

Universidade Federal de Minas Gerais

EFEITO DA FONTE DE FIBRA E USO DE XILANASE SOBRE
DESEMPENHO, QUALIDADE DE OVOS E BIOMETRIA DOS ÓRGÃOS
GASTROINTESTINAIS DE POEDEIRAS LEVES

Lorena Salim de Sousa

Belo Horizonte

2017

Lorena Salim de Sousa

Efeito da fonte de fibra e uso de xilanase sobre desempenho, qualidade de ovos e biometria dos órgãos gastrointestinais de poedeiras leves

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição de não-ruminantes

Prof. Orientador: Dr. Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte

2017

DISSERTAÇÃO/TESE defendida e aprovada em 15/02/17 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

(Orientador)

Prof. Dr. Nelson Carneiro Baião

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

Dedico este trabalho a minha mãe por acreditar sempre nos meus sonhos e vive-los comigo.

Agradecimentos

A minha mãe por todo incentivo, compreensão e amor.

Aos meus tios, primos e avó que adaptaram a minha rotina louca e por todo apoio.

Ao meu Orientador, Professor Leonardo Lara, e ao Professor Baião, pelo exemplo, disponibilidade, conhecimento e amizade.

Ao Professor Bertechini por me mostrar o mundo da avicultura e por toda ajuda e amizade.

Ao pessoal da ABVista e Auster, Tiago e Patrícia por confiarem em mim esse projeto e por toda dedicação durante o desenvolvimento.

À Professora Roselene, seus alunos Leticia e Matheus e o pessoal do laboratório, pela grande atenção e ajuda nas análises de histopatologia.

Ao pessoal do laboratório de Nutrição, em principal o Toninho pela ajuda nas análises bromatológicas.

A Professora Silvana, Professor Tadeu e Débora pela ajuda nas análises de qualidade de ovos.

Ao pessoal da Escola de Farmácia-UFMG pela ajuda nas análises de resistência de casca e de cafeína.

Ao meus amigos da Avicultura, pelo acolhimento, por que tornaram esse projeto realidade e tornarem esse período maravilhoso.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Hélio Barbosa.

À Escola de Veterinária da UFMG, pela estrutura e apoio.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

Sumário

| | |
|--|-----------|
| RESUMO | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 3. OBJETIVOS | 27 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 28 |
| Efeito da fonte de fibra e uso de xilanase sobre desempenho, qualidade de ovos e biometria dos órgãos gastrointestinais de poedeiras leves..... | 34 |
| RESUMO | 34 |
| ABSTRACT | 34 |
| INTRODUÇÃO..... | 35 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 36 |
| RESULTADO E DISCUSSÃO..... | 40 |
| CONCLUSÃO..... | 53 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Composição e valores nutricionais calculados das rações da fase de produção | 38 |
| Tabela 2: Concentração de polissacarídeos não-amiláceos (PNAS's) em porcentagem (%) no farelo de trigo, casca de soja e casca de café | 41 |
| Tabela 3: Peso vivo inicial (Kg), peso vivo final (Kg), ganho de peso (g) consumo de ração (g/dia) de poedeiras, no período de 25 a 45 semanas de idade de acordo com os tratamentos | 42 |
| Tabela 4: Viabilidade, produção de ovos (%), número de ovos/ ave alojada, conversão alimentar (Kg/dúzia) e conversão alimentar (Kg/Kg) de poedeiras, no período de 25 a 45 semanas de idade de acordo com os tratamentos | 44 |
| Tabela 5: Peso de ovo, % gema, % albumen, Unidade Haugh (UH) de ovo de poedeiras com 33 semanas de idade de acordo com os tratamentos | 45 |
| Tabela 6: Peso de ovo, % gema % albumen, Unidade Haugh (UH) de ovo de poedeiras com 44 semanas de idade de acordo com os tratamentos | 46 |
| Tabela 7: Parâmetros de qualidade de casca e cor de gema de ovo de poedeiras com 33 semanas de idade de acordo com os tratamentos | 47 |
| Tabela 8 Parâmetros de qualidade de casca e cor de gema de ovo de poedeiras com 44 semanas de idade de acordo com os tratamentos | 48 |
| Tabela 9: Porcentagem do peso dos órgãos em relação ao peso da ave (%), características do pâncreas e viscosidade intestinal na 45ª semana de idade..... | 49 |
| Tabela 10: Custo das rações por caixa de ovos (R\$/ caixa) para poedeiras de acordo com os tratamentos..... | 52 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Classificação dos polissacarídeos não amiláceos(PNAs) | 18 |
| Figura 1 (artigo). Secções histológicas dos pâncreas de poedeiras com 45 semanas de idade. As imagens A, B, C, D, E e F referem, respectivamente, a aves alimentadas com farelo de trigo sem enzima, farelo de trigo com enzima, casca de soja sem enzima, casca de soja com enzima, casca de café sem enzima e casca de café com enzima. HE, 400x. | 50 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------|-------------------------------|
| Dz | Dúzia |
| FB | Fibra bruta |
| FDA | Fibra em detergente ácido |
| FDN | Fibra em detergente neutro |
| G | Gramma |
| HCl | Ácido clorídrico |
| Kg | Quilograma |
| PB | Proteína bruta |
| Pd | Fósforo disponível |
| PNAs | Polissacarídeos não amiláceos |
| TGI | Trato gastrointestinal |

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de fibras com inclusão ou não de enzima em rações para poedeiras de 25 a 45 semanas de idade. Foram utilizadas 864 aves da linhagem comercial Lohmann®, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, compreendendo três fontes de fibras (farelo de trigo, casca de soja e casca de café) e a inclusão ou não de uma xilanase, totalizando seis tratamentos e seis repetições/tratamento. No período experimental que teve duração de 20 semanas foram avaliados os parâmetros de desempenho das aves, qualidade dos ovos e biometria dos órgãos intestinais. Não houve interação entre os fatores sobre as características avaliadas. A inclusão de enzima não influenciou os parâmetros avaliados. As fontes de fibras tiveram efeito sobre ganho de peso, viabilidade, peso do ovo, parâmetros de qualidade da casca, cor da gema e peso relativo do fígado e moela. As cascas de café, de soja e o farelo de trigo podem ser utilizadas na ração de poedeiras sem prejudicar o desempenho. A enzima avaliada não se mostrou eficiente em melhorar o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras.

Palavras-chave: fibra alternativa, enzima, viscosidade, polissacarídeos não amiláceos, desempenho, biometria

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different dietary fiber sources varying in xylanase inclusion on productive performance, egg quality and digestive organ biometry of laying hens. A total of 864 Lohmann White hens were fed diets with 3 fiber sources (wheat bran, soybean hull and coffee hull) with or without xylanase inclusion in a 3x2 factorial arrangement from 25 to 44 weeks of age. Each treatment was replicated 6 times (6 hens per replicate). There were no interactions ($P > 0.05$) between dietary fiber and xylanase inclusion. The enzyme supplementation did not influence any parameters evaluated ($P > 0.05$). There were dietary fiber effects ($P < 0.05$) on body weight gain, viability, egg weight, eggshell quality, yolk pigmentation and liver and gizzard relative weights. The wheat bran, soybean hull and coffee hull can be used in laying hen diets without cause any detrimental effect on productive performance. The enzyme used in this experiment did not show any improvement in hen's performance and eggshell quality.

Key words: alternative fiber, enzyme, viscosity, non-starch polysaccharides, laying hen performance, biometry

1. INTRODUÇÃO

De uma maneira geral, pouca importância tem sido atribuída à fibra na nutrição de aves, por ser considerada a fração do alimento que não é digerida por enzimas secretadas pelo trato gastrointestinal de animais não ruminantes, além dos conceitos de diluidor de dietas e da presença de fatores antinutricionais. No entanto, quantidades moderadas de fibra podem melhorar o desenvolvimento de órgãos, a produção de enzimas e a digestibilidade dos nutrientes em aves domésticas. Alguns destes efeitos são consequências da melhor funcionalidade da moela, com aumento do refluxo gastroduodenal que facilita o contato entre nutrientes e enzimas digestivas. Estes efeitos muitas vezes resultam em aumento do crescimento e da saúde dos animais, mas os benefícios potenciais dependem em grande parte das características físico-químicas da fonte de fibra.

O farelo de trigo é a principal matéria prima utilizada para reduzir os níveis energéticos e elevar os teores de FDN dietéticos. No entanto, esse ingrediente encontra-se muitas vezes com o custo muito elevado, havendo a necessidade de se buscar ingredientes alternativos que possam ser utilizados na dieta com o objetivo de reduzir os custos de produção de ovos, sem prejudicar o desempenho animal.

O Brasil possui destaque mundial na produção de grãos, produzindo na safra 2014/2015 algo em torno de 207,770 mil toneladas (CONAB, 2016), consequentemente toda essa produção gera milhares de toneladas de resíduos com potenciais para utilização na alimentação animal e que muitas vezes são desperdiçados ou voltam para a lavoura como adubo.

Porém, esses resíduos agrícolas juntamente com o farelo de trigo possuem uma gama de fatores antinutricionais que podem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes e consequentemente, o desempenho animal e entre eles os polissacarídeos não amiláceos (PNAS), além da variação em sua composição química, o que dificulta muito a sua inclusão em dietas de animais de produção.

Quimicamente a fibra é um agregado de compostos e, entre eles, se destaca os PNAs e os compostos fenólicos, dos quais se destaca a lignina. Enquanto o amido é formado apenas por moléculas de glicose, os PNAs podem ser constituídos por nove principais carboidratos: arabinose, xilose (pentoses), galactose e manose (hexoses), raminose e fucose (deoxi-hexoses) e ácidos glucurônico e galacturônico (ácidos urônicos). Os principais polissacarídeos que

constituem a fibra dietética são: celulose, arabinoxilanas, β -glucanas, xiloglucanas, ramnogalacturanas e arabinogalactanas (Englyst, 1989).

Os PNAs compõem as fibras presente nos cereais, sendo que as suas unidades são unidas por ligações do tipo beta, que os tornam indisponíveis aos animais não ruminantes, já que as enzimas produzidas por esses animais não são passíveis de romper essas ligações. Outro ponto que caracteriza as fibras é a sua solubilidade, que é variada conforme a presença dos PNAs. Os efeitos causados pelos PNAs incluem alteração do tempo de transito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal e mudança na regulação hormonal (Vahouny, 1982). Entretanto, os maiores efeitos são associados com a viscosidade dos PNAs e sua interação com a microbiota intestinal (Choct, 1997). Porém, devido a sua constituição, a presença de PNAs insolúveis pode ser benéfica para o aproveitamento do amido na moela.

O efeito de dietas fibrosas sobre a fisiologia digestiva dos animais está gerando cada vez mais interesse, principalmente entre os monogástricos, onde o conhecimento de microrganismos envolvidos na quebra da fibra é ainda limitado, quando comparado com animais ruminantes (Castro Júnior *et al.*, 2005).

As enzimas exógenas são ferramentas disponíveis para o aproveitamento desses nutrientes por meio da quebra das ligações beta e aumento da disponibilidade dos nutrientes, além de reduzir possíveis efeitos negativos que os PNAs possam exercer sobre o trato gastrointestinal das aves e, conseqüentemente, prejudicar o desempenho.

A busca por fontes alternativas de fibras propicia aos produtores um leque maior de opções para uma formulação prática, sem prejuízo para o desempenho animal e com redução dos custos de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fibra na alimentação de aves de postura

A definição de fibra, do ponto de vista da morfologia vegetal, corresponde aos componentes estruturais das plantas, sendo os constituintes da parede celular dessas. Do ponto de vista nutricional, a fibra designa a fração do alimento não digerida por enzimas secretadas

pelo trato digestório de animais não ruminantes, mas passível de hidrólise no intestino grosso por meio da fermentação microbiana (AACC, 2001).

A fibra pode ser considerada um nutriente ou um fator antinutricional dependendo da sua solubilidade, uma vez que a fibra solúvel tem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato gastrointestinal, inibindo a digestão dos alimentos de modo geral. Outra diferença relevante é que a fibra insolúvel não é degradada pela fermentação bacteriana em aves, exercendo influência insignificante sobre a microbiota intestinal, enquanto que a fibra solúvel pode afetar consideravelmente a microflora (Hetland *et al.*, 2004). No entanto, quantidades moderadas de fibra podem melhorar o desenvolvimento de órgãos, a produção de enzimas e a digestibilidade dos nutrientes em aves domésticas. Alguns desses efeitos são consequências da melhor funcionalidade da moela, com aumento do refluxo gastroduodenal que facilita o contato entre nutrientes e enzimas digestivas. Estes efeitos muitas vezes resultam em aumento do crescimento e da saúde dos animais, mas os benefícios potenciais dependem em grande parte das características físico-químicas da fonte de fibra. Em conclusão, as aves domésticas exigem uma quantidade mínima de fibra dietética para o bom funcionamento dos órgãos digestivos (Mateos *et al.*, 2012).

Para Vervaeke *et al.* (1991), os métodos de análise de fibra bruta, o uso de detergentes e a determinação gravimétrica da fibra solúvel e insolúvel fornecem pouca ou nenhuma informação sobre a composição química da fibra. Em consequência, não são apropriados para o estudo da relação entre a composição química, a intensidade de fermentação no trato gastrointestinal e o fornecimento de energia. Os modernos métodos químicos que determinam os PNAS por cromatografia e espectrofotometria podem ser mais precisos.

As propriedades físico-químicas da fibra variam consideravelmente, dependendo de sua composição e estrutura. Algumas dessas propriedades que influenciam seu comportamento *in vivo* incluem tamanho, solubilidade, viscosidade, hidratação, troca catiônica e fermentabilidade da partícula (Potty, 1996).

