

## Fibra alimentar em dietas para aves – Uma revisão

### *Food fiber in diets for birds – A Revision*

RUFINO, João Paulo Ferreira<sup>1,\*</sup>, CRUZ, Frank George Guimarães Cruz<sup>2</sup>,

OLIVEIRA FILHO, Pedro Alves de<sup>3</sup>, MELO, Ramon Duque<sup>3</sup>

FEIJÓ, Julmar da Costa<sup>3</sup>, MELO, Lucas Duque<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - BIONORTE, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Produção Animal e Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.

\* E-mail para correspondência: joaopaulorufino@live.com

## RESUMO

O objetivo deste artigo foi contribuir para o esclarecimento acerca das questões biológicas, fisiológicas e zootécnicas que envolvem a fração fibra em dietas para aves domésticas em produção (corte e postura). A revisão da literatura foi realizada a partir da investigação de artigos e material técnico-científico relacionados ao tema. A fibra é basicamente constituída por um agregado de compostos, e não um grupo químico distinto, com sua composição química sendo diretamente dependente da sua fonte e da metodologia usada na sua determinação laboratorial. A primeira fração determinada, extraída em solução de detergente neutro, é composta pela celulose, hemicelulose e lignina, e a segunda, extraída em uma solução detergente ácida, pela celulose e lignina. A fibra pode também ser dividida de acordo com sua solubilidade em água, sendo definida como solúvel e insolúvel. Na fração solúvel haverá polissacarídeos não amiláceos (PNA), hemiceluloses e substâncias pécnicas e na fração insolúvel a lignina, celulose, hemiceluloses insolúveis, taninos, cutinas e compostos minoritários. Além disso, pode-se classificar a fibra de acordo com seu grau de fermentação: alta, baixa e moderada. A inclusão de níveis moderados de fibra na dieta tem sido uma alternativa para melhorar o desempenho das aves sem utilização de promotores de crescimento. Já foi atestado ainda que a presença de fibra na dieta melhora a digestibilidade de diversos compostos e o desenvolvimento do trato gastrointestinal.

**Palavras-chave:** avicultura, carboidratos estruturais, comportamento alimentar, digestão, nutrição animal.

## ABSTRACT

This paper aimed to contribute for study of the biological, physiological and zootechnical questions that involve the fiber in diets for poultry (meat and eggs). The literature review was performed from papers and technical-scientific studies about these topics. The fiber is basically constituted by an aggregate of compounds, not a distinct chemical group, with its chemical composition being directly dependent of source and methodology used in its laboratory determination. The first fraction, extracted in solution of neutral detergent, is composed by cellulose, hemicellulose and lignin, and the second, extracted in an acid detergent solution, by cellulose and lignin. The fiber can also be divided according to its solubility in water, being defined as soluble and insoluble. In the soluble fraction there will be Non-Starch Polysaccharides (PNA), hemicelluloses and pectic substances, and in the insoluble fraction, lignin, cellulose, insoluble hemicelluloses, tannins, cutins and minority compounds. In addition, the fiber can be classified according to its degree of fermentation: high, low and moderate. The inclusion of moderate levels of fiber in the diet has been an alternative to improve the performance of the birds without the use of growth promoters. It has already been confirmed that the presence of fiber in the diet improves the digestibility of several compounds and the development of the gastrointestinal tract.

**Keywords:** animal nutrition, digestion, feeding behaviour, poultry science, structural carbohydrates.

## INTRODUÇÃO

A evolução técnico-científica que houve na produção animal ao longo dos anos trouxe à tona a importância dos estudos relacionados as exigências de nutrientes, além da concreta possibilidade de quantificá-los pelas mais diversas metodologias analíticas. Assim, a nutrição animal tornou-se um fator preponderante na maximização da produtividade de diversas espécies de interesse zootécnico, com especial destaque aos estudos com não-ruminantes, devido especialmente pela velocidade afrente das demais culturas quanto a esta evolução tecnológica.

Há décadas que a importância da correta quantificação da fração de fibra dos alimentos e dietas vem sendo relegada a segundo plano na nutrição dos não-ruminantes, além de seus efeitos digestivos e metabólicos. A maioria das abordagens quanto a esta fração sempre levaram em consideração apenas os aspectos negativos de sua presença na dieta desta categoria (GOULART et al., 2016).

Porém, com a evolução dos estudos nutricionais, este quadro tem sido modificado, e as abordagens relacionadas ao uso e a metabolização de fibra em dietas para não-ruminantes, especialmente para as aves, tem sido reconsideradas, a começar pela sua correta quantificação e qualificação na dieta, considerando aspectos de solubilidade e características físico-químicas. Com essa modificação conceitual, os aspectos benéficos de seu uso tem sido melhor visualizados,

auxiliando na melhoria de aspectos nutricionais até então não visualizados (GOULART et al., 2016).

Neste contexto, tem-se recomendado para as aves jovens, por exemplo, rações com baixo nível de fibra a fim de aumentar o consumo e melhorar o desempenho. Entretanto, essa concepção passou a mudar, a partir dos resultados de pesquisas que têm sugerido que a inclusão moderada de fibra nas dietas pode acarretar benefícios ao desenvolvimento do trato gastrointestinal e na eficiência alimentar a partir da fase de crescimento (SCHEIDELER et al., 1998; GONZÁLES-ALVARADO et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste artigo foi, por meio de revisão bibliográfica, contribuir para o esclarecimento acerca das questões biológicas, fisiológicas e zootécnicas que envolvem a fração fibra em dietas para aves domésticas em produção (corte e postura).

## PERFIL BIOLÓGICO DA FIBRA

Primeiramente, é importante ressaltar que a fibra é constituída por um agregado de compostos, e não um grupo químico distinto. Portanto, a composição química da fibra é diretamente dependente da sua fonte e da metodologia usada na sua determinação laboratorial (MERTENS, 1997).

A primeira fração determinada, extraída em solução de detergente neutro, é composta pela celulose, hemicelulose e lignina, e a segunda, extraída em uma solução

detergente ácida, pela celulose e lignina (McDONALD et al., 2002). A fibra pode também ser dividida de acordo com sua solubilidade em água, sendo definida como solúvel e insolúvel. Na fração solúvel haverá polissacarídeos não amiláceos (PNA), hemiceluloses e substâncias pécticas e na fração insolúvel a lignina, celulose, hemiceluloses insolúveis, taninos, cutinas e compostos minoritários. Além disso, pode-se classificar a fibra de acordo com seu grau de fermentação: alta, baixa e moderada (VAN SOEST et al., 1991).

Quimicamente, os polissacarídeos não-amiláceos (PNA) ou polissacarídeos estruturais da parede celular dos vegetais constituem-se basicamente de polímeros de pentoses (arabinose e xilose) e hexoses (glicose, frutose e galactose), unidades básicas que se combinam dando origem a dois grupos principais,  $\beta$ -glicanos e heteroglicanos. No primeiro se encontra a celulose e no segundo, as pectinas e as hemiceluloses. Estes carboidratos, juntamente com a lignina (polímero aromático de ésteres fenólicos) constituem as principais frações dos carboidratos fibrosos (ARRUDA et al., 2003).

Numa abordagem dentro da nutrição animal, as fibras geralmente correspondem aos componentes da parede celular dos vegetais, possuindo como principal característica não serem hidrolisáveis pelas enzimas digestivas de animais não ruminantes, sendo, desta forma, o principal substrato para fermentação microbiana (MONTAGNE et al., 2003).

McDonald et al. (2002) afirmam ainda que dentre estas, podem ser destacadas a celulose, a hemicelulose e a lignina.

E apesar das diferentes frações que compõem os carboidratos fibrosos serem bem conhecidas, os métodos químicos utilizados não são capazes de prever o seu valor nutricional com alta precisão. 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 métodos químicos que determinam os PNA por cromatografia e espectrofotometria podem ser considerados os que possuem maior grau de precisão (BACH-KNUDSEN, 1997).

Neste sentido, a terminologia fibra dietética corresponde a um termo meramente nutricional e sua definição encontra-se vinculada ao método analítico empregado na sua determinação (MERTENS, 1997).

