



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 20, Nº 05, set/out de 2023

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

A redução de custos na produção avícola, são motivo de diversas pesquisas, que lançam mão da substituição total ou parcial de insumos, ou ainda a inclusão de substâncias que otimizem a utilização dos nutrientes. Assim, o uso de enzimas representa, sem dúvida, uma das alternativas mais versáteis para melhor na rentabilidade na avicultura. Com isso foi realizado uma pesquisa com base em documentos digitais afim de abordar e conhecer sobre as enzimas, objetivando contribuir com uma revisão sobre as enzimas na nutrição de aves.

Palavras-chave: avicultura, fatores antinutricionais, nutrição de aves.

Enzimas na nutrição de aves

Avicultura, fatores antinutricionais, nutrição de aves.

Pedro Afonso de Souza Ezidio

Mestre em Produção Animal; Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR. E-mail: pedroafezidio@outlook.com

ENZYMES IN POULTRY NUTRITION

ABSTRACT

The lowering of costs in poultry production is the reason for several studies, which make use of the total or partial replacement of inputs, or even the inclusion of substances that optimize the use of nutrients. Thus, the use of enzymes undoubtedly represents one of the most versatile alternatives to improve profitability in poultry farming. With that, a research was carried out based on digital documents in order to approach and know about enzymes, aiming to contribute with a review on enzymes in poultry nutrition.

Keyword: poultry, antinutritional factors, poultry nutrition.

INTRODUÇÃO

A produção avícola vem crescendo a cada ano, e em 2022 o Brasil produziu cerca de 14,524 milhões de toneladas de carne de frango, resultado este que colocou o Brasil no segundo lugar entre os maiores produtores, atrás apenas dos Estados Unidos que produziu 21,005 milhões de toneladas. As exportações foram de 33% da produção, totalizando 4,822 milhões de toneladas, posicionando o Brasil como o maior exportador mundial (ABPA, 2023).

É imprescindível que se estude a digestibilidade dos nutrientes, possibilitando a formulação de rações de forma mais eficientes e econômicas. Os grãos de cereais que compõem as dietas de frangos de corte possuem fibras em suas composições o que pode interferir na utilização dos demais nutrientes pelos animais (ANNISON & CHOCT, 1994). Cerca de 20% dos nutrientes é perdida nas excretas, sendo principalmente pelos fatores antinutricionais presentes em alguns alimentos que acabam impedindo a digestão e absorção dos nutrientes pelo trato gastrointestinal (COWIESON, 2010). Porém, com o desenvolvimento tecnológico das últimas décadas foi possível desenvolver tecnologias que melhorassem a eficiência na utilização dos alimentos pelos animais, dentre estas tecnologias inclui-se a adição de enzimas exógenas que poderão melhorar a eficiência na utilização dos alimentos, a partir da redução dos fatores antinutricionais dos grãos e da viscosidade da digesta (PUCCI et al., 2010; BERTECHINI, 2012).

Segundo Bertechini (2006), o desenvolvimento biotecnológico permitiu que se produzissem enzimas especializadas com objetivos importantes para complementação das enzimas digestivas endógenas produzidas no trato digestório dos animais. Os ingredientes vegetais possuem fatores antinutricionais e/ou substâncias que não são normalmente digeridas pelas enzimas e o uso de enzimas específicas, permite a melhoria do aproveitamento destes compostos.

Dentre desse contexto, nota-se a importância de se conhecer sobre as enzimas para determinar fatores decisivos e alcançar sucesso na formulação de ração e no aumento da produtividade. Logo, o objetivo desse trabalho foi de contribuir com uma re-

visão de literatura sobre as enzimas na nutrição de aves.

Metodologia

A metodologia empregada neste estudo foi através de revisão da literatura desenvolvida seguindo os preceitos do estudo exploratório, sob a utilização de enzimas na nutrição de aves. A pesquisa foi realizada com base em documentos digitais como: artigos de revista científica em inglês, espanhol e português, nas bases de dados disponíveis. A busca foi realizada nos seguintes campos: título, resumo e descritores. Os critérios de inclusão foram: periódicos sobre enzimas, complexos enzimáticos, na área temática das Ciências agrárias.

Resultados e Discussão

Enzimas na nutrição avícola

Os primeiros relatos da utilização de enzimas nas dietas foram na década de 50 quando Fry et al. (1958) observaram que grãos umedecidos apresentavam melhoria no seu aproveitamento (BERTECHINI, 2006). E foi na mesma década, nos EUA que as enzimas começaram a ser estudadas para melhorar problemas causados pelos fatores antinutricionais de dietas a base dos grãos de cevada, centeio, aveia e trigo, triticale que aumentavam a viscosidade da digesta, causando excesso de umidade na cama e conseqüentemente queda de desempenho das aves (ALBINO, 2007; PESSÔA, 2010).

No Brasil o uso de enzimas iniciou-se devido ao custo elevado das fontes de fósforo e a viabilidade econômica da enzima fitase, posteriormente outras enzimas, como proteases e carboidrases começaram a ser estudadas e utilizadas, visando melhorar o valor nutritivo das diferentes matérias-primas e do produto final para atender às exigências do consumidor por um produto mais barato, seguro, saudável e mais favorável ao meio ambiente eliminando a poluição pela excreção fecal de nitrogênio e fósforo (MATIAS et al., 2015; ASPEVIK et al., 2017).

As enzimas exógenas são geralmente produzidas por organismos vivos como bactérias, fungos e leveduras. Sendo que estas produções envolvem processos como a fermentação, extração, separação

e purificação (PUCCI et al., 2003). O Quadro 1 demonstra os tipos de enzimas e seus principais microrganismos.

TABELA 1 - Principais microrganismos utilizados na produção de enzimas

Microrganismos	Enzimas produzidas
<i>Aspergillus niger</i>	β -glucanase, α -amilase, celulase, fitase
<i>Aspergillus ficcum</i>	fitase
<i>Aspergillus oryzae</i>	α -amilase, protease, fitase
<i>Bacillus licheniformis</i>	α -amilase
<i>Bacillus subtilis</i>	α -amilase, protease, β -glucanase, fitase
<i>Trichoderma ciridar</i>	xilanase, β -glucanase, celulase
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	fitase

Fonte: Adaptado por Neto, 2016 de Mascarell & Ryan, 1997 e Singh, 2008.

As enzimas por sua vez são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que atuam como catalisadores biológicos que aceleram as reações químicas e têm alta especificidade, e devido às diferenças entre os processos de produção, tais como: tipo e cepa de microrganismo, meio de cultura utilizado, condições de fermentação e processamento, pode-se então afirmar que os produtos enzimáticos existentes no mercado são distintos (LECZNIESKI, 2005; MAGNAGO et al., 2015).

As enzimas exógenas são classificadas como aditivos zootécnicos, pertencentes ao grupo funcional dos aditivos zootécnicos digestivos, segundo a Instrução Normativa (IN) N°13 de 2004 (Brasil, 2004). A suplementação enzimática tornou-se um importante instrumento que facilita as reações químicas e agem em substratos específicos, auxiliando no aproveitamento dos nutrientes em dietas de milho e farelo de soja, objetivando obter uma melhor taxa de ganho, melhorias no desempenho, digestibilidade dos nutrientes (ZANELLA et al., 1999; PIRGOZLIEV et al., 2019).

A utilização de enzimas pode aumentar o valor energético dos ingredientes para alimentação animal e melhorar a absorção e utilização de carboidratos,

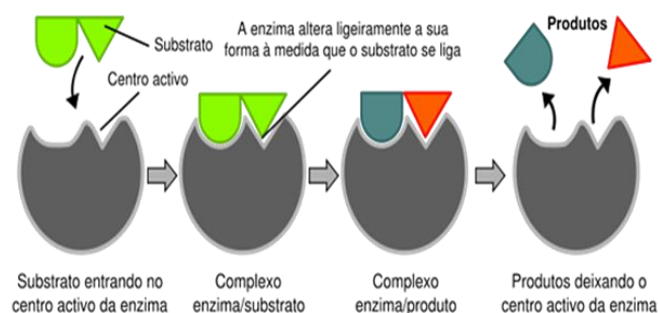
proteínas, lipídeos e minerais levando a uma diminuição na excreção dos nutrientes, colaborando desta forma para redução da poluição ambiental (DOSKOVIĆ et al., 2013).

Os resultados de pesquisas com a suplementação de enzimas nas dietas são as vezes inconsistentes e conflitantes (SAKOMURA et al., 2014), podendo ser devido a fatores como o conhecimento do substrato de atuação das enzimas (ANGEL et al., 2011), temperatura, variação do pH, umidade e presença de co-enzimas (MENEGETTI, 2013), o tipo de ingrediente utilizado na dieta (KHATTAK et al., 2006), sendo assim a utilização das enzimas deve ser direcionada em fases onde realmente haja o substrato específico para a sua atuação (GENTILINI et al., 2013).

Outros fatores também devem ser levados em consideração como o estado sanitário dos animais, balanço eletrolítico, temperatura ambiental, manejo, forma física e processamento térmico da ração, uma vez que estes fatores podem afetar o consumo e consequentemente a baixa ingestão de nutrientes o que poderá desfavorecer a ação enzimática (RAVIDRAN, 2013).

As enzimas são altamente específicas, por possuírem uma fenda chamada de sitio ativo, contendo aminoácidos cujas cadeias laterais criam uma superfície complementar ao substrato. Com isso o sitio ativo quando se liga ao substrato, forma o complexo enzima-substrato (Figura 1). Após a reação, a enzima separa-se dos produtos, disponibilizando a molécula de enzima para novas reações (CHAMPE et al., 2006).

FIGURA 1. Esquema de reação química catalisada por enzima.



Fonte: Matias (2012); Adaptado de Champe et al. (2006).

Na formulação de rações existe duas formas de utilização das enzimas sendo a “on top” que consiste em adicionar a enzimas em uma formulação padrão, sem alterar níveis nutricionais e a outra que considera a matriz nutricional da enzima afim de reduzir os custos da formulação. Entretanto, a adição das enzimas exógenas melhora o aproveitamento nutricional do alimento, mas de forma mais econômica, ou seja, ocorre a alterações da formulação em relação aos níveis nutricionais tendo um desempenho positivo e com menores custos de produção (BARBOSA et al., 2008; DOURADO, 2008).

Complexos enzimáticos

Os complexos enzimáticos são constituídos por uma variedade de enzimas, para que sua ação possa abranger a variabilidade da composição dos alimentos utilizados nas rações para animais (CAMPESTRINI et al., 2005; SANTOS, 2010). A combinação de diferentes enzimas se torna importante sendo uma delas a degradação dos PNA's, para um melhor aproveitamento dos nutrientes (BORGES, 1997; MALEKIAN et al., 2013). Segundo Slominski (2011), a suplementação de enzimas que degradam os PNA's pode liberar o amido encapsulado, devido a solubilização da parede celular, o que melhora o acesso de enzimas digestivas e a disponibilidade dos nutrientes.

Os complexos enzimáticos compostos por glucanases, amilases, xilanases, celulasas, lipase, protease e fitase, são os mais utilizados em dietas a base de grãos, atuando sobre seus substratos específicos, variando sua composição para se adequar aos diferentes tipos de dietas. Geralmente, complexos enzimáticos compostos por glucanase, amilase, arabinoxilanase, celulase e hemicelulase são utilizados para complementos alimentares à base de grãos de alta viscosidade. Já em dietas de baixa viscosidade, os suplementos enzimáticos contêm amilase, protease e xilanase (ZANELLA, 2001).