Os efeitos antinutricionais dos PNAs em aves podem estar relacionados com suas características físico-químicas e com outros nutrientes da dieta. Os componentes solúveis da fibra, como β -glicanas ou glucanas, pectinas e gomas, formam soluções coloidais, contribuindo para o aumento da viscosidade da digesta no intestino delgado. A viscosidade que a digesta adquire contribui para que o trânsito intestinal nos não ruminantes seja mais lento, em especial na primeira parte do trato digestivo, devido, possivelmente, à resistência

que a digesta pode apresentar em relação ao peristaltismo do intestino delgado, inibindo a digestão dos alimentos de modo geral. A fibra insolúvel, no entanto, afeta a diluição do conteúdo ileal, diminui o tempo de passagem da digesta e aumenta o volume fecal (Hansen *et al.*, 1992).

De modo geral, o foco das pesquisas sobre os efeitos da fibra na nutrição de aves foram os efeitos antinutricionais da fibra solúvel, apesar das porções insolúveis predominarem na maioria dos ingredientes, além disso, alguns pesquisadores tentaram avaliar os efeitos do aumento do teor de fibra bruta na nutrição de poedeiras juntamente com a diluição de energia da ração, por vezes excessiva. Nesses ensaios, os benefícios da fibra bruta puderam ser confirmados, porém, em alguns o desempenho foi comprometido (Pottgueter, 2011).

Entretanto, estudos com fibra insolúvel em rações para poedeiras têm demonstrado resultados positivos, como o realizado por Hetland *et al.* (2003) que incluíram trigo inteiro e raspas de madeira na dieta de aves entre 15 a 29 semanas de idade e verificaram que a fração insolúvel da fibra estimulou o desenvolvimento da moela e aumentou a concentração de fibra e o teor de ácidos biliares no conteúdo da mesma, melhorando a digestibilidade do amido.

Krimpen *et al.* (2007), ao avaliarem rações de poedeiras entre 18 e 40 semanas de idade com inclusão de matérias primas com alto teor de PNAs, observaram que as aves alimentadas com essas rações foram capazes de aumentar o seu consumo de ração, o que resultou em consumo de energia e produção de ovos semelhantes aos valores encontrados para o grupo controle. Esses mesmos autores, ao avaliarem os efeitos da inclusão de fontes de PNAs de acordo com sua solubilidade, observaram maior consumo de ração pelas aves alimentadas com rações contendo alto teor de PNA insolúvel em comparação às aves do grupo controle. Entretanto, a utilização de rações com alto teor de PNA solúveis ocasionou aumento na viscosidade e redução na taxa de passagem da digesta, o que pode ter ocasionado maior preenchimento do intestino, resultando na redução do consumo de ração.

Araújo *et al.* (2008) estudaram os efeitos da inclusão de farelo de trigo (0, 10, 20 e 30%) na ração sobre o desempenho de frangas semipesadas na fase de crescimento e seu efeito residual durante a fase inicial de produção de ovos e concluíram que a inclusão de farelo de trigo em rações isonutritivas na fase de recria reduz a taxa de crescimento de frangas e atrasa o início da postura, promovendo aumento no peso inicial dos ovos em relação a rações à base de milho e farelo de soja.

Em estudo utilizado quatro níveis (0, 3, 6 e 9%) de farelo de trigo nas rações na fase de produção, Araújo *et al.* (2008b) observaram que o consumo de ração, o peso vivo final, a produção de ovos, o peso e a massa de ovos e a conversão por massa e por dúzia de ovos não foram afetados pela inclusão de até 9% de farelo de trigo, porém o peso específico da casca dos ovos piorou com o aumento do farelo de trigo.

Braz *et al.* (2011), ao utilizarem níveis crescentes (14,5%, 16,5% e 18,5%) de fibra em detergente neutro (FDN) em rações para aves em fase de crescimento, verificaram que as frangas que receberam o menor nível de FDN apresentaram maior peso médio, maior ganho de peso e melhor conversão alimentar ao final da fase de crescimento (17ª semana) em relação às alimentadas com os demais níveis de fibra. Os autores associaram os efeitos prejudiciais do aumento do nível de FDN na ração às características da fração fibrosa do farelo de trigo que foi utilizado para atingir os níveis de FDN testados.

Já Freitas *et al.* (2014), ao avaliarem os efeitos dos níveis de fibra em detergente neutro (14,50; 16,50 e 18,50%) e das rações de recria (7ª e 12ª semanas de idade) em duas linhagens de poedeiras observaram que níveis acima de 14,50% diminuem a digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável da ração, contudo, não afetam a composição da carcaça, a qualidade óssea, o consumo de ração e o ganho de peso, embora, possa prejudicar a conversão alimentar das aves de linhagem leve.

Entretanto, estudos com fibras em rações para poedeiras têm demonstrado resultados positivos, como o realizado por Amaral (2014), que incluiu farelo de trigo, casca de soja e feno de tifton na dieta de aves entre 12 a 30 semanas de idade e verificou que o teor de fibra na ração, principalmente a fração insolúvel da fibra, estimulou o desenvolvimento da moela e o feno de tifton aumentou o escore de cor de gema dos ovos.

2.2 Polissacarídeos não amiláceos (PNAs)

Os PNAs são classificados como fibras dietéticas, caracterizados por apresentarem macromoléculas de monossacarídeos, unidos por ligações glicosídicas resistentes às reações de hidrólise enzimática que ocorrem no trato digestório de monogástricos (Cantor,1995; Hetland *et al.*, 2004) e sua presença nos grãos e cereais é variável, sendo dependente das características do vegetal e das condições de cultivo (Rosa e Uttapel, 2007; Caprita *et al.*, 2010). São componentes de alto peso molecular presentes nos alimentos (Gruppen, 1996) e podem compreender mais de 90% da parede celular das plantas (Selvendran e Robertson,

1990). De acordo com Choct (2001), o coeficiente de digestibilidade dos PNAs totais para aves é muito baixo não ultrapassando 12%.

Os PNAs são divididos em três grandes grupos: a celulose (insolúvel em água, álcool ou ácidos diluídos), os polissacarídeos não celulósicos (arabinoxilanas, ligações mistas de beta-glucanos, mananos, galactanos, xiloglucanos e fructanas, que são parcialmente solúveis em água) e os polissacarídeos pectínicos (ácidos poligalacturônicos, os quais podem ser substituídos por arabinanos, galactanos e arabinogalactanos, que são parcialmente solúveis em água) (Sakomura *et al.*, 2014) (Figura 1). Existe uma grande variedade de polissacarídeos em sua estrutura e características físicas, Smits e Annison (1996) enfatizam que geralmente estes polissacarídeos não ocorrem isolados nos alimentos para animais.

Os principais PNAs são:

a) Celulose

Os PNAs possuem em sua constituição cerca de 9 a 25% de celulose (Selvendran e Ryden, 1990). A celulose é um homopolissacarídeo de cadeia linear de alto peso molecular, com elevado grau de polimerização das unidades de D-glicose unidas por ligações tipo β -1,4 e β -1,6, apresentando-se insolúvel em meio alcalino e solúvel em meio ácido (Van Soest, 1994). Encontra-se normalmente associada à lignina, sendo a relação celulose/lignina maior com o avançar da idade dos vegetais. Essa estrutura possui uma configuração alongada formando microfibrilas unidas por pontes de hidrogênio (ligação entre um hidrogênio de uma molécula e o dipolo negativo da outra), o que confere estabilidade as microfibrilas. A organização das moléculas de celulose a torna resistente tanto a hidrólise química quanto enzimática (Hernández e Valdivia, 1995).

b) Hemicelulose

Formado por grupo heterogêneo de polissacarídeos de estrutura complexa, com composição muito variável (Palenzuela *et al.*, 1998), porém, com grau de polimerização inferior ao da celulose. Esses polissacarídeos são unidos por ligações glicosídicas do tipo β , ligados a açúcares residuais como pentoses (xilose, arabinose), hexoses (glicose), manose e ácido glicurônico. As cadeias centrais são, principalmente, formadas por xilanos, galactanos ou mananos e as cadeias laterais por arabinose ou galactose (Rios, 2014), sendo as frações solúveis as principais responsáveis pelo aumento da viscosidade da digesta.

As pentosanas (arabinoxilanos) são compostas basicamente por arabinose e xilose. Possuem estrutura molecular linear com ligações do tipo β -1,4, formada por xiloses e uma cadeia lateral, com ligações do tipo β -1,3, formada por arabinoses e podendo conter hexoses e ácidos hexurônicos. Essas ramificações são responsáveis pela solubilidade. Os β -glucanos são formados por uma cadeia linear de glicose e manose unidas por ligações β -1,3 e β -1,4, as quais rompem a linearidade da molécula impedindo a formação de fibrilas. Os galactomananos são polímeros formados por glicose e manose unidos por ligação β -1,4. Os xiloglucanos são formados por uma cadeia central de glicoses unidas por ligações β -1,4 e uma cadeia lateral de xiloses, unidas através de ligações β -1,3 (Rios,2014)

c) Pectinas

São formadas por ácido D-galacturônico unidos por ligações do tipo α -1,4, com inserção de moléculas de L-raminose, unidas por ligações α -1,2. Nas cadeias laterais de pectinas podem ser encontradas moléculas de arabinose, galactose e xiloses, também fucose e o ácido glucurônico mais raramente. (Choct, 1997), conhecido como elemento cimentante entre membranas. Possui alta capacidade de formação de gel e possui uma porção insolúvel encontrada na parede celular das plantas, e uma porção solúvel, encontrada no citosol das células vegetais (Palenzuela *et al.*, 1998).

Segundo Mares e Stone (1973), a maioria dos arabinoxilanos em grãos é insolúvel em água, pois encontram-se ancorada nas paredes celulares através de ligações cruzadas ésteres álcali-lábeis, ao invés de uma ancoragem simples. Porém, quando não estão vinculados às paredes celulares, os arabinoxilanos podem formar soluções altamente viscosas, podendo absorver cerca de dez vezes o seu peso em água (Wiseman, 2006).

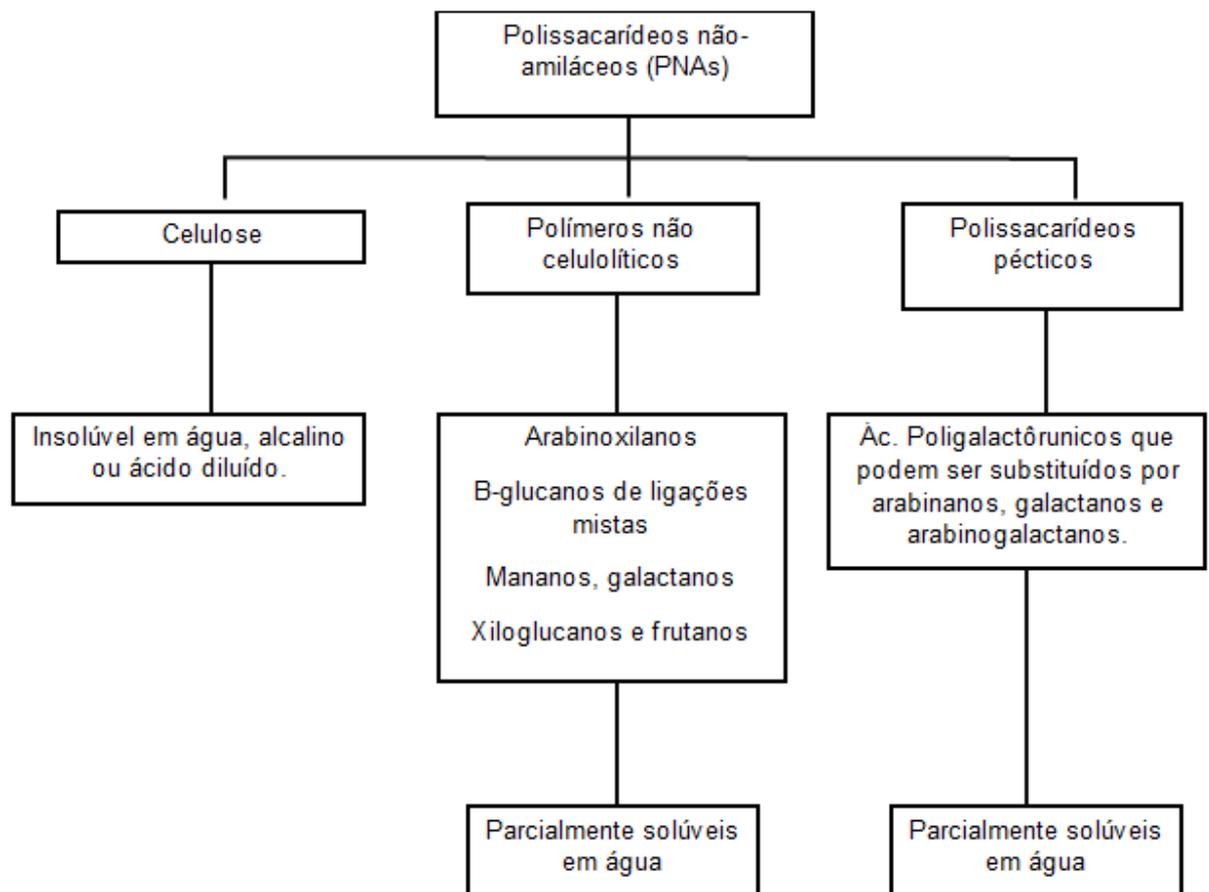


Figura 1. Classificação dos Polissacarídeos não amiláceos (PNAs) (adaptado de Choct e Kocher, 2000)

Os PNAs são os principais componentes da fibra dietética presentes em cereais, e suas unidades formadoras são unidas por ligações do tipo beta, o que os torna indigestíveis para animais não ruminantes. Além disso, estes polissacarídeos podem prejudicar potencialmente a digestão e a absorção dos demais nutrientes dietéticos oferecidos aos animais. A magnitude e as maneiras pelas quais se processam esses eventos dependem de vários fatores, dentre os quais se destacam a origem botânica dos PNAs, as proporções relativas dos tecidos que recobrem o endosperma no cereal, a solubilidade desses polissacarídeos, suas propriedades físico-químicas, a concentração na dieta, a espécie e a idade do animal. (Souffrant, 2001; Wenk, 2001; Montagne, Pluske e Hampson, 2003).