E conforme a composição da fibra, esta pode variar nas suas características físico-químicas e nos seus efeitos fisiológicos no animal. Vale ressaltar que, dentre estas, pode-se citar a capacidade tamponante e de hidratação, a viscosidade e a capacidade de troca catiônica (ANNISON & CHOCT, 1994).

Warpechowski (1996) afirma ainda que as fibras solúveis e insolúveis que apresentam propriedades físico-químicas diferentes,

exercem diferentes efeitos sobre a passagem da digesta. O efeito da fibra insolúvel parece decorrer especialmente da estimulação física. Dietas com alta fibra insolúvel tendem a apresentar partículas sólidas até o final do trato digestório, sendo então a estimulação estendida por todo trato (WARNER, 1981). Com relação à fibra solúvel, o efeito de passagem parece relacionar-se com a elevação da viscosidade da digesta. Para Ferreira (1994), uma maior viscosidade contribui para um trânsito mais lento pelo trato gastrointestinal animal, contudo, o efeito desta fração sobre a passagem vai depender da sua fonte, bem como estado fisiológico e tipo da ave.

## **FIBRA SOBRE A FISIOLOGIA DAS AVES**

Sempre houve o entendimento que ao aumentar o nível de fibra solúvel na dieta, ocorre aumento na viscosidade intestinal e, posteriormente, diminuição da área de contato das enzimas com a digesta, além de interferência sobre a taxa de passagem, o que acarreta em um menor aproveitamento e resulta no aumento da excreção de nutrientes ocasionando maior poluição do ambiente (VAN SOEST, 1994; CLEMENTE, 2015).

Dessa forma, fisiologicamente, a fibra solúvel tem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato intestinal, prejudicando tanto a mistura do alimento ingerido com os sucos digestivos quanto o acesso das enzimas aos nutrientes do

alimento, inibindo a digestão e absorção dos nutrientes de modo geral. Esta alta viscosidade pode ainda afetar o consumo de ração em decorrência da redução da velocidade de passagem da digesta, exercendo influência sobre a microflora intestinal (RODRÍGUEZ-PALENZUELA et al., 1998; ARRUDA et al., 2003; HETLAND et al., 2004).

A fração insolúvel, devido suas propriedades de insolubilidade em água, permanece por maior tempo na moela das aves, permitindo assim, uma taxa de passagem que promova maior contato da digesta com as enzimas, favorecendo um maior aproveitamento de proteínas presentes na dieta (VAN SOEST, 1994).

Outrora, quanto maior o tempo que a digesta permanece retida na moela e associado à acidez e à liberação de pepsinas do pró-ventrículo (digestão gástrica) ocorre um maior fracionamento do alimento onde ocorre o rompimento da parede celular, aumentando assim a digestão (CLEMENTE, 2015).

Alguns trabalhos têm demonstrado efeitos positivos da fibra insolúvel na alimentação de aves, melhor digestibilidade do amido e da proteína, provavelmente devido à capacidade da fibra de se acumular na moela, órgão importante no processo de regulação da taxa de passagem da digesta e, conseqüentemente, na digestão dos nutrientes no intestino. Além disso, há indícios de que dietas ricas em fibra insolúvel previnam a ocorrência de surtos de canibalismo (LANGHOUT, 1998; HETLAND et al., 2004).

González-Alvarado et al. (2007) comentaram ainda que a influência da alimentação nas características da moela encontra-se associada com o estímulo mecânico deste órgão, que depende do nível, do tipo e da fonte de fibra utilizada, além das propriedades físico-químicas da ração.

Entretanto, uma gama de efeitos da fibra sobre a digestibilidade, as funções do intestino e o comportamento das aves, ainda permanece, em grande parte, desconhecidos. E como a maioria dos ingredientes de origem vegetal (base das dietas avícolas) contém quantidades consideráveis de fibra, sendo a maior parte insolúvel (BACH-KNUDSEN, 1997), estima-se que estes efeitos, especialmente derivados da fibra insolúvel, podem ter significativas implicações práticas na nutrição de aves (AMARAL, 2014).

A inclusão de níveis moderados de fibra na dieta tem sido uma alternativa para melhorar o desempenho das aves sem utilização de promotores de crescimento (GONZÁLEZ-ALVARADO et al., 2007).