Segundo Marques (2007) os complexos enzimáticos comercializados para frangos de corte na grande maioria são misturas de enzimas originárias de diferentes microrganismos, sendo que muitas vezes

acabam não se conhecendo a interpretação destas enzimas com a efetiva atuação gerada no organismo do animal, promovendo respostas incoerentes, com isso torna-se relevante e de extrema importância estudos sobre os efeitos de ação de complexos enzimáticos na ração de frangos de corte.

A proteína é o ingrediente que mais encarece as rações, principalmente devido aos altos custos do farelo de soja nos últimos tempos, sendo ele um dos principais ingredientes proteicos da ração, com isso as indústrias buscam maneiras de aproveitar mais o seu valor nutricional (LIMA et al., 2007). A inclusão de protease na dieta pode melhorar o valor nutricional através da quebra de certas proteínas que resiste ao processo digestivo uma vez que as proteínas dietéticas não são completamente utilizadas pelas aves (LEITE et al., 2012).

As aves não produzem certas enzimas endógenas para digestão de componentes químicos de alimentos de origem vegetal ou para atuarem em processos antinutricionais (MENEGETTI et al., 2011). O fósforo dos ingredientes vegetais está ligado ao ácido fítico na forma de fitato sendo pouco disponível aos animais monogástricos, uma vez que não dispõem da enzima fitase para aproveitá-lo (COSTA et al., 2007) O fósforo é considerado um dos minerais de maior relevância, pois está ligado a taxa de crescimento e mineralização óssea (BRANDÃO et al., 2007).

As carboidrases podem ser utilizadas nas rações para frangos de corte isoladamente ou como complexo enzimático, e assim pode-se obter melhores resultados de digestibilidade e ganho de peso (ASHRAF et al., 2019). Este grupo de enzimas é responsável pela hidrólise dos carboidratos, sendo compreendidas pelas amilases, pectinases, β -glucanases, α -galactosidade, xilanases e celulase (PEREIRA, 2008).

A produção de celulasas possibilita maior digestibilidade, em razão dos monogástricos não serem capazes de produzir enzimas para degradar polissacarídeos estruturais da parede celular dos alimentos à base de cereais, nas dietas dos animais são amplamente reconhecidos como: diminuir a vis-

cosidade da digesta, melhorar a energia metabolizável e reduzir o custo da alimentação, aumentar a digestibilidade dos nutrientes (FIRSCHER et al., 2002; LIMA et al., 2007). Lu et al. (2015) afirmaram que as carboidrases são utilizadas com o intuito de neutralizar os efeitos negativos causados pelas fibras da dieta, pois geram a sua hidrólise, tornando os nutrientes mais disponíveis para a absorção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria das pesquisas utilizando enzimas indicam boa efetividade na redução dos efeitos de fatores anti-nutricionais presentes em quase todos alimentos usados atualmente. A adição de enzimas permite a disponibilização de uma grande quantidade de nutrientes, que estão complexados, permitindo assim uma redução da adição desses nutrientes na ração, diminuindo os custos de produção e a poluição ambiental, devido a menor excreção de nutrientes com alto poder poluente.