O motivo para sua propriedade antinutricional é a capacidade dos PNAs de aumentar a viscosidade das dietas devido a sua elevada capacidade de se ligar a água, formando um gel viscoso (Buchanan *et al.*, 2007) que interfere na absorção e aproveitamento dos nutrientes já que prejudica a atuação das enzimas endógenas e o contato com a mucosa intestinal.

Penz (1998) afirma que, além da baixa digestibilidade, esses polissacarídeos ou fibras não amiláceas representam um problema para os animais, pois quando não digeridos aumentam a viscosidade do quimo intestinal, causando prejuízos no desempenho das aves, dificultando a ação das enzimas endógenas e interferindo na difusão ou transporte dos nutrientes.

Os polissacarídeos são classificados como solúveis e insolúveis em função da capacidade de formar solução homogênea ou não com a água, contudo, muitas das atividades antinutritivas são atribuídas diretamente aos polissacarídeos solúveis apesar de os polissacarídeos insolúveis também apresentarem efeito na taxa de passagem da digesta e na retenção de água (Lima e Viola, 2001).

A solubilidade dos polissacarídeos não-amiláceos não é determinada somente pela sua estrutura primária, mas também depende de como são ligados a outros componentes da parede celular (Smits e Annison, 1996). De acordo com Bedford (1996), as soluções viscosas agregadas em grandes redes ou estruturas de malha são resultados da união de vários polímeros grandes. As frações solúveis possuem uma capacidade de formação de redes e de retenção de água alta em comparação as frações insolúveis. Isso explica porque frações como a celulose e xilanos possuem capacidade de reter água, porém a sua viscosidade é relativamente baixa.

A dificuldade na digestão da fibra, além de reduzir a energia do alimento, pode prejudicar a utilização de todos os outros nutrientes. Isto ocorre principalmente quando o tipo de fibra do alimento é solúvel, ou seja, tem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato intestinal. A fibra solúvel é composta principalmente pela hemicelulose, a qual é composta pelos beta-glucanos na cevada e aveia e arabinoxilanos no trigo, centeio e farelo de arroz (Conte *et al.*, 2003). Segundo Mourinho (2006), os PNAs solúveis interagem com o glicocálix da borda em escova das células intestinais, aumentando a espessura da camada de água na mucosa, o que dificulta a absorção de nutrientes pela parede intestinal.

O aumento da viscosidade do quimo, promovido pelos PNAs, pode levar a diminuição da digestão de proteínas, gorduras, carboidratos e também de micronutrientes, pois os mesmos ficam menos disponíveis à ação enzimática no intestino delgado (Conte *et al.*, 2002). Os PNAs também podem encapsular nutrientes dentro da matriz das paredes celulares vegetais (Hopwood *et al.*, 2004), Além disto, possuem forte capacidade de ligação iônica com

elementos minerais fazendo com que as dietas ricas em fibra interfiram negativamente na absorção de minerais (Arruda *et al.*, 2003). Outro ponto é que essas alterações no ambiente intestinal poderia formar um ambiente favorável para o desenvolvimento de microrganismos nocivos, como clostrídios e eimerias.

Logo o conhecimento das frações fibrosas que compõem os ingredientes utilizados nas formulações das rações é de extrema importância, pelo fato das características físico-químicas influenciarem diretamente no aproveitamento dos nutrientes pelos animais devido aos efeitos ao longo do trato gastrointestinal.

2.3 Fibra e seus efeitos sobre o trato gastrointestinal

As aves exigem certa quantidade de fibra para o bom desenvolvimento e fisiologia do trato gastrointestinal. Dietas deficientes em fibra podem provocar dilatação do proventrículo, podendo afetar sua funcionalidade (Jiménez-Moreno *et al.*, 2009a). O desenvolvimento inadequado do proventrículo pode resultar no alargamento do istmo gástrico e ruptura do proventrículo no abatedouro, com aumento da taxa de condenação (Svihus, 2011).

O teor de fibra exigido para maximizar o desenvolvimento dos órgãos digestivos depende do tipo e idade das aves (González-Alvarado *et al.*, 2010), das características da fonte de fibra utilizada, especialmente a solubilidade, o teor de lignina e a granulometria (Jiménez-Moreno *et al.*, 2011a; Mateos *et al.*, 2012). De acordo com Mateos *et al.* (2012), a inclusão de até 3% de fonte de fibra insolúvel em rações à base de milho e farelo de soja para frangos de corte e poedeiras pode melhorar o desenvolvimento do trato digestivo e o desempenho das aves.

Os PNAs insolúveis podem irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, levando a aumentos nas secreções endógenas de muco e água e redução na altura das vilosidades (Jin *et al.*, 1994). Porém estudos recentes relatam que a inclusão de fontes insolúveis pode trazer benefícios à morfologia intestinal, pela redução de problemas entéricos (Hanczakowska, Swiatkiewicz, e Bialecka, 2008). Em função de suas características físico-químicas, estes PNAs diminuem o tempo de retenção de digesta e a absorção de nutrientes e aumentam a capacidade de retenção de água, com consequente diminuição no aproveitamento dos nutrientes dietéticos (Montagne; Pluske; Hampson, 2003).

Já os PNAs solúveis podem promover o aumento da viscosidade do quimo, levando a diminuição do contato enzima-substrato tendendo a reduzir a digestibilidade dos nutrientes e consequentemente menor absorção e a taxa de passagem reduzida, logo ocorre redução no consumo de ração e maior disponibilidade de nutrientes para proliferação microbiana, como *E. coli* no intestino. No entanto, aves adultas parecem ser menos sensíveis ao aumento da viscosidade da digesta ocasionado por PNAs solúveis em rações à base de cereais (Lázaro *et al.*, 2003).

As aves respondem rapidamente às mudanças no teor de fibra da ração, modificando o comprimento do intestino e peso dos órgãos, bem como a taxa de passagem da ração pelos diferentes segmentos do TGI. O aumento do teor de fibra insolúvel na ração, resulta em redução do comprimento do intestino delgado (Amerah *et al.*, 2009) e do peso do proventrículo (Jiménez-Moreno *et al.*, 2009b) e em aumento do peso e conteúdo da moela (Amerah *et al.*, 2009; Svihus, 2011) que, em geral, são indicativos de melhor funcionamento do TGI e maior capacidade de consumo de ração (Svihus, 2011; Mateos *et al.*, 2012).

A moela é responsável por importantes aspectos fisiológicos do TGI, incluindo a redução do tamanho de partícula da digesta que entra no intestino delgado; a regulação da motilidade; o controle da passagem da ração e dos refluxos gastroduodenais; o estímulo das secreções digestivas, como HCl, sais biliares e enzimas endógenas; e a sincronização dos processos de digestão e absorção (Mateos *et al.*, 2012).

Steenfeldt *et al.* (2007) avaliaram o fornecimento de forragens de modo complementar à ração para galinhas ISA Brown de 20 a 54 semanas de idade. As aves foram divididas em quatro grupos, sendo que as aves do grupo controle receberam somente ração peletizada, enquanto os outros três grupos receberam a ração mais algum tipo de forragem (cenoura, silagem de milho ou silagem de cevada e ervilha). Os autores observaram que não somente o peso relativo da moela aumentou após a ingestão das silagens, mas também os pesos relativos dos conteúdos da moela e da parte superior do intestino delgado (duodeno/jejuno). Além disso, o conteúdo da moela das aves que receberam as silagens apresentou menores valores de pH (cerca de 0,7 a 0,9 unidades) e maiores concentrações de ácido láctico (15,6 vs 3,2 $\mu\text{moles/g}$) e de ácido acético (6,1 vs 3,6 $\mu\text{moles/g}$) em comparação com os demais tratamentos. O valor de pH do conteúdo cecal foi cerca de 0,4 unidades maior em aves alimentadas somente com ração em comparação com as aves que receberam algum tipo de forragem.

Ao avaliarem os efeitos da inclusão de 3% de celulose microcristalina, casca de aveia e polpa de beterraba sobre o pH dos diferentes órgãos digestivos de frangos de corte, Jimenez-Moreno *et al.* (2009) observaram que o pH do conteúdo da moela reduziu com a inclusão de casca de aveia e de polpa de beterraba em comparação com os outros tratamentos, indicando que a fibra estimulou não somente a atividade da moela, mas também a secreção de ácido clorídrico pelo proventrículo. Já o pH do conteúdo cecal das aves que receberam qualquer um dos três tipos de fibra foi menor em comparação com o grupo controle.

2.4 Fontes de Fibra

No Brasil, as rações utilizadas para os animais não ruminantes são à base de milho e farelo de soja, porém, muitos países utilizam diferentes matérias primas, obtendo resultados semelhantes em comparação com rações à base de milho e farelo de soja. Além disso, a indústria avícola enfrenta desafios com essas matérias primas em relação à qualidade e a grande oscilação dos preços (Pottgueter, 2011).

A principal matéria prima utilizada para reduzir o teor de energia da ração e aumentar o teor de fibra é o farelo de trigo. No entanto, esse ingrediente em alguns momentos fica mais caro que o milho, de modo que a redução no custo de formulação esperada ao utilizar uma ração com menor densidade energética não vem sendo observada. Além disso, a fração fibrosa do farelo de trigo é rica em PNAs insolúveis, o que pode contribuir para o aumento da velocidade de passagem da digesta e consequentemente redução da digestibilidade dos nutrientes e eficiência alimentar (Araújo *et al.*, 2008).

Esses entraves associados ao farelo de trigo motivam a busca e a pesquisa de outras matérias primas que possam aumentar o nível de fibra e reduzir o nível de energia das rações, a fim de reduzir o custo da produção de ovos, visando o melhor resultado econômico e zootécnico do plantel.

A casca de soja é um subproduto do beneficiamento do grão de soja, com grandes perspectivas de uso pela sua disponibilidade e valor nutricional (Garleb *et al.*, 1988). Por não ter competição com a alimentação humana e ser pouco utilizada na alimentação animal torna-se um ingrediente de grande potencial. Também, por ser produzido em grande quantidade, pois para cada 100 kg de soja processada resultam em aproximadamente 8 kg de casca de soja (Mulrhead, 1993).

Na safra 2014/2015 o Brasil produziu 96.2 milhões de toneladas de soja grão (CONAB, 2016), gerando cerca de 7,7 milhões de toneladas de casca de soja. Por isso a casca de soja deve ser estudada para elucidar seus efeitos sobre o desempenho animal e determinar sua inclusão sem que ocorram prejuízos ao desempenho e saúde animal.

Este subproduto possui baixa quantidade de amido e elevada quantidade de nutrientes totais digestíveis e fibras de alta digestibilidade (Dierick *et al.*, 1989). Segundo Rostagno *et al.* (2011), a casca da soja possui 13,9% de proteína bruta (PB), 32,7% de fibra bruta (FB), 44,9% de fibra em detergente ácido (FDA) e 57,4% de fibra em detergente neutro (FDN).

Um ponto que deve ser considerado é a presença de fatores antinutricionais contidos nas leguminosas, destacando os inibidores de tripsina. Sabe-se que esses compostos são inativados pela presença de calor, e como a casca de soja é proveniente da extração do óleo de soja, a mesma não sofre, em geral, tratamento térmico durante seu processamento. Dependendo da origem, esse subproduto apresenta uma grande variação na concentração desses compostos.

Apresenta também alta concentração de PNAs insolúveis, destacando a xilose, os quais em quantidades moderadas podem contribuir para melhor desenvolvimento do trato gastrointestinal e aproveitamento do amido.

A casca de café é outro subproduto da agricultura com potencial para utilização na alimentação de monogástricos. A casca representa 40% do fruto maduro e retorna às lavouras de café como adubo orgânico ou perde-se por não ter utilização (Poveda Parra *et al.*, 2008). Poucos estudos são realizados com uso de casca de café como fonte de fibra na alimentação de aves, não havendo referências sobre a composição nutricional nas tabelas de instituições de pesquisa. Nesse estudo foram realizadas análises de composição química da casca de café, resultando em 88,19% de matéria seca, 9,79% de proteína bruta e 42,24% de fibra em detergente ácido (FDA), 0,21% de lisina, 0,16% treonina, 0,11% cistina, 0,05% de cafeína. Um ponto que deve ser considerado ao utilizar a casca de café é a concentração de cafeína substância esta que pode de alguma maneira afetar algumas características importantes nas aves.

Segundo Mello *et al.*, (1992), o valor encontrado de cafeína para os grãos crus encontram-se entre os limites relatados na literatura científica de 0,5 a 2 g.100g⁻¹ para Café arábica. A cafeína é citada como um componente da alimentação humana que pode interferir

no metabolismo do cálcio, visto que essa substância aumenta a excreção urinária desse mineral, e ainda pode prejudicar sua absorção no intestino.

Da mesma maneira que a casca de soja, a xilose e o PNAS encontrado em maior concentração na composição da casca de café, predominando a fração insolúvel da parede celular.

2.5 Enzima na alimentação de aves de postura

As enzimas exógenas vêm sendo utilizadas principalmente com o objetivo de melhorar a digestibilidade de fontes alternativas de energia, como centeio, trigo, cevada e aveia, tendo, como consequência secundária uma possível melhora nas condições do ambiente destes animais ao apresentarem fezes mais secas. Esses cereais são ricos em polissacarídeos não-amiláceos, os quais aumentam a viscosidade do conteúdo intestinal, comprometendo a digestão e absorção de nutrientes (Freitas *et al.*, 2000).