Já foi atestado que a presença de fibra na dieta melhora a digestibilidade de amido e gordura, provavelmente através da estimulação da atividade da moela, aumentando o refluxo da digesta do duodeno para a moela, aumentando a secreção de  $\alpha$ -amilase e ácidos biliares (HETLAND et al., 2003). Quando há redução da fibra bruta da dieta o tamanho e o conteúdo da moela são afetados pela falta de estimulação, que é provocada pela presença de partículas maiores e que, posteriormente,

compromete o desenvolvimento do trato gastrointestinal (HETLAND et al., 2004). Alterações na composição da dieta das aves podem afetar a relação da taxa de passagem dos alimentos, tamanho dos órgãos, crescimento microbiano e saúde do trato gastrointestinal devido à diminuição de substratos para manter a microbiota intestinal (HETLAND & SVIHUS, 2001; SANTOS et al., 2006; SKLAN, 2001).

Outro fator atestado, porém, ainda pouco difundido corresponde ao efeito provocado pela composição das dietas sobre a saúde do intestino dos animais, incluindo efeitos sobre a proliferação de bactérias benéficas e patogênicas (GOULART et al., 2016). Nesse caso, a fibra alimentar é o componente da dieta com maior importância (MONTAGNE et al., 2003), uma vez que seu consumo traz vários efeitos benéficos que podem ser comparados àqueles proporcionados pelos prebióticos comerciais usualmente adicionados a dietas de suínos, aves e peixes (GOULART et al., 2016).

No cólon, as fibras solúveis são fermentadas por bactérias intestinais, contribuindo com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), predominantemente acetato, proprionato e butirato, além de H<sub>2</sub>O e vários gases, como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Cerca de 95% dos AGCC's produzidos no cólon são rapidamente absorvidos pelo lúmen intestinal antes de chegar ao reto, contribuindo com a saúde do animal (MONTAGNE et al., 2003).

Estes AGCC's produzidos atuam essencialmente como fonte de energia para a mucosa intestinal, além de protegerem o organismo contra várias patogenias, além diarreias e inflamações intestinais (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008; GOULART et al., 2016).

É importante salientar que cada AGCC possui funções específicas no organismo, com o proprionato apresentando a função de reduzir o pH no colón, manter o equilíbrio da microflora intestinal, estimular a absorção de sódio e água e, além disso, ser transformado em glicose no fígado. Já o butirato aumenta o fluxo sanguíneo e a produção de muco, estimula a proliferação celular epitelial, além de ser a principal fonte de energia para os colonócitos. Por fim, o acetato atua como fonte de energia para o tecido muscular e estimula a produção de secreção pancreática e outros hormônios (DAVIDSON, 1998; CATALANI et al., 2003; MONTAGNE et al., 2003).

Os AGCC são capazes ainda de, em meio ácido, impedir o desenvolvimento de algumas bactérias patogênicas que podem na parede do intestino, como *Salmonella*, *Clostridium*, *Escherichia coli* e *Clostridium difficile* (MONTAGNE et al., 2003).

Além disso, outro efeito benéfico corresponde a promoção de melhorias da morfologia do intestino, pois geram aumento da área de absorção e renovação de células epiteliais, atuando também como imunostimulantes. Assim, a manipulação das dietas visando à utilização de quantidades

equilibradas de fibra alimentar pode proporcionar tais efeitos, sem a necessidade da suplementação de aditivos que agem nesse sentido (GOULART et al., 2016).

## **FIBRA NA FORMULAÇÃO DA DIETA DE AVES**

Nos procedimentos que regem o processamento dos cereais, é comum a sobra dos denominados resíduos de culturas agrícolas, que geralmente correspondem ao farelo e a casca, serem em sua grande maioria utilizados na alimentação animal. Todavia, estes costumam apresentar menor concentração de amido e maior concentração de fibra, especialmente na forma de celulose (BACH-KNUDSEN, 1997; ANDRIGUETO et al., 2002; AMARAL, 2014).

Verifica-se tal contexto na variação da qualidade dos farelos de soja utilizados, sendo estes a principal fonte protéica nas dietas avícolas brasileiras, portanto, de extrema relevância no processo de formulação de rações (PINHEIRO et al., 2008).