REFERÊNCIAS

- ASHRAF, S., BHATTI, A. S., KAMRAN Z., AHMED F., RAHMAN S. U. Assessment of refined functional carbohydrates as substitution of antibiotic growth promoters in broilers: effects on growth performance, immune responses, intestinal micro-flora and carcass characteristics. **Veterinary Journal**. v. 39, n. 2, p. 157-162. 2019.
- Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA. Publicações, 2023. Acesso em: 02 de junho de 2023.
- ALBINO, L. F. T., BÜZEN, S., ROSTAGNO, H. **Ingredientes promotores de desempenho para frangos de corte**. In: Seminário de Aves e Suínos – avesui regiões. Belo Horizonte, p. 73-90, 2007.
- 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**. p. 51-66. 1994.
- ANGEL, C. R., SAYLOR, W., VIEIRA, S. L., WARD, N. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. **Poultry Science**. v.90, p. 2281–2286. 2011.
- ASPEVIK, T., OTERHALS, Å., RONNING, S. B., ALTINTZOGLU, T., WUBSHET, S. G., GILDBERG, A., LINDBERG, D. Valorização de proteínas de co-e subprodutos da indústria de peixe e carne. **Tópicos em Química Atual**; p.375. 2017.
- BARBOSA, N. A. A., SAKOMURA, N. K, FERNANDES, J. B. K, DOURADO, L. R. B. Enzimas exógenas no desempenho e na digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**; v. 43, n.6, p.755-762. 2008.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Editora ufla, Lavras, p. 30; 2006.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Editora ufla, Lavras, 2ª edição, p. 373, 2012.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2004. **Mapa**. Instrução normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. d.o.u., Brasília, 01 de dezembro de 2004.
- BORGES, F. M. O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Técnicos da Escola de Medicina Veterinária da UFMG** 1997; belo horizonte, n. 20, p. 5-30.
- BRANDÃO, P. A., PERAZZO, F. G., BRANDÃO, J. S., SILVA, J. H. V. Efeito da adição de fitase em rações de frangos de corte, durante as fases de crescimento e final. **Ciência e Agrotecnologia** 2007; v. 31, n. 2, p. 492 - 498.
- CAMPESTRINI, E., SILVA, V. T. M., APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime** 2005; v.2, n.6, p.254-267.
- COSTA, F. G. P., BRANDÃO, P. A., BRANDÃO, J. S., SILVA, J. H. V. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré - inicial e inicial. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 3, p. 865 -870. 2007.
- COWIESON, A. J. Aggressive modern enzymes require review of diet formulations. ab vista feed ingredients. Disponível em: <<http://www.allaboutfeed.net/home/general/2010/7/aggressive-odernenzymes-require-review-of-diet-formulations-aaf011613w/>>. 2010.
- CHAMPE, P. C., HARVEY, R. A., FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed 2006; p. 533. 2006.
- DOURADO, L. R. B. **Enzimas exógenas em dietas**