Segundo Zanella (1998), as enzimas digestivas nada mais são do que proteínas e atuam como catalizadores biológicos sobre substratos específicos, acelerando as reações, aumentando assim, a digestibilidade de nutrientes específicos das matérias primas ou da ração como um todo. Também podem reduzir os efeitos detrimenais de fatores anti-nutricionais presentes em diversos cereais e seus respectivos subprodutos (Schang, 1996).

As carboidrases endógenas produzidas são específicas para carboidratos com ligações alfa, como o amido, não atuando sobre carboidratos fibrosos com ligações beta e oligossacarídeos contendo galactose, encontrados em várias leguminosas. As xilanases são produzidas por uma grande variedade de fungos e bactérias. O modo de ação dessas enzimas é dependente do microorganismo que a produziu, podendo liberar diferentes produtos conforme o tipo de reação catalítica (Sakomura *et al.*, 2014).

A eficácia da suplementação enzimática tem sido bem estudada (Silva e Smithard, 2002) e o uso de xilanases e b-glucanases tem se mostrado eficiente em melhorar o desempenho de aves alimentadas com dietas contendo ingredientes como trigo e cevada, que promovem o aumento da viscosidade, ou mesmo com milho e farelo de soja, considerados grãos que não promovem viscosidade (Mathlouthi *et al.*, 2003). A presença do substrato de

atuação e de preferência em maiores quantidades são fundamentais para a eficiência das enzimas.

As xilanases são enzimas utilizadas na nutrição de monogástricos para potencializar a digestão de polissacarídeos contidos no interior das células vegetais e não acessíveis à ação das secreções endógenas devido à incapacidade das enzimas produzidas pelas aves e suínos em romper as paredes celulares vegetais. Tem-se verificado que a xilanase pode aumentar a digestibilidade e a eficiência de utilização dos alimentos, bem como do amido e da proteína, reduzindo a ação de inibidores de crescimento e auxiliando as enzimas endógenas nos processos digestíveis (Nunes *et al.*, 2007). Além, de reduzir os gastos energéticos do animal para a síntese enzimática (Araújo *et al.*, 2008). Porém, para que ocorra eficácia na utilização das xilanases dois pontos devem ser levados em consideração: a presença de níveis adequados de substrato para que as enzimas possam atuar, no caso das xilanases fontes de fibras com alta concentração de xilanos proporcionam um meio adequado para maior eficiência enzimática. Outro ponto é o pH do meio, xilanases possuem atividade ótima em pH mais baixo, como encontramos no proventrículo e moela, caso não estejam protegidas podem perder eficiência ao encontrar meios com pH não ótimos.

Roberts e Choct (2006) verificaram que a ausência de enzima ou a suplementação de complexo enzimático (amilase+ β -glucanase+ xilanase) na dieta de poedeiras proporcionaram maiores valores para altura de albúmen e Unidade Haugh. Além de obterem maior escore de cor de gema a partir da suplementação com amilase+ β -glucanase+ xilanase ou amilase+ β -glucanase + celulase+ protease.

Silversides *et al.* (2006) não observaram diferenças na produção de ovos e consumo de ração em poedeiras Isa Brown (34 a 64 semanas) submetidas a dez dietas à base de trigo com níveis normais de fósforo disponível (Pd) (0,30 e 0,25% Pd) com e sem suplementação de xilanase (0 ou 2000 U kg⁻¹ de fitase) e oito dietas com Pd reduzido (0,15 e 0,2% Pd) com ou sem xilanase e fitase (0, 300, 500 e 700 FTU de fitase).

Já Novak *et al.* (2008) constataram maior peso dos ovos em aves que receberam dietas com suplementação enzimática (amilase, protease e xilanase) não sendo observados efeitos significativos sobre a porcentagem de casca.

Ao testarem associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas, Silva *et al.* (2012) observaram efeito significativo ($p < 0,01$) dos tratamentos

sobre a conversão alimentar, em que os tratamentos controle negativos (sem a suplementação enzimática) proporcionaram piores valores de conversão alimentar indicando efeito benéfico da inclusão das enzimas, possivelmente, pela maior disponibilização de energia, minerais e demais nutrientes do alimento.

Nesse sentido, as enzimas podem ser alternativas para reduzir os custos de produção de ovos, uma vez que a possível melhora significativa na digestibilidade dos alimentos, obtida com o uso de enzimas, pode maximizar o uso de ingredientes alternativos nas rações.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

- Avaliar o desempenho de aves alimentadas com rações com diferentes fontes de fibra.
- Avaliar a influência dos polissacarídeos não amiláceos na nutrição e desempenho de aves.
- Avaliar o uso de enzima sobre o desempenho de aves associado a diferentes fontes de fibras.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da composição das fibras para poedeiras sobre as características e biometria do trato gastrointestinal.
- Avaliar os efeitos da composição das fibras sobre o aproveitamento de nutrientes na ração e seu impacto no desempenho e qualidade dos ovos.
- Avaliar os efeitos da utilização de fonte de fibra sobre o trato gastrointestinal e seu impacto sobre o desempenho de poedeiras leves.
- Avaliar os efeitos do uso de xinalase sobre os polissacarídeos não amiláceos e seu impacto no desempenho de poedeiras.
- Avaliar a viabilidade da utilização de fonte de fibra como matéria prima alternativa na alimentação de poedeiras comerciais sobre o custo benéfico para produção de ovos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, St. Paul, v.46, n.3, p. 112-126, 2001.

AMARAL, L.M.M. *Efeito dos teores de energia e fibra bruta sobre o desenvolvimento do sistema digestório, qualidade dos ovos e desempenho de poedeiras leves, da fase de crescimento ao pico de produção*. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G. Influence of insoluble fiber and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, v.50, p.366-375, 2009.

ARAÚJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A. *et al.* Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.1, p.67-72, 2008.

ARAÚJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A.; TEIXEIRA, E.N.M.; JORDÃO FILHO, J.; RIBEIRO, M.L.G. Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.1, p.67-72, 2008c.

ARAÚJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; MIRANDA, E.C.; ARAÚJO, J.A.; COSTA, F. G. P. TEIXEIRA, E. N. M. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.5, p.843-848, 2008b.

ARRUDA A.M.V., PEREIRA E.S., MIZUBUTI I.Y.e SILVA L.D.F. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 24,p.181-190.2003.

BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. *et al.* Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.40, n.12, p.2744-2753, 2011.

BEDFORD, M.R. The effect of enzymes on digestion. *Journal of Applied Poultry Science*, Athens, v.5, n.4, p.370-378, Win. 1996.

BUCHANAN N.P., KIMBLER L.B., PARSONS A.S. The effects of nonstarch polysaccharide enzyme addition and dietary energy restriction on performance and carcass quality of organic broiler chickens. *Journal Applied Poultry Research*. v. 16, p.1-12. 2007.

CANTOR A. 1995. Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. *In:Ronda latinoamericana de biotecnologia*, 5., Curitiba. [S.l.: s.n.], p. 31-42, 1995.

CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; JULEAN, C. Biochemical Aspects of Non-Starch Polysaccharides. *Animal Science and Biotechnology*, Romania, v.43, n.1, p.368-374, 2010.

CASTRO JUNIOR, F.G.; CAMARGO, J.C.M.; CASTRO, A.M.M.G.; BUDIÑO, F.E.L. Fibra na alimentação de suínos. *Boletim da Industria Animal*, Nova Odessa, v.62, n.3, p.265-280, 2005

CHOCT, M.; DERSJANT-LI, Y.; MCLEISH, J.; PEISKER, M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, v.23, n.10, p. 1386-1398, 2001.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*. June: 13-26, 1997.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira- Grãos, Safra 2015/16. Decimo primeiro levantamento, Agosto de 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em : 19 dezembro 2016.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T.; MUNIZ, J.A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.27, n. 6, p. 1289-1296, 2002.

CONTE A.J., TEIXEIRA A.S., FIALHO E.T., SCHOUTEN N.A. E BERTECHINI A.G. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:1147-1156, 2003.

DIERICK, N. A.; VERVAEKE, I. J.; DEMEYER, D. I.; DECUYPERE, J. A. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Animal Feed Science and Technology*, Maryland Heights, v. 23, n. 1, p. 141-167, 1989.

ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*. Amsterdam, v.23, 1-3, p.27-42, 1989.

FREITAS, E.R.; BRAZ, N.M.; WATANABE, P.H.; CRUZ, C.E.B.; DO NASCIMENTO, G.A.J.; BEZERRA, R.M. Fiber level for laying hens during the growing phase. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v.38, n. 2, p.188-198, mar./abr., 2014.

GARLEB, K. A.; FAHEY JUNIOR, G. C.; LEWIS, S. M.; KERLEY, M. S.; MONTGOMERY, L. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-products feedstuffs fed to ruminants. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2650-2662, 1988.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D. et al. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science Technol.*, v.162, p.37-46, 2010.

GRUPPEN, H. triggering the breaking of nutrients. *Feed Mix*, v.4, n.1, p. 24-28, 1996

- HANCZAKOWSKA,E; SWIATKIEWICZ, M; BIALECKA,A. Pure cellulose as feed supplement for piglet. *Medycyna Weterynaryjna*, Lublin, v. 64, n.1, p.45-48, 2008.
- HERNÁNDEZ, E.R.G.; VALDIVIA, C.B.P. La pared celular: componente fundamental de las células vegetales. 1ª edición. *Carretera:Universidad Autónoma Chapingo*.1995. 96p
- HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poultry Science*. v.60, p.415-422, 2004.
- HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDAHL, A. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science*., v.44, p.275-282, 2003.
- HOPWOOD, D.E.; PETHICK, D.W.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. Addition of pearl barley to a rice- based diet for newly weaned piglets increased the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post- weaning colibacillosis. *British Journal of Nutrition*, v.92, p.419-427, 2004
- JIMÉNEZ-MORENO, E.; CHAMORRO, S.; FRIKHA, M. et al. Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from one to eighteen days of age. *Animal. Feed Science. Technol.*, v.168, p.100-112, 2011.
- JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; COCA-SINOVA, A. et al. Effects of source of fibre on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers. *Animal. Feed Science. Technol.*, v.154, p.93-101, 2009a.
- JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; GONZÁLEZ-SERRANO, A. et al. Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poult. Sci.*, v.88, p.2562-2574, 2009b.
- JIN, L. *et al.* Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. *Journal of Animal Science*, Savoy, v.72, n.9, p.2270-2278, 1994.
- KRIMPEN, M.M.V.; KWAKKEL, R.P., ANDRÉ, G. et al. Effect of nutrient dilution on feed intake, eating time and performance of hens in early lay. *British Poultry Science*, v.48, n.4, p.389-398, 2007.
- LÁZARO, R.; GARCÍA, M.; ARANÍBAR, M.J. et al. Effects of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *British Poultry Science*., v.44, p. 256-265, 2003.
- LIMA G.J.M.M. E VIOLA E.S. Ingredientes energéticos: trigo e triticale na alimentação animal. *In: Simpósio Sobre Ingredientes Na Alimentação Animal*. Campinas CBNA p.33-61, 2001.
- MATEOS, G.G.; JIMÉNEZ-MORENO. E.; SERRANO, M.P.; LÁZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. appl. Poult. Res.* 21:156–174. 2012.

- MATHLOUTHI, N.; JUIN, H.; LARBIER, M. Effect of xylanase and α -glucanase supplementation of wheat- or wheat- and barleybased diets on the performance of male turkeys. *British Poultry Science*, v. 44, n. 2, p. 291-298, 2003.
- MARES, D.J.; STONE, B.A. Studies on wheat endosperm: Chemical composition and ultrastructure of cell wall. *Australian Journal of Biological Sciences*. V.26, p.793-813, 1973.
- MELLO, M. R. P. A.; MINAZZI-RODRIGUES, R. S.; CARVALHO, J. B.; SHIROSE, I. Estudo comparativo de métodos de extração para determinação de cafeína em café. *Revista Instituto Adolfo Lutz, São Paulo*, v. 52, p. 89-95, 1992.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fiber and the intestinal mucosa and their consequences on digestive health in Young non-ruminant animal. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.108, n.1-4, p.95-117, 2003.
- MOURINHO, F.L. *Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche*. 2006. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- MULRHEAD, S. *Soyhulls are acceptable alternative to forage fiber in dairy cows diets*. *Feedstuffs*, v. 655, n. 46, p.12, 1993.
- NOVAK, C. L.; YAKOUT, H. M.; REMUS, J. Response to varying dietary energy and protein with or without enzyme supplementation on leghorn performance and economics. 2. Laying Period. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 17, n. 1, p. 17-33, 2008.
- NUNES, J. K.; ROSSI, P.; ROCHA, A. L. M.; ROCHA, A. A.; DALLMANN, H. M.; REIS, J. S.; RIBEIROS, J. N.; GONÇALVES, F. M.; ANDERS, P.; ANCIUTI, M. A.; MAIER, J. C.; RUTZ, F. Avaliação da qualidade dos ovos de poedeiras suplementadas com complexo enzimático em dieta vegetariana reformuladas. *In Congresso de Iniciação Científica, 16, 2007, Pelotas*. Anais... Pelotas: Faem, 2007.
- PALENZUELA, P.R.; GARCIA, J.; BLAS, C. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. In: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. Barcelona: FEDNA, p. 227-240, 1998.
- PENZ JÚNIOR A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 35, Botucatu-SP. p.165-178, 1998.
- POTTGUETER, R. Fiber in Layer's Feed – A Practical Approach based on Raw Materials' Varying Patterns. In: *Congresso latinoamericano de avicultura*, 22, 2011, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires: [s.n.] 2011.

POTTY V.H. Physico-chemical aspects, physiological functions, nutritional importance and technological significance of dietary fibers A critical appraisal. *Journal Food Science Technol*, v.33, p.1-18, 1996.