A escolha do farelo de soja ideal encontra-se relacionada com o tipo e o nível de fibra presentes nessa matéria-prima. Maiores teores de casca nos farelos de soja resultam em maiores níveis de fibra, especialmente celulose, hemicelulose e pectina (LESKE & COON, 1999; WARPECHOWSKI, 2005). Leeson e Summers (2001) afirmaram ainda que os polissacarídeos não-amiláceos, como as hemiceluloses, pentosanas e  $\beta$ -glucanas, e os

oligossacarídeos, como a rafinose e estaquiose, são de maior interesse para os nutricionistas, diante dos seus efeitos negativos sobre a digestibilidade dos nutrientes. Carré et al. (1995) incluem as pectinas entre os componentes da fibra com efeitos anti-nutricionais em dietas de aves, especialmente jovens. Dessa forma, a formulação de dietas com farelos de soja, com maiores níveis de casca, pode ser prejudicial ao desempenho de frangos de corte, especialmente na fase inicial (PINHEIRO et al., 2008).

A inclusão de diferentes fontes de fibra pode exercer efeito positivo sobre o desenvolvimento e funcionalidade da moela, pois, através da atividade de maceração e retenção do alimento no órgão até que o mesmo atinja um tamanho aproximado de 0,1 mm (HETLAND et al., 2003; AMERAH et al., 2008), ocorre um acréscimo da superfície de contato dos nutrientes com as secreções gástricas, assim como dos refluxos gastroduodenais que, além de aumentar a liberação de colecistoquinina estimulando a secreção de enzimas pancreáticas, propiciam maior tempo de ação das enzimas digestivas melhorando a digestibilidade e a absorção dos nutrientes (MATEOS et al., 2012).

Em aves mais velhas e intestinos com maior volume, a taxa de passagem da digesta apresenta-se mais lenta, contribuindo para uma microbiota intestinal mais ativa e estável, favorecendo a fermentação cecal e a produção de ácidos graxos de cadeia curta com consequente redução do pH intestinal. Este

efeito inibe a proliferação de patógenos e produz energia que pode ser utilizada para manutenção da população microbiana hospedeira e integridade da mucosa intestinal (HETLAND et al., 2004; GONZALES-ALVARADO et al., 2007; PINHEIRO, 2007).

Outrora, dependendo do tipo e teor de fibra (solúvel e insolúvel), idade das aves e qualidade nutricional dos PNAs ingeridos, as fibras podem atuar de formas distintas no metabolismo das aves afetando também o desenvolvimento e a integridade morfofuncional da mucosa do intestino (BRITO et al., 2008; PICOLI, 2013).

A absorção dos nutrientes contidos nos alimentos é dependente dos mecanismos que ocorrem na mucosa intestinal, por isso a integridade das células epiteliais e a ação das enzimas digestivas no lúmen são fundamentais para que os nutrientes sejam bem aproveitados (BRITO et al., 2008).

## CONCLUSÕES

Concluiu-se que foi possível esclarecer as questões biológicas, fisiológicas e zootécnicas que envolvem a fração fibra em dietas para aves domésticas em produção, independente da aptidão, idade, espécie dentre outras classificações.

É importante ressaltar que a fonte, composição físico-química e demais características estruturais da fibra alimentar influenciam diretamente na complexidade,

solubilidade, nível de inclusão, metabolismo fisiológico e microbiota intestinal das aves.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, L.M.M. **Teores de energia e fibra bruta para poedeiras nas fases de recria e produção.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2014. 54p.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V. Influence of method of whole-wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 147, n. 4, p. 326-339, 2008.

ANDRIGUETTO, J.M. et al. **Nutrição animal: bases e fundamentos.** v. 1. São Paulo: Nobel, 2002. 395p.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Plant polysaccharides - their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: LYONS, T.P.; JACQUES, K.A. (Ed.). **Biotechnology in the feed industry.** Nottingham: Nottingham University Press, p. 51-66, 1994.

ARRUDA, A.M.V.; PEREIRA, E.S.; MIZIBUTI, I.Y. et al. Importância da fibra na nutrição de coelhos. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p. 181-190, 2003.