- para frangos de corte.** [Dissertation]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 2008.
- DOSKOVIĆ, V., BOGOSAVLJEVIĆ-BOSKOVIĆ, S., PAVLOVSKI, Z., MILOŠEVIĆ, B., ŠKRBIĆ, Z., RAKONJAC, S., PETRIČEVIĆ, V. Enzymes in broiler diets with special reference to protease. **Poultry Science**, v. 69, n. 2, p. 343-360. 2013.
- FISCHER, G., MAIER, J. C., RUTZ, F., BERMUDEZ, V. L. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p. 402 -410. 2002.
- FRY, R. M., ALLRED, J. B., JENSEN, L. S., MCGENNIS, J. Influence of enzymes supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains of poultry. **Poultry Science**, v. 37, p. 372-376. 1958.
- GENTILINI, F. P., ANCIUTI, M. A. Tópicos atuais na produção de suínos e aves. 2013. Disponível em: <http://www.ifsul.edu.br/index.php?option=com_d ocman&Itemid =180>. Acesso em: 02 de junho, 2023.
- KHATTAK, F. M., PASHA, T. N., HAYAT, Z., MAHMUD, A. Enzymes in poultry nutrition. **Journal of Animal and Plant Sciences**, p.16. 2006.
- LECZNIESKI, J. L. Considerações práticas do uso de enzimas. in: **Seminário Internacional de Aves e Suínos, avesui**, p. 34-47, 2005.
- LEITE, P. R. C., MENDES, F. R., LUZIA, M., PEREIRA, R., LACERA, M. J. R. Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15. 2012.
- LIMA, M. R., SILVA, J. H. V., ARAUJO, J. A., LIMA, C. B., OLIVEIRA, E. R. A. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinária Brasília**, v.1, n.4, p. 99-110. 2007.
- LU, H., ADEDOKUN, S. A., PREYNAT, A., LEGRAND-DEFRETIN, V., GERAERT, P. A., ADEOLA, O., AJUWON, K. M. Impact of exogenous carbohydrases and phytase on growth performance and nutrient digestibility in broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 2, p. 243-249. 2015.
- MALEKIAN, G., MOGHADDAN, A. K. Z., KHAJALI, F. Effect of using enzyme complex on productivity and hatchability of broiler breeders fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, v. 1, p. 36-45. 2013.
- MAGNAGO, J. G. P., HAESE, D., KILL, J. L., SOBREIRO, R. P., DEL PUPPO D., SANT'ANNA, D., PIMENTEL, R. B. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bi cálcico. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1286-129. 2015.
- MARQUES, S. F. F. **Biotecnologia enzimática: produção de complexo multienzimático de trichoderma harzianum e sua aplicação na alimentação de frangos de corte.** [DISSERTATION]. Goiânia (GO): Universidade Federal de Goiás, p.92, 2007.
- MASCARELL, J., RYAN, M. Technical aspects of enzyme utilization : dry vs liquid enzymes. in: moran d-feh r p. (ed.). Feed Manufacturing in Southern Europe: **New Challenges. Zaragoza**, p. 161 -174. 1997.
- MATIAS, C. F. Q., ROCHA, J. S. R., POMPEU, M. A., BAIÃO, R. C., LARA, L. J. C., CLIMACO, W. L. S., CARDEAL, P. C. Efeito da protease sobre o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 492-498. 2015.
- MENEGHETTI, C., BERTECHINI, A. G., RODRIGUES, P. B., FASSANI, E. J., BRITO, J. A. G., REIS, M. P., GARCIA, J. A. A. P. Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p. 624-632. 2011.
- MENEGHETTI, C. **Associação de enzimas em rações para frangos de corte.** [Tese]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras, p. 96. 2013.
- NETO, L. D. D. S. N. **Complexos enzimáticos em rações para frangos de corte.** [Dissertation]. Goiânia (GO): Universidade Federal de Goiás, p.71. 2016.
- PEREIRA, P. W. Z. **Avaliação de complexo enzimático e betaína natural nas rações de frangos de corte criados em aviário comercial.** [Dissertation]. Piracicaba (MG): Escola superior de agricultura Luis de Queiroz. p. 63. 2008.
- PUCCI, L. E. A., RODRIGUES, P. B., BERTECHINI,

- A. G., NASCIMENTO, G. A. J., LIMA, R. R., SILVA, L. R. Forma física, suplementação enzimática e nível nutricional de rações para frangos de corte na fase inicial: desempenho e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1272-1279. 2010.
- PESSOA, G. B. S. **Avaliação de complexo enzimático em dietas de frangos de corte**. [Dissertation]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, p. 65, 2010.
- PIRGOZLIEV, V., STEPHEN, R., SONYA, I. Feed additives in poultry nutrition. **Journal of Agricultural Science**; v. 25, p. 8-11. 2019.
- RAVIDRAN, V. Feed enzymes: the science, practice, and metabolic realities. **J. appl. Poultry Science**, v. 22, p. 628-636. 2013.
- SANTOS, G. C. **Alternativa ao uso de promotores químicos de crescimento sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte**. [Dissertation]. Diamantina (MG): Universidade Federal Dos Vales do Jequitimhonha e Mucuri, 2010.
- SAKOMURA, N. K., DOURADO, L. R. B., BARBOSA, N. A. R. Enzimas na nutrição de monogástricos. in: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild I. Nutrição de Não Ruminantes; **Funep, Jaboticabal, São Paulo, Brasil**, p. 466 – 484. 2014.
- SINGH, P. K. Significance of phytic acid and supplemental phytase in chicken nutrition: a review. **World's Poultry Science** 2008; v. 64, p. 553-580.
- SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science** 2011; v. 90, n. 9, p. 2013 - 2023.
- ZANELLA, I. **Suplementação enzimática em dietas avícolas**. in: Pré-simpósio de Nutrição Animal: aves e suínos; 2001; Santa Maria.
- ZANELLA, I., SAKOMURA, N. K. Silversides, f.g. effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science** 1999; v. 78, p. 561-568.