POVEDA PARRA, A.R; MOREIRA, I; FURLAN, A. C; PAIANO, D; SCHERER, C; CARVALHO, P, L, O. Utilização da casca de café na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.433-442, 2008.

RIOS, H.V. *Frações de polissacarídeos não amídicos presentes em ingredientes utilizados na formulação de ração para frangos de corte*. 2014. 29f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

ROSA, A.P.; UTTAPEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos de corte. In: *VIII Simpósio Brasil Sul de Avicultura, 2007*, Chapecó. Anais... Chapecó, 2007, p.102-115.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, R.S.T. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

SAKOMURA, N.K; Da SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES,J.B.K.; HAUSCHILD,L. Nutrição de Não Ruminantes. Jaboticabal, Funep,678p. 2014.

SELVENDRAN, R.R.; ROBERTSON, J.A. The chemistry of dietary fibre: a holistic view of the cell wall matrix. In: SOUTHGATE, D.A.T.; JOHNSON, I.T.; FENWICK, G.R. (Eds) *Dietary Fiber: Chemical and Biological Aspects*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, n. 83, 1990.

SELVENDRAN, R.R.; P. RYDEN. Isolation and analysis of plant cell walls. Em: DEY, P.M.; HARBONE,J.B. *Methods in plant biochemistry*. v.2, Academic Press. California, United States of America, p.549-579, 1990.

SHANG M.J. O uso de enzimas VEGPRO em dietas para frangos em crescimento. In: *6a Ronda Latinoamericana de Biotecnologia da Alltech*, Caribe, Anais... p. 71-77. 1996.

SILVA, L.M; GERALDO, A; VIEIRA FILHO, J. A; MACHADO, L. C; BRITO, J. A. G; BERTECHINI, A. G. Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas. *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá*, v. 34, n. 3, p. 253-258, 2012.

SILVA, S. S. P.; SMITHARD, R. R. Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. *British Poultry Science*, v. 43, n. 2, p. 274-282, 2002.

SILVERSIDES, F. G.; SCOTT, T. A.; KORVER, D. R.; AFSHARMANESH, M.; HRUBY, M. A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheatbased diets fed to commercial white and brown egg laying hens. *Poultry Science*, v. 85, n. 2, p. 297-305, 2006.

SMITS, C.H.N e ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition-towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poultry Science Journal*, London, v.52, n.2, p.203-221, July 1996.

SOUFFRANT, W.B. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.90, n.1, p.93-102, 2001.

STEENFELDT, S.; KJAER, J.B; ENGBERG, R.M. Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behavior. *British Poultry Science* v.48, n.4, p. 454-468, 2007.

SVIHUS, B. The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science. J.*, v.67, p.207-224, 2011.

VAHOUNY, G.V. *Dietary Fiber in Health and Disease*, Plenum press, New York, 1982.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2th ed. New York: Cornell University Press, 476p.1994.

VERVAEKE, I. J.; GRAHAM, H.; DIERICK, N. A. et al. Chemical Analysis of Cell Wall and Energy Digestibility in Growing Pigs. *Animal Feed Science Publishers*, v.32, p.55-61, 1991.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.90, n.1, p.21-33, 2001.

WISEMAN, J. Variations in starch digestibility in non-ruminants. *Animal Feed Science Technology*, Amsterdam, v.130, p. 66-77, 2006.

ZANELLA, I. Suplementação enzimática em dietas a base de milho e soja processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte. Jaboticabal, 1998, 179 p. Tese Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

Efeito da fonte de fibra e uso de xilanase sobre desempenho, qualidade de ovos e biometria dos órgãos gastrointestinais de poedeiras leves

Salim, L.S¹, Carvalho, T.S.M¹, Nogueira, F.A¹, Saldanha, M, M¹, Vaz, D. P¹, Bertechini, A, G², ¹, Baião, N, C¹, Lara, L.J.C.¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais

²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de fibras com inclusão ou não de enzima em rações para poedeiras de 25 a 45 semanas de idade. Foram utilizadas 864 aves da linhagem comercial Lohmann[®], distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, compreendendo três fontes de fibras (farelo de trigo, casca de soja e casca de café) e a inclusão ou não de uma xilanase (na concentração de 160000BXU/g), totalizando seis tratamentos e seis repetições/tratamento. No período experimental com duração de 20 semanas, foram avaliados as medidas de desempenho das aves, qualidade dos ovos e biometria dos órgãos intestinais. Não houve interação entre os fatores sobre as características avaliadas. A inclusão de enzima não influenciou as medidas avaliadas. As fontes de fibras tiveram efeito sobre ganho de peso, viabilidade, peso do ovo, medidas de qualidade da casca, cor da gema e peso relativo do fígado e moela. As cascas de café, de soja e o farelo de trigo podem ser utilizadas na ração de poedeiras sem prejudicar o desempenho. A xilanase avaliada não se mostra eficiente em melhorar o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras.

Palavras-chave: fibra alternativa, enzima, viscosidade, polissacarídeos não amiláceos, desempenho, biometria

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different dietary fiber sources varying in xylanase inclusion on productive performance, egg quality and digestive organ biometry of laying hens. A total of 864 Lohmann White hens were fed diets with 3 fiber sources (wheat bran, soybean hull and coffee hull) with or without xylanase (concentration of 160000BXU/g) inclusion in a 3x2 factorial arrangement from 25 to 44 weeks of age. Each treatment was replicated 6 times (6 hens per replicate). There were no interactions ($P > 0.05$) between

dietary fiber and xylanase inclusion. The enzyme supplementation did not influence any parameters evaluated ($P > 0.05$). There were dietary fiber effects ($P < 0.05$) on body weight gain, viability, egg weight, eggshell quality, yolk pigmentation and liver and gizzard relative weights. The wheat bran, soybean hull and coffee hull can be used in laying hen diets without cause any detrimental effect on productive performance. The enzyme used in this experiment did not show any improvement in hen's performance and eggshell quality.

Key words: alternative fiber, enzyme, viscosity, non-starch polysaccharides, laying hen performance, biometry

INTRODUÇÃO

De uma maneira geral, pouca importância tem sido atribuída à fibra na nutrição de aves, por ser considerada a fração do alimento que não é digerida por enzimas secretadas pelo trato gastrointestinal de animais não ruminantes, além dos conceitos de diluidor de dietas e da presença de fatores antinutricionais. No entanto, quantidades moderadas de fibra podem melhorar o desenvolvimento de órgãos, a produção de enzimas e a digestibilidade dos nutrientes em aves domésticas. Alguns destes efeitos são consequências da melhor funcionalidade da moela, com aumento do refluxo gastroduodenal que facilita o contato entre nutrientes e enzimas digestivas. Estes efeitos muitas vezes resultam em aumento do crescimento e da saúde dos animais, mas os benefícios potenciais dependem em grande parte das características físico-químicas da fonte de fibra.

O farelo de trigo é principal matéria prima utilizada para reduzir os níveis energéticos e elevar os teores de fibra em detergente neutro (FDN) dietéticos. No entanto, esse ingrediente encontra-se muitas vezes com o custo elevado, havendo a necessidade da busca por ingredientes alternativos que possam ser utilizados na dieta com o objetivo de reduzir os custos de produção de ovos, sem prejudicar o desempenho das aves. O Brasil possui destaque mundial na produção de grãos, produzindo na safra 2014/2015 algo em torno de 207.770 milhões de toneladas (CONAB, 2016), conseqüentemente toda essa produção gera milhares de toneladas de resíduos com potenciais para utilização na alimentação animal que muitas vezes são desperdiçados ou voltam para a lavoura como adubo.

Existem dois entraves na utilização de alimentos alternativos, que são a variação na sua composição química e a presença de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) que podem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho animal.

Os PNAs que compõem a parede celular dos cereais, são indisponíveis para os animais não ruminantes por não existirem enzimas endógenas que possibilitam a hidrólise e seu aproveitamento. Outro ponto que caracteriza as fibras é a sua solubilidade, que varia conforme a constituição dos PNAs e o meio os quais se encontram. Os PNAs solúveis reduzem a velocidade de passagem, alteram a viscosidade intestinal e, conseqüentemente, reduzindo a ação enzimática e disponibilidade dos nutrientes. A presença de PNAs insolúveis pode ser benéfica para o aproveitamento do amido na moela.

O efeito de dietas fibrosas sobre a fisiologia digestiva dos animais está gerando cada vez mais interesse, principalmente entre os monogástricos, onde o conhecimento de microrganismos envolvidos na quebra da fibra é ainda limitado, quando comparado com animais poligástricos (Castro Júnior *et al.*, 2005).

As enzimas exógenas são ferramentas disponíveis para o aproveitamento desses nutrientes por meio da quebra das ligações beta e aumento da disponibilidade dos nutrientes, além de reduzir possíveis efeitos negativos que os polissacarídeos não amiláceos possam exercer sobre o trato gastrointestinal das aves e, conseqüentemente, prejudicar o seu desempenho.

Esses entraves associados ao farelo de trigo motivam a busca e a pesquisa de outras matérias primas que possam aumentar o nível de fibra e reduzir o nível de energia das rações, a fim de reduzir o custo da produção de ovos, visando o melhor resultado econômico e zootécnico do plantel.

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de diferentes fontes de fibras na dieta com a inclusão ou não de enzima sobre as medidas de desempenho, qualidade de ovos e biometria e histologia dos órgãos gastrointestinais de poedeiras leves.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 864 aves da linhagem comercial Lohmann[®] de 25 semanas de idade distribuídas em 36 parcelas experimentais, sendo cada parcela constituída por quatro gaiolas

com seis aves por gaiola na densidade de 375 cm²/ave, em um total de 24 aves por parcela, durante 20 semanas. Foi utilizado um delineamento experimental em esquema fatorial 3x2, compreendendo três fontes de fibras (farelo de trigo, casca de soja e casca de café) e a inclusão ou não de uma xilanase (na concentração de 160000 BXU/g), totalizando seis tratamentos e seis repetições/tratamento, conforme demonstrado na tabela 1. Para a formulação das rações, foram utilizados os valores dos ingredientes indicados nas tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2011), exceto para a casca de café, para o qual foi atribuído um valor de 1035 kcal/kg, devido à carência de estudos de determinação de energia deste ingrediente para poedeiras. Em contrapartida uma amostra foi levada ao laboratório para determinação da composição química da casca de café: 88,19% de matéria seca (MS), 10,75% de proteína bruta (PB), 42,24% de fibra em detergente ácido (FDA), 0,21% de lisina total, 0,16% de treonina total e 0,11% de cistina total. O programa de luz utilizado foi de 14 horas de luz/dia, sendo 12 horas de luz natural e 2 horas de luz artificial, fornecendo-se metade pela madrugada e a outra metade no período da noite.

A produção de ovos foi registrada diariamente a fim de se calcular o percentual médio de produção no período experimental. A quantidade de ração oferecida e as sobras de cada repetição foram pesadas semanalmente para a determinação do consumo de ração e conversão alimentar por quilo de ração consumida. O número de aves mortas foi registrado diariamente a fim de se obter a porcentagem de viabilidade e número de ovos por ave alojada. O peso dos ovos foi registrado a cada 28 dias, onde todos os ovos de cada repetição foram pesados e, desta forma, foi possível obter além do peso dos ovos a conversão por massa de ovo produzido. Na 33^a e 44^a semana de idade, 24 ovos de cada tratamento foram analisados para determinação da porcentagem de gema, casca e albúmen, espessura da casca, unidade Haugh, resistência da casca e coloração da gema. Os cálculos de porcentagem dos componentes dos ovos (%gema, %albúmen e %casca) foram feitos conforme descrito por Wu et al. (2005). As avaliações de espessura foram feitas utilizando micrômetro digital da marca Digimess®, com precisão de 0,001 mm, realizando as medições em três pontos distintos da casca do ovo (região apical, equatorial e basal). O resultado foi obtido pela média dos três pontos, expresso em (mm).

Para o cálculo de unidade Haugh utilizou-se o aparelho medidor de Unidades Haugh modelo S-8400 (Ames, Massachussets, EUA), A partir dos dados de peso do ovo e altura do albúmen, as unidades Haugh foram obtidas pela fórmula: $UH = 100 \log_{10} (H - 1.7 W^{0.37} + 7.56)$, em que H = altura de albúmen; e W = peso do ovo (Brant et al. 1951). Para avaliação de resistência outros 24 ovos de cada tratamento foram coletados aleatoriamente e o teste

utilizado foi fratura por compressão. O aparelho TA,X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England) foi utilizado. Foi utilizada a sonda P4 DIA Cylinder de aço inoxidável, de 4 mm de diâmetro a velocidade pré, durante e pós-teste de 3.0; 0.5; e 5.0; mm/s e uma distância de 6 mm. A força de gatilho utilizada foi de 3.0g. O ovo inteiro foi colocado longitudinalmente sobre suporte de metal em forma de anel (5 cm de diâmetro) dentro de um cadinho de porcelana. A casca foi pressionada até que ocorresse a fratura. Para a determinação da coloração da gema foram utilizadas as gemas provenientes dos ovos utilizados para determinação da porcentagem dos componentes do ovo, unidade Haugh e espessura de casca, utilizou o leque colorimétrico (DSM YOLK COLOR FAN, 2005 – HMB 51548). Imediatamente após o ovo ser quebrado, a cor da gema foi comparada com a cor correspondente mais próxima da paleta de cores, que varia de 1 a 15. Estas avaliações foram feitas pelas mesmas pessoas, sempre no mesmo local, a fim de evitar variações, principalmente por ser uma análise subjetiva.

No início e término do período experimental todas as aves foram pesadas para avaliação do ganho de peso.

Tabela 1. Composição (%) e valores nutricionais calculados das rações da fase de produção

| Ingredientes | Tratamentos | | |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| | Farelo de trigo | Casca de Soja | Casca de Café |
| Milho grão | 59,167 | 61,333 | 61,000 |
| Farelo de soja (45% PB) | 19,667 | 19,667 | 21,167 |
| Farelo de trigo | 7,833 | 0,000 | 0,000 |
| Casca de soja ¹ | 0,000 | 5,000 | 0,000 |
| Casca de café | 0,000 | 0,000 | 4,250 |
| Calcário calcítico | 8,548 | 8,154 | 8,556 |
| Farinha de carne e ossos (40%PB) | 4,083 | 5,167 | 4,333 |
| Sal | 0,300 | 0,322 | 0,300 |
| Suplemento vit. e min. ² | 0,200 | 0,200 | 0,200 |
| DL Metionina | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| L-Lisina HCL | 0,011 | 0,000 | 0,003 |
| Inerte ou Xilanase ³ | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| TOTAL (%) | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Teores nutricionais | | | |
| Cálcio (%) | 3,79 | 3,78 | 3,82 |
| EMAn (kcal/kg) | 2682,0 | 2680,8 | 2677,5 |
| Fósforo disponível (%) | 0,35 | 0,40 | 0,35 |
| Lisina digestível (%) | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Metionina+cistinadig. (%) | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| Metionina dig. (%) | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Proteína bruta (%) | 17,00 | 17,00 | 17,00 |
| Sódio (%) | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| Treonina digestível (%) | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| Triptofano dig. (%) | 0,16 | 0,16 | 0,16 |

¹ Casca de soja com atividade ureática de 0,09 dif. pH. ² Suplemento vitamínico mineral (composição por kg do produto): Vit. A 5.000.000 UI, Vit D3 1.100.000 UI, Vit E 4.000 mg, Vit. K3 1.000 mg, Vit B₁ 520 mg, Vit. B₂ 1.500 mg, Vit. B₆ 500 mg, Vit B₁₂ 3.000 mg, Ácido Fólico 102 mg, Biotina 10 mg, Niacina 10 g, Ácido Pantotênico 4.600 mg, Manganês 25 g, Zinco 25g, Ferro 25 g, Cobre 3.000 mg, Cobalto 50 mg, Iodo 500 mg, Selênio 100 mg, Colina 43g. Bacillus subtilis 75x10e9 UFC ³ Inclusão xilanase 75g/tonelada

Ao final do período experimental, uma ave por repetição, selecionada dentro de uma faixa de $\pm 10\%$ da média de peso da repetição, foi abatida por deslocamento cervical. Foram coletados moela, mediante limpeza e retirada de todo conteúdo residual de ração, fígado com a vesícula biliar, intestino e pâncreas para obtenção do peso dos órgãos. O conteúdo intestinal encontrado entre o divertículo de Meckel e o ceco foi coletado e centrifugado em centrífuga Combate® 3400rpm por 10 minutos, o sobrenadante foi coletado e posteriormente congelado a -30°C . O sobrenadante foi descongelado em temperatura ambiente e analisado em viscosímetro Brookfield Cone and Plate LVCDVII. Os pâncreas juntamente com a primeira alça do duodeno posterior a pesagem foram fixados em formalina neutra tamponada a 10%. Após a fixação foi mensurado o comprimento e largura dos pâncreas. Para a preparação das lâminas histológicas, os tecidos foram desidratados em concentrações crescentes de etanol, diafanizados em xilol e embebidos em parafina para obtenção de cortes seriados de $4\text{-}\mu\text{m}$ de espessura, os quais foram corados com hematoxilina-eosina (HE) de acordo com Luna (1968) e analisados em microscópio de luz.

Foram feitas amostragens das fontes de fibras utilizadas nas rações e analisadas conforme Englyst, Quigley e Hudson (1994) para concentração de polissacarídeos não amiláceos.

As médias foram submetidas a ANOVA em um arranjo fatorial com fontes de fibra e presença ou ausência de enzima como os principais efeitos. Todas as possíveis interações dentro e entre os principais efeitos foram avaliados usando o programa SAS (SAS Institute, 2002), quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os dados não normais foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis, utilizando o mesmo programa. Os parâmetros de significância utilizados foram baseados em $p \leq 0,05$.

A metodologia utilizada neste experimento foi aprovada pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais – CETEA, sob protocolo n° 384/2015.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A influencia da fibra sobre as medidas de desempenho e fisiologia dos animais não ruminantes não depende somente do teor de parede celular incorporado à dieta, mas também dos constituintes dessa parede, como sua composição química e associação com demais

nutrientes. Conforme observado na tabela 2 os principais constituintes dos polissacarídeos não amiláceos encontrados no farelo de trigo foram: arabinose (5,90%), xilose (9,8%) e glicose (7,50%), que são os principais constituintes das hemiceluloses, responsáveis pelas alterações na viscosidade intestinal. Já a casca de soja e casca de café possuem como principais constituintes a glicose (27,95 e 16,90%), xilose (7,97 e 8,10%) e o ácido galacturônico (7,65 e 6,60%) respectivamente. O ácido galacturônico que aparece em grande proporção na casca de soja e de café é o principal constituinte da pectina, responsável pela formação do gel no trato gastrointestinal dos animais.

Os PNAs são divididos em três grandes grupos: a celulose (insolúvel em água, álcool ou ácidos diluídos), os polissacarídeos não celulósicos (arabinoxilanas, ligações mistas de beta-glucanos, mananos, galactanos, xiloglucanos e fructanas, que são parcialmente solúveis em água) e os polissacarídeos pectínicos (ácidos poligalacturônicos, os quais podem ser substituídos por arabinanos, galactanos e arabinogalactanos, que são parcialmente solúveis em água) (Sakomura *et al.*, 2014). Porém a solubilidade desses grupos não pode ser definida por si só, como demonstrado na tabela 2, cada constituinte dos polissacarídeos não amiláceos possui uma fração solúvel e insolúvel no qual o meio que se encontram vai definir a solubilidade final e as características da parede celular a ser utilizada.

A xilose, arabinose, glicose, manose e ácido glicurônico são os principais constituintes das hemiceluloses, os quais fazem parte da fração solúvel da parede celular. A fração solúvel possui como principal característica o aumento da viscosidade do conteúdo intestinal, que reduz o contato enzimático com o quimo reduzindo o aproveitamento dos nutrientes e a taxa de passagem da digesta. Consequentemente ocorre redução do consumo de ração e maior disponibilidade de substrato para proliferação de microrganismos (Bedford, 1995).

Outro constituinte da fração solúvel da parede celular são as pectinas que tem como principal constituinte o ácido galacturônico, nas cadeias laterais podem ser encontrados os demais constituintes dos polissacarídeos não amiláceos. Possui alta capacidade de formação de gel e possui uma porção insolúvel encontrada na parede celular das plantas, e uma porção solúvel, encontrada no citosol das células vegetais (Palenzuela *et al.*, 1998).

Tabela 2. Concentração de Polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) em matéria natural (%) no farelo de trigo, casca de soja e casca de café

| FONTES FIBRAS | RAMNOSE | | | FUCOSE | | | ARABINOSE | | | XILOSE | | | MANOSE | | | GALACTOSE | | | GLICOSE | | | ÁCIDO GALACTURÔNICO | | |
|---------------------------|---------|------|------|--------|------|------|-----------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|-----------|------|------|---------|-------|-------|------------------------|------|------|
| | S | I | T | S | I | T | S | I | T | S | I | T | S | I | T | S | I | T | S | I | T | S | I | T |
| FARELO TRIGO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,50 | 5,40 | 5,90 | 0,60 | 9,20 | 9,80 | 0,20 | 0,20 | 0,40 | 0,10 | 0,60 | 0,70 | 0,50 | 7,00 | 7,50 | 0,20 | 0,20 | 0,40 |
| CASCA SOJA | 0,10 | 0,31 | 0,41 | 0 | 0,10 | 0,10 | 0,31 | 3,83 | 4,14 | 0 | 7,97 | 7,97 | 0 | 4,14 | 4,14 | 0,82 | 1,65 | 2,47 | 0 | 27,95 | 27,95 | 4,96 | 2,69 | 7,65 |
| CASCA DE CAFÉ | 0,20 | 0,20 | 0,40 | 0 | 0 | 0 | 1,20 | 2,70 | 3,90 | 0,50 | 7,60 | 8,10 | 0,40 | 0,60 | 1,0 | 0,70 | 1,20 | 1,90 | 2,10 | 14,80 | 16,90 | 4,70 | 1,90 | 6,60 |
| MILHO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,10 | 1,40 | 1,50 | 0 | 2,20 | 2,20 | 0,20 | 0,30 | 0,50 | 0,10 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 2,50 | 3,10 | 0,20 | 0,20 | 0,40 |
| FARELO DE SOJA | 0,10 | 0,10 | 0,20 | 0 | 0,20 | 0,20 | 0,59 | 1,87 | 2,46 | 0,10 | 1,28 | 1,38 | 0,49 | 0,49 | 0,98 | 1,08 | 3,16 | 4,24 | 0,10 | 4,54 | 4,64 | 0,99 | 1,58 | 2,57 |

S= Solúvel ; I = Insolúvel; T = Total

Os efeitos dos polissacarídeos não amiláceos e suas alterações no trato gastrointestinal das aves é ligado somente aos ingredientes utilizados como fontes de fibras, porem os principais ingredientes utilizados na alimentação animal como o milho e farelo de soja possuem quantidades consideráveis desses constituintes que em associação com os demais ingredientes podem contribuir para os efeitos dos PNAs sobre o desempenho e características do trato gastrointestinal das aves.

Tabela 3. Peso vivo inicial (Kg), peso vivo final (Kg), ganho de peso (g) consumo de ração (g/dia) de poedeiras, no período de 25 a 45 semanas de idade de acordo com os tratamentos

| Fatores | Peso inicial ¹ (Kg) | Consumo de ração ¹ (g/dia) | Ganho de peso ² (g) | Peso final ¹ (Kg) |
|------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| Fonte Fibra | | | | |
| Farelo trigo | 1,43 a | 101,44a | 0,217 a | 1,64 a |
| Casca soja | 1,42 a | 102,03a | 0,181 b | 1,60 b |
| Casca café | 1,43 a | 102,08a | 0,173 b | 1,60 b |
| Enzima | | | | |
| Sem | 1,42 A | 101,82 A | 0,195 A | 1,62 A |
| Com | 1,43 A | 101,88 A | 0,185 A | 1,62 A |
| Anova | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | 0,7666 ^{ns} | 0,6696 ^{ns} | 0,0420* | 0,0179* |
| Enzima (Enz) | 0,3452 ^{ns} | 0,9249 ^{ns} | 0,4756 ^{ns} | 0,8674 ^{ns} |
| FF x Enz | 0,9179 ^{ns} | 0,7636 ^{ns} | 0,6357 ^{ns} | 0,4916 ^{ns} |
| CV (%) | 1,79 | 1,91 | 22,44 | 2,33 |

1 ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2 ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

CV = coeficiente de variação.

Não houve interação ($p > 0,05$) entre os fatores para as características descritas na tabela 3.

O peso inicial das aves foi semelhante entre os tratamentos ($p > 0,05$), comprovando a homogeneidade dos mesmos do início da fase experimental (tabela 3).

Não houve efeito dos tratamentos no consumo de ração pelas aves ($p > 0,05$). Esse fato pode ser um indicativo de que as fontes de fibra utilizadas e a inclusão ou não de enzima não afetaram fatores importantes para a determinação da ingestão do alimento pelas aves como a

palatabilidade, por exemplo. A não variação do consumo pelas as aves que receberam ração com casca de soja e casa de café em relação as que receberam ração com farelo de trigo, indica que, provavelmente, a composição dessas fontes de fibra não promoveu alterações na viscosidade da digesta a ponto de comprometer o consumo de ração concordando com Araujo *et al.* (2008) que observaram que a inclusão de até 9% de farelo de trigo ração não interfere no consumo.

Houve efeito das fontes de fibras sobre o ganho de peso ($p \leq 0,05$). As aves que receberam a ração com inclusão de farelo de trigo obtiveram maior ganho de peso comparadas com as aves que receberam a ração com casca de soja e casca de café, que não diferiram entre si, influenciando no peso final das aves que receberam a ração com inclusão de farelo de trigo ao final do período experimental ($p \leq 0,05$). Os PNAs insolúveis são os principais constituintes das fontes de fibras utilizados nas rações experimentais, em função de suas características físico-químicas, estes PNAs diminuem o tempo de retenção de digesta e a absorção de nutrientes e aumentam a capacidade de retenção de água, com consequente diminuição no aproveitamento dos nutrientes dietéticos (Montagne; Pluske; Hampson, 2003), nesse caso a composição dos PNAs presentes no farelo de trigo não foram capazes de interferir na absorção e aproveitamento dos nutrientes presentes na ração, garantindo assim maior ganho de peso e peso final dessas aves em comparação com as outras duas fontes avaliadas. Braz *et al.* (2011), que, ao utilizarem níveis crescentes (14,5%, 16,5% e 18,5%) de fibra em detergente neutro (FDN) em rações para aves em fase de crescimento, verificaram que as frangas que receberam o menor nível de FDN apresentaram maior peso médio, maior ganho de peso e melhor conversão alimentar ao final da fase de crescimento (17ª semana) em relação às alimentadas com os demais níveis de fibra.

Como observado na tabela 4 a viabilidade foi afetada pela inclusão de diferentes fontes de fibras ($p \leq 0,05$). As aves que receberam ração com farelo de trigo apresentaram maior viabilidade quando comparada com as aves que receberam a casca de soja como fonte de fibra, não diferindo das que receberam a casca de café. Não foi encontrada justificativa para esse efeito. Não houve efeito dos tratamentos sobre a produção, número de ovos por ave alojada, conversão alimentar (Kg/dz) e conversão alimentar (Kg/Kg) ($p > 0,05$). Esses resultados estão de acordo com Gonal *et al.* (2004) que não observaram efeitos no desempenho de frangos quando adicionaram xilanases a dietas com trigo e com Amaral (2014) que, ao avaliarem a inclusão de farelo de trigo, casca de soja e feno de tifton como

fontes de fibras na ração de poedeiras leves durante a fase de produção, não observaram diferença na produção e peso dos ovos e número de ovos por ave alojada.