BACH-KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science Technology**, v. 67, n. 4, p. 319-338, 1997.

BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G. et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasílica**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.

CARRÉ, B.; GOMEZ, J.; CHAGNEAU, A.M. Contribution of oligosaccharide and polysaccharide digestion, and excreta losses of lactic acid and short chain fatty acids, to dietary metabolisable energy values in broiler chickens and adult cockerels. **British Poultry Science**, v. 36, p. 611-629, 1995.

CATALANI, L.A. et al. Fibras alimentares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 18, n.4, p.178-182, 2003.

CLEMENTE, A.H.S. **Níveis de fibra dietética e energia metabolizável em rações para frangos de corte.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 2015. 62p.

DAVIDSON, M.; MCDONALD, A. Fibre: forms and functions. **Nutrition Research**, v. 18, n. 4, p. 617-662, 1998.

- FERREIRA, W.M. **Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes.** In: Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes em Anais da 31<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, Paraná, Brasil, p. 85-113, 1994.
- FOOD INGREDIENTS BRASILEL. Dossiê de fibras alimentares. **Revista-FI**, n. 3, p. 42-65, 2008. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf>>. Acesso em: 03 de julho de 2018.
- GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; VALENCIA, D.G. et al. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 1705-1715, 2007.
- GOULART, F.R.; ADORIAN, T.J.; MOMBACH, P.I.; SILVA, L.P. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha**, v. 1, n. 1, 141-154, 2016.
- HETLAND, H.; SVIHUS, B. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 42, p. 354–361, 2001.
- HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDALHL, A. Effects of oat hulls and wood shaving on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **British Poultry Science**, v. 44, p. 275–282, 2003.
- HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 4, p. 415-422, 2004
- LANGHOUT, D.J. **The role of intestinal flora as affected by non-starch polysaccharides in broiler chicks.** Thesis (Ph.D.), Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 1998. 162p.
- LESKE, K.L.; COON, C.N. Nutrient content and protein and energy digestibilities of ethanol-extracted, low alfagalactoside soybean meal. **Poultry Science**, v. 78, p.1177-1183, 1999.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken.** 4<sup>th</sup> ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.
- MATEOS, G.C.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.P. et al. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 1, p. 156-174, 2012.
- McDONALD, P. et al. **Animal nutrition.** 6<sup>th</sup> ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2002. 693p.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463, 1997.

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 animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, p. 95-117, 2003.

PICOLI, K.P. **Restrição alimentar e uso de alimentos alternativos na dieta de frangos de corte de crescimento lento**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil, 2013. 140p.

PINHEIRO, C.C. **Efeitos da fibra e da suplementação com enzimas exógenas sobre a digestibilidade de dietas para frangos de corte formuladas à base de soja**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 2007. 52p.

PINHEIRO, C.C.; REGO, J.C.C.; RAMOS, T.A.; SILVA, B.K.R.; WARPECHOWSKI, M.B. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte consumindo dietas formuladas com diferentes níveis de fibra e suplementadas com enzimas exógenas.

**Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 984-996, 2008.

RODRÍGUEZ-PALENZUELA, P.; GARCIA, J.; DE BLAS, C. **Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos**. In: Anais do 14º Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal, Barcelona, Catalunya, Espanha, p. 229-239, 1998.

SANTOS, F. et al. Influence of grain particle size and insoluble fiber content on salmonella colonization and shedding in turkeys fed corn soybean meal diet. **Poultry Science**, v. 5, p. 731-739, 2006.

SCHEIDELER, S.E.; JARONI, D.; PUTHPONGSIRIPRON, U. Strain, fiber source, and enzyme supplementation effects on pullet growth, nutrient utilization, gut morphology, and subsequent layer performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, p. 359-371, 1998.

SKLAN, D. Development of the digestive tract of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 57, p. 415-428, 2001.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2<sup>th</sup> ed. New York: Cornell University Press, 1994

WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstract Reviews**, v. 51, p. 789-820, 1981.

WARPECHOWSKI, M.B. **Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de matrizes machos pesados, intactos, cecectomizados e fistulados no íleo terminal.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 1996. 119p.

WARPECHOWSKI, M.B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento.** Tese (Doutorado em Zootecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2005. 175p.