

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

XILANASES EM DIETAS PARA POEDEIRAS
COMERCIAIS

Acadêmica: Gislaine da Cunha de Andrade

Aquidauana-MS
MARÇO/2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

XILANASES EM DIETAS PARA POEDEIRAS COMERCIAIS

Acadêmica: Gislaine da Cunha de Andrade
Orientadora: