155
L-Valina	0,136	0,136	0,136
L-Arginina	0,135	0,135	0,135
L-Alanina	0,120	0,120	0,120
Salinomocina 12 %	0,055	0,055	0,055
B H T	0,010	0,010	0,010
Areia lavada	0,290	0,278	0,258
Xilanase	0,000	0,013	0,013
Fitase	0,000	0,000	0,020
TOTAL	100,0000	100,0000	100,0000

1 Fornecimento por kg de ração: Manganês - 70 mg; Ferro - 50 mg, Zinco - 65 mg; Cobre - 10 mg; Iodo - 1 mg, Selênio - 0,30 mg.

2 Fornecimento por kg de ração: Vitamina A - 7500 IU, vitamina D3 - 1900 IU, vitamina E - 28 UI, K3 - 1,5 mg, vitamina B1 - 2,0 mg, vitamina B2 - 5,0 mg Vitamina B6 - 2,8 mg; Ácido nicotínico - 30 mg, pantotênico Ac - 10,0 mg; vitamina B12 - 0.012 mg.; Biotina - 0.07mg; ácido Fólico - 0,07 mg,

3 Butilhidroxitolueno 99%. ** L-alanina foi incluída para aumentar a proteína bruta a 21%;

As enzimas substituído a mesma quantidade de amido nas dietas: Quantum Blue fitase, 200 g / ton, 500 FTU / kg 125g/ton Xilanase.

Tabela 2 – Composição nutricional das dietas experimentais de pintos de corte de 08 a 18 dias

Nutriente	Sem enzima	Xilanase	Fitase + Xilanase
Energ. Met., Kcal/Kg	45,495	45,495	45,495
Proteína bruta, %	30,706	30,706	30,706
Lisina dig., %	15,000	15,000	15,000
Metionina dig., %	1,501	1,501	1,501
Met.+cist.dig., %	0,996	0,996	0,996
Treonina dig., %	0,453	0,453	0,453
Valina dig., %	3,900	3,900	3,900
Arginina dig., %	0,110	0,110	0,110
Triptofano dig., %	0,110	0,110	0,110
Fenil. Dig., %	0,100	0,100	0,100
Fenil.+tir.dig., %	0,329	0,329	0,329
Glicina + serina dig, %	0,399	0,399	0,399
Histidina dig. , %	0,155	0,155	0,155
Isoleucina dig., %	0,136	0,136	0,136
Leucina dig., %	0,135	0,135	0,135
Fósforo disponível, %	0,120	0,120	0,120
Cálcio, %	0,055	0,055	0,055
Sódio, %	0,010	0,010	0,010

Tabela 3 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e peso final (PF) de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade alimentados com dietas , com ou sem adição de enzimas.

Parâmetro		Tratamento			CV %	p-Valor
		Sem enzima	Xilanase	Xilanase + fitase		
Consumo de Ração	(g/ave)	739,3 a	716,6 b	728,4 ab	4,91	0,003
Ganho de peso	(g/ave)	596,8 b	593,7 b	615,6 a	5,35	0,005
Conversão Alimentar	(g/g)	1,270 b	1,238 ab	1,213 a	5,41	0,001
Peso final	(g/ave)	748,4b	763,3 a	767,8 a	7,13	0,116

* A, B - Médias com letras diferentes em uma linha são significativamente diferentes pela análise de variância;

Tabela 4 - Peso absoluto (g) e relativo (%) dos principais cortes de frangos de corte de 19 dias de idade alimentados com dietas, com ou sem adição de enzimas.

Parâmetro		Tratamento			CV %	p-Valor
		Sem enzima	Xilanase	Xilanase + Fitase		
Peso de abate	(g/ave)	739,91	745,12	752,64	7,94	0,752
Peso do peito	(g/ave)	166,16	167,29	167,99	11,02	0,94
Filé do peito	(g/g)	133,12	133,59	135,87	11,34	0,796
Coxa	(g/ave)	71,65	71,99	73,25	9,90	0,713
Rendimento de peito	(%)	22,33	22,23	22,34	7,05	0,934
Rendimento de peito	(%)	17,89	17,97	17,84	7,83	0,889
Rendimento de Coxa	(%)	9,65	9,70	9,65	6,15	0,866

Tabela 5 - Morfometria intestinal de frangos de corte de 21 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes, com ou sem adição de enzimas.

Parâmetro		Tratamento				p-Valor
		Sem enzima	Xilanase	Xilanase+ fitase	CV %	
Duodeno						
Altura de vilosidade	(uM)	1101,2 a	1092,6 a	1136,7 a	9,45	0.296
Profundidade de cripta	(uM)	209,2 a	204,3 ab	188,5 b	13,89	0.028
Relação Vilus:Cripta	(uM)	5,32 b	5,45 b	6,12 a	14,27	0.001
Jejuno						
Altura de vilosidade	(uM)	714,1	679,9	674,4	14,15	0.302
Profundidade de cripta	(uM)	152,8	152,3	147,3	18,68	0.750
Relação Vilus:Cripta	(uM)	4,77	4,55	4,67	16,89	0.626
Ileo						
Altura de vilosidadeb	(uM)	692,3 b	739,6 ab	798,7 a	17,04	0.015
Profundidade de cripta	(uM)	177,2 a	189,6 a	189,9 a	19,11	0.358
Relação Vilus:Cripta	(uM)	3,73 b	3,99 b	4,64 a	20,83	0.001

* A, B - Médias com letras diferentes em uma linha são significativamente diferentes pela análise de variância;