Tabela 4. Viabilidade, produção de ovos (%), número de ovos/ ave alojada, conversão alimentar (Kg/dúzia) e conversão alimentar (Kg/Kg) de poedeiras, no período de 25 a 45 semanas de idade de acordo com os tratamentos

| Fatores | Viabilidade ² | Produção Ovos ¹ (%) | Nº de ovos / ave alojada ¹ | Conversão Alimentar ¹ (Kg/dz) | Conversão Alimentar ¹ (Kg/Kg) |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Fonte Fibra | | | | | |
| Farelo Trigo | 99,30 a | 94,75 a | 124,54 a | 1,29 a | 1,83a |
| Casca Soja | 96,52 b | 95,63 a | 124,37 a | 1,29 a | 1,84a |
| Casca Café | 96,52 ab | 94,89a | 122,63 a | 1,30a | 1,85a |
| Enzima | | | | | |
| Sem | 96,75 A | 94,67 A | 122,80 A | 1,30 A | 1,85 A |
| Com | 98,14 A | 95,51A | 124,89 A | 1,29 A | 1,83 A |
| Anova | | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | 0,0438 * | 0,2797 ^{ns} | 0,2747 ^{ns} | 0,6538 ^{ns} | 0,4510 ^{ns} |
| Enzima (Enz) | 0,3836 ^{ns} | 0,0856 ^{ns} | 0,0560 ^{ns} | 0,2771 ^{ns} | 0,2142 ^{ns} |
| FF x Enz | - | 0,1315 ^{ns} | 0,5037 ^{ns} | 0,6041 ^{ns} | 0,6637 ^{ns} |
| CV (%) | - | 1,49 | 2,55 | 2,21 | 1,42 |

1 ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2 ns = não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Mann & Whitney ($p \leq 0,05$).

CV = coeficiente de variação

A inclusão de enzima não influenciou o resultado do número de ovos/ave alojada ($p > 0,05$), porém, devido à proximidade do valor de p para um valor significativo ($P = 0,056$) a inclusão de enzima pode ser levada em consideração, independente da fonte de fibra utilizada.

Tabela 5. Peso de ovo, % gema, % albúmen, Unidade Haugh (UH) de ovo de poedeiras com 33 semanas de idade de acordo com os tratamentos

| Fatores | Peso de Ovo ¹ | %Gema ¹ | % Albúmen ¹ | UH ² |
|--------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Fonte Fibra | | | | |
| Farelo Trigo | 60,55 a | 25,32 b | 64,88 a | 93,97 a |
| Casca Soja | 58,84 b | 25,57 ab | 64,61 a | 94,58 a |
| Casca Café | 59,84 ab | 26,26 a | 64,30 a | 93,63 a |
| Enzima | | | | |
| Sem | 59,64 A | 25,69 A | 64,59 A | 93,50 A |
| Com | 59,85 A | 25,73 A | 64,60 A | 94,62 A |
| Anova | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | 0,0394* | 0,0200* | 0,2979 ^{ns} | 0,3633 ^{ns} |
| Enzima (Enz) | 0,7029 ^{ns} | 0,8885 ^{ns} | 0,9750 ^{ns} | 0,8967 ^{ns} |
| FF x Enz | 0,1684 ^{ns} | 0,4938 ^{ns} | 0,4014 ^{ns} | 0,1069 ^{ns} |
| CV (%) | 5,50 | 6,53 | 2,80 | 8,65 |

¹ ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
² ns = não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Mann & Whitney ($p \leq 0,05$).

CV = coeficiente de variação

Não foram observadas interações ($p > 0,05$) entre os fatores avaliados para os parâmetros de qualidade dos ovos de aves com 33 e 44 semanas de idade. Não houve efeito da utilização da enzima para os parâmetros de qualidade de ovos.

Houve efeito da fonte de fibra ($p < 0,05$) sobre os parâmetros avaliados nos ovos de poedeiras com 33 semanas de idade exceto para % de albúmen e Unidade Haugh (Tabela 5). Os ovos provenientes das aves que receberam farelo de trigo como fonte de fibra apresentaram maior peso de ovo ($p \leq 0,05$) quando comparado com aves alimentadas com casca de soja, as aves alimentadas com a casca de café apresentaram peso intermediário de ovos não diferindo estatisticamente das demais fontes avaliadas. Os ovos provenientes de aves que receberam a casca de café apresentaram maior percentual de gema em relação aos ovos provenientes das aves que receberam farelo de trigo. Já aves alimentadas com a casca de soja apresentaram percentual de gema intermediário não diferindo estatisticamente das demais fontes avaliadas. Segundo Leeson e Summers (2005), a proteína, os aminoácidos e o ácido linoleico são os fatores nutricionais mais importantes que afetam o peso do ovo e, conseqüentemente, a proporção dos componentes do ovo, nesse estudo as rações foram formuladas para que apresentassem os teores de nutrientes semelhantes não justificando tal resultado obtido, porém esse resultado não se manteve na avaliação de qualidade de ovo com

44 semanas (Tabela 6), podendo ser justificada como uma adaptação das aves a nova dieta, já que as poedeiras começaram a receber as rações experimentais com 25 semanas de idade.

Tabela 6. Peso de ovo, % gema % albúmen, Unidade Haugh (UH) de ovo de poedeiras com 44 semanas de idade de acordo com os tratamentos

| Fatores | Peso de Ovo ¹ | %Gema ¹ | % Albúmen ¹ | UH ¹ |
|------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Fonte Fibra | | | | |
| Farelo Trigo | 62,01 a | 27,20 a | 63,27 a | 94,35 b |
| Casca Soja | 61,17 a | 26,53 a | 64,00 a | 93,12 b |
| Casca Café | 61,54 a | 27,20 a | 63,73 a | 96,34 a |
| Enzima | | | | |
| Sem | 61,87 A | 26,96 A | 63,70 A | 94,04 A |
| Com | 61,28 A | 26,99 A | 63,64 A | 95,17 A |
| Anova | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | 0,5079 ^{ns} | 0,0689 ^{ns} | 0,1276 ^{ns} | 0,0004 [*] |
| Enzima (Enz) | 0,3184 ^{ns} | 0,8932 ^{ns} | 0,8361 ^{ns} | 0,0842 ^{ns} |
| FF x Enz | 0,1121 ^{ns} | 0,1781 ^{ns} | 0,1331 ^{ns} | 0,4546 ^{ns} |
| CV (%) | 5,78 | 6,04 | 2,75 | 4,12 |

¹ ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
² ns = não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Mann & Whitney ($p \leq 0,05$).

CV = coeficiente de variação

Não houve efeito das fontes de fibras para Unidade Haugh ($p > 0,05$) para ovos de aves com 33 semanas de idade, porém na análise com 44 semanas os ovos provenientes das aves que receberam casca de café como fonte de fibra apresentaram maior valor de Unidade Haugh ($p \leq 0,05$), não foram encontrados explicação para tal fato.

No presente trabalho os parâmetros de qualidade de casca (% espessura e resistência da casca com 33 semanas e % e espessura com 44 semanas de idade) (tabela 7 e 8) foram piores nas duas avaliações realizadas quando a casca de café foi utilizada como fonte de fibra, esse resultado pode ter como uma possível explicação a presença de cafeína na dieta. A cafeína é citada como uma substância capaz de interferir em humanos no metabolismo do cálcio, visto que esta substância aumenta a excreção urinária de cálcio, e ainda pode prejudicar sua absorção no intestino. Se o efeito desta substância for o mesmo em aves poderia explicar o resultado encontrado de menor espessura da casca de aves alimentadas com a casca de café quando comparado com as aves alimentadas com as demais fontes de fibra. Resultando em ovos com qualidade da casca inferior quando comparados com os ovos provenientes das aves que receberam casca de soja e farelo de trigo. Segundo Mello *et al.* (1992), o valor encontrado

de cafeína para os grãos crus encontram-se entre os limites relatados na literatura científica de 0,5 a 2 g.100g⁻¹ para Café arábica, já nesse estudo a casca de café utilizada apresentou concentrações de cafeína de 0,5. 100g⁻¹. Outro ponto que pode interferir na qualidade da casca seria a constituição dos PNAs presente na parede celular da casca de café. As pectinas possuem como característica a formação de gel, alterando a viscosidade da digesta. Esse gel possui grande afinidade por cátions bivalentes como o cálcio tornando o mesmo indisponível para absorção intestinal. A casca de café possui alta concentração de ácido galacturônico 6,60% (tabela 2), que é o principal constituinte das pectinas. Acredita-se que a redução observada em alguns parâmetros de qualidade de casca com a utilização de casca de café nas rações não seria relevante a ponto de inviabilizar a qualidade do ovo durante sua comercialização.

Tabela 7. Parâmetros de qualidade de casca e cor de gema de ovo de poedeiras com 33 semanas de idade de acordo com os tratamentos

| Fatores | % Casca ¹ | Espessura Casca (mm) ² | Resistência da casca (kg/cm ²) ² | Cor Gema ² |
|--------------------|----------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|
| Fonte Fibra | | | | |
| Farelo Trigo | 9,80 a | 0,394 a | 5,58 a | 7,23 c |
| Casca Soja | 9,83 a | 0,393 a | 5,53 a | 7,83 a |
| Casca Café | 9,44 b | 0,379 b | 5,06 b | 7,50 b |
| Enzima | | | | |
| Sem | 9,72 A | 0,39 A | 5,47 A | 7,56 A |
| Com | 9,67 A | 0,39 A | 5,32 A | 7,49 A |
| Anova | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | <0,0001* | <0,0001* | 0,0069* | <0,0001* |
| Enzima (Enz) | 0,5218 ^{ns} | 0,5316 ^{ns} | 0,2159 ^{ns} | 0,4059 ^{ns} |
| FF x Enz | 0,4361 ^{ns} | 0,0604 ^{ns} | 0,1291 ^{ns} | 0,7795 ^{ns} |
| CV (%) | 4,70 | 4,31 | 17,33 | 5,87 |

1 ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2 ns = não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Mann & Whitney ($p \leq 0,05$).

CV = coeficiente de variação

Em ambas as avaliações o escore de cor de gema foi maior nos ovos das aves que receberam casca de soja como fonte de fibra ($p < 0,05$) (Tabela 7 e 8).

Tabela 8. Parâmetros de qualidade de casca e cor de gema de ovo de poedeiras com 44 semanas de idade de acordo com os tratamentos

| Fatores | % Casca ¹ | Espessura Casca (mm) ² | Resistência da casca (kg/cm ²) ¹ | Cor Gema ² |
|--------------------|----------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|
| Fonte Fibra | | | | |
| Farelo Trigo | 9,53 a | 0,391 a | 5,56 | 7,15 c |
| Casca Soja | 9,48 a | 0,386 a | 5,48 | 7,81 a |
| Casca Café | 9,07 b | 0,373 b | 5,27 | 7,23 b |
| Enzima | | | | |
| Sem | 9,35 A | 0,38 A | 5,56 A | 7,44 A |
| Com | 9,37 A | 0,38 A | 5,31 A | 7,35 A |
| Anova | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | 0,0003* | <0,0001* | 0,1443 ^{ns} | <0,0001* |
| Enzima (Enz) | 0,7341 ^{ns} | 0,8228 ^{ns} | 0,0515 ^{ns} | 0,2346 ^{ns} |
| FF x Enz | 0,6576 ^{ns} | 0,3456 ^{ns} | 0,5792 ^{ns} | 0,0939 ^{ns} |
| CV (%) | 7,46 | 6,41 | 13,77 | 5,24 |

1 ns = não significativo pelo teste de SNK ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de SNK ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de SNK ($p \leq 0,05$).

2 ns = não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Mann & Whitney ($p \leq 0,05$).

CV = coeficiente de variação

Não foram observadas interações ($p > 0,05$) entre os fatores avaliados para a biometria de órgãos e viscosidade intestinal de aves com 45 semanas de idade (Tabela 9).

Não houve efeito da inclusão da enzima ($p > 0,05$) sobre nenhum parâmetro avaliado.

Houve efeito da fonte de fibra ($p < 0,05$) sobre o peso relativo do fígado. Maior peso de fígado foi encontrado nas aves que receberam casca de soja e casca de café em relação às aves que receberam o farelo de trigo, fato esse que pode ser justificado pela interferência dos efeitos prejudiciais do tipo de fibra na digestão dos nutrientes destes ingredientes o que exigiria maior atividade metabólica do fígado. Alguns autores relatam que a viscosidade causada pelos PNAs realça a secreção de ácidos biliares e como consequência há uma significativa perda desses ácidos pelas fezes (Ikegami *et al.*, 1990), devido a afinidade dos PNAs pelos ácidos biliares. Resultando numa maior síntese hepática de ácidos biliares para restabelecimento das concentrações normais na circulação enteroepática (Mourinho, 2006).

Tabela 9. Porcentagem do peso dos órgãos em relação ao peso da ave (%), características do pâncreas e viscosidade intestinal na 45ª semana de idade

| Fatores | Fígado ² (%) | Intestino + Pâncreas ¹ (%) | Moela ¹ (%) | Comprimento Pâncreas ¹ | Largura Pâncreas ³ | Viscosidade (cP ⁴) ² |
|------------------|-------------------------|---|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| Fonte Fibra | | | | | | |
| Farelo Trigo | 2,20 b | 4,67 a | 1,16 b | 9,48 a | 0,63 a | 4,01a |
| Casca Soja | 2,77 a | 4,78 a | 1,26 ab | 9,72 a | 0,57 a | 4,58a |
| Casca Café | 2,82 a | 5,00 a | 1,30 a | 9,76 a | 0,63 a | 4,65a |
| Enzima | | | | | | |
| Sem | 2,54 A | 4,76 A | 1,21 A | 9,61 A | 0,64 A | 4,90 A |
| Com | 2,65 A | 4,88 A | 1,27 A | 9,69 A | 0,58 A | 4,07 A |
| Anova | | | | | | |
| Fonte Fibra (FF) | 0,0054* | 0,1213 ^{ns} | 0,0043* | 0,7430 ^{ns} | 0,3389 ^{ns} | 0,6160 ^{ns} |
| Enzima (Enz) | 0,5092 ^{ns} | 0,3677 ^{ns} | 0,0660 ^{ns} | 0,7893 ^{ns} | 0,0812 ^{ns} | 0,3105 ^{ns} |
| FF x Enz | 0,8529 ^{ns} | 0,1188 ^{ns} | 0,3637 ^{ns} | 0,5544 ^{ns} | - | 0,1213 ^{ns} |
| CV (%) | 18,47 | 8,09 | 8,19 | 10,06 | - | 46,53 |

1 ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
 2 ns = não significativo pelo teste de F ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).
 3 ns = não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$). * = significativo pelo teste Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Mann & Whitney ($p \leq 0,05$).

4= centipoise

CV = coeficiente de variação

Não houve diferença das fontes de fibras para peso de intestino + pâncreas ($p > 0,05$). As aves quando recebem dietas com altos teores de fibras adaptam todo o trato gastrointestinal para melhorar o aproveitamento dos nutrientes. Segundo Amerah et al, (2009) o aumento do teor de fibra insolúvel na ração, resulta em redução do comprimento do intestino delgado. Nesse estudo não houve alteração no peso do intestino + pâncreas mostrando que a inclusão de fibra não causou injúrias ao intestino ao ponto de ser necessárias modificações na sua morfometria.

As aves que receberam casca de café tiveram maior peso relativo da moela quando comparada com as aves que receberam o farelo de trigo, ambas não diferiram das aves que consumiram a casca de soja. Esse resultado corrobora com os de Hetland *et al.* (2003) que, ao incluírem trigo inteiro e raspas de madeira na dieta de aves entre 15 a 29 semanas de idade, verificaram que a fração insolúvel da fibra estimulou o desenvolvimento da moela e aumentou a concentração de fibra e o teor de ácidos biliares no conteúdo da mesma, melhorando a digestibilidade do amido.

Não houve efeito ($p>0,05$) dos tratamentos sobre as características do pâncreas (comprimento e largura), o que demonstra que não houve alterações no intestino que possibilitassem maior atividade dos pâncreas e conseqüentemente uma hipertrofia desse órgão. Resultado semelhante foi encontrado por Mourão e Pinheiro (2009) que, ao avaliar o efeito da inclusão de centeio e trigo com inclusão de xilanase, não observaram diferença de peso do pâncreas. Alguns autores observam que as aves alimentadas com dietas com elevados teores de PNAs podem sofrer adaptações fisiológicas, como aumento do peso do pâncreas, da secreção de enzimas pancreáticas e do comprimento e da área absorptiva do trato digestivo (Brenes et al., 1993; Jorgensen et al., 1996), que podem alterar a digestão e absorção de nutrientes, compensando parcialmente os efeitos antinutricionais. O que não ocorreu nesse trabalho como observado na figura 1.

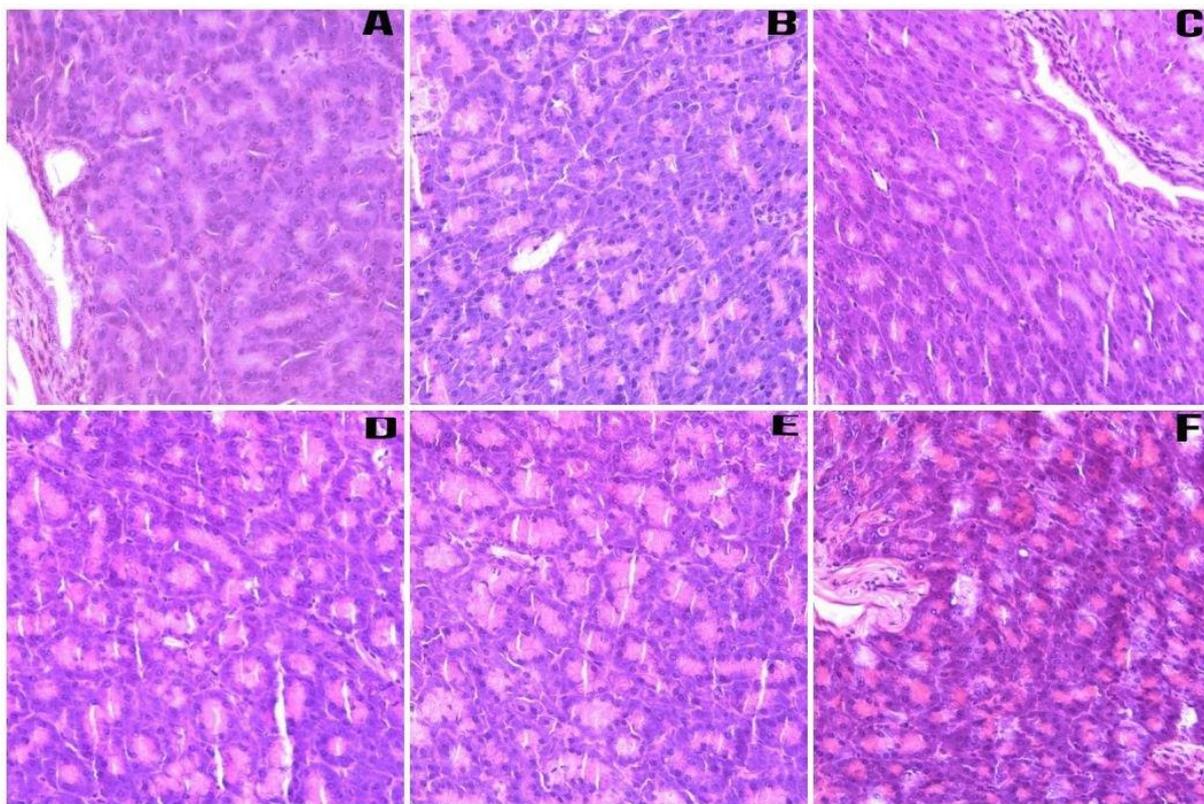


Figura 1. Secções histológicas dos pâncreas de poedeiras com 45 semanas de idade. As imagens A, B, C, D, E e F referem, respectivamente, a aves alimentadas com farelo de trigo sem enzima, farelo de trigo com enzima, casca de soja sem enzima, casca de soja com enzima, casca de café sem enzima e casca de café com enzima. HE, 400x.

Na figura 1 onde observa através da histologia do pâncreas normal, com coloração viva o que é característica de um órgão em ótimo funcionamento com ácinos ativos e com secreção enzimática normal para o intestino, sem hipertrofia ou necrose celular.

Não houve efeito dos fatores avaliados sobre a viscosidade intestinal ($p > 0,05$). Acredita-se que aves mais velhas possuem um trato gastrointestinal mais desenvolvido e com isso maior capacidade de adaptar as alterações que os PNAs podem causar. Logo a modificação da viscosidade não seria tão prejudicial ao desempenho dessas aves quando comparados com aves mais jovens. Resultados diferentes foram encontrados por Oba *et al.* (2013) que, ao incluírem níveis crescentes de um complexo enzimático (fitase, celulase, pectinase, protease, amilase, betaglucanase e xilanase), observaram efeito linear decrescente para viscosidade do conteúdo do intestino delgado.

No presente trabalho não houve efeito da utilização da enzima sobre nenhum parâmetro avaliado. Uma possível causa seria que as enzimas por serem dependentes de substratos para sua atuação nos níveis e fontes utilizados neste trabalho não tiveram substrato suficiente para atuarem e desencadearem melhorias no desempenho e demais fatores avaliados. O aproveitamento do farelo de trigo, por conter maiores quantidades de xilose e talvez se utilizado em maiores quantidades, poderia ser beneficiado com utilização desta enzima. Outro ponto que influencia a atividade enzimática é o pH do meio, xilanases possuem atividade ótima em pH mais baixo e caso não estejam protegidas podem perder eficiência ao encontrar meios com pH não ótimos. Isso demonstra que demais estudos devem ser realizados com o intuito de avaliar melhor a atuação enzimática sobre o desempenho animal respeitando os pontos para sua melhor atividade.

Na tabela 10 observa-se que não houve diferença de custo de ração por caixa de ovo com a inclusão ou não de enzima. A ração com casca de café apresentou menor custo de ração/caixa se comparada com o custo da caixa de ovos provenientes das aves alimentadas com o farelo de trigo, enquanto o custo de ração/caixa das aves alimentadas com casca de soja não diferiu dos demais.

Tabela 10. Custo das rações por caixa de ovos (R\$/ caixa) para poedeiras de acordo com os tratamentos

| Enzima | Fonte de fibra | | | Médias |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------|
| | Farelo de Trigo | Casca de soja | Casca de café | |
| Sem | 30,68 | 30,10 | 29,68 | 30,15 A |
| Com | 30,39 | 30,27 | 29,94 | 30,20 A |
| Médias | 30,53 b | 30,19 ab | 29,81 a | |

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).
CV=2,3%

CONCLUSÃO

As cascas de café, de soja e o farelo de trigo podem ser utilizadas na ração nos níveis estudados sem prejudicar o desempenho das poedeiras.

A enzima avaliada não se mostra eficiente em melhorar o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras.

As fontes de fibra alteram parâmetros de qualidade dos ovos e de biometria de órgãos proporcionando maior desenvolvimento da moela e peso relativo do fígado.

A casca de café reduziu os custos de ração por caixa de ovos em relação ao uso de farelo de trigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L.M.M. *Efeito dos teores de energia e fibra bruta sobre o desenvolvimento do sistema digestório, qualidade dos ovos e desempenho de poedeiras leves, da fase de crescimento ao pico de produção*. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G. Influence of insoluble fiber and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, v.50, p.366-375, 2009.

ARAÚJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A. *et al.* Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.1, p.67-72, 2008.

BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. et al. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.40, n.12, p.2744-2753, 2011.

BEDFORD, M.R. The effect of enzymes on digestion. *Journal of Applied Poultry Science*, Athens, v.5, n.4, p.370-378, Win. 1996

BRENES, A.; SMITH, M.; GUENTER, W. et al. Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chicks fed wheat- and barley-based diets. *Poultry Science*, v.72, p.1731-1739, 1993.

CASTRO JUNIOR, F.G.; CAMARGO, J.C.M.; CASTRO, A.M.M.G.; BUDIÑO, F.E.L. Fibra na alimentação de suínos. *Boletim da Industria Animal*, Nova Odessa, v.62, n.3, p.265-280, 2005

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*. June: 13-26,1997.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira-Grãos, Safra 2015/16. Decimo primeiro levantamento, Agosto de 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 19 dezembro 2016.

ENGLYST, H.N.; QUIGLEY, M.E.; HUDSON, G.J. *Analyst*, v.119, p.1497-1509, 1994.

GONAL, M.; YASAR, S.; FORBES, J.M. Performance and some digest parameters of broiler chickens given low or high viscosity wheat-based diets with or without enzyme supplementation. *Turk Journal Veterinary Animal Science*, v.28, p.323-327, 2004.

HANCZAKOWSKA, E; SWIATKIEWICZ, M; BIALECKA,A. Pure cellulose as feed supplement for piglet. *Medycyna Weterynaryjna*, Lublin, v. 64, n.1, p.45-48, 2008.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDAHL, A. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science.*, v.44, p.275-282, 2003.

IKEGAMI, S.; TSUCHIHASHI,F.; HARADA,H.; et al. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. *Journal of Nutrition*, v.10, n.4, p.353-360, 1990.

JIN, L. *et al.* Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. *Journal of Animal Science*, Savoy, v.72, n.9, p.2270-2278, 1994.

JORGENSEN, H.; ZHAO, X.; KNUDSEN, K.E. 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*, v.75, p.379-395, 1996.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Comercial poultry nutrition*. 3. ed. Ontario: University Books. 413p. 2005.

MELLO, M. R. P. A.; MINAZZI-RODRIGUES, R. S.; CARVALHO, J. B.; SHIROSE, I. Estudo comparativo de métodos de extração para determinação de cafeína em café. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 52, p. 89-95, 1992.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa and their consequences on digestive health in Young non-ruminant animal. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.108, n.1-4, p.95-117, 2003.

MOURÃO, J.L.T.A.M.; PINHEIRO, V. M. C. Efeitos do centeio, do trigo e da suplementação com xilanases sobre o valor nutricional de dietas e o desempenho de frangos corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.12, p.2417-2424, 2009.

MOURINHO, F.L. *Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche*. 2006. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

OBA, A.; PINHEIRO, J.W.; DA SILVA, C.A.; CASTRO-GOMEZ, R.J.H.; BENITEZ, C.R.; UENO, F.Y.; BORGES, C.A.; ALMEIDA, M. Características produtivas, qualitativas e microbiológicas de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes níveis de complexo enzimático. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 2, p. 4179-4186, 2013.

PALENZUELA, P.R.; GARCIA, J.; BLAS, C. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. In: *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. Barcelona: FEDNA, p. 227-240, 1998.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, R.S.T. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

SAKOMURA, N.K.; Da SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal, Funep, 678p. 2014.

VAHOUNY, G.V. *Dietary Fiber in Health and Disease*, Plenum press, New York, 1982.

WU, G., M. M. BRYANT, R. A. VOITLÉ, AND D. A. ROLAND. *Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I.* Poultry Sci. 84:1610–1615.2005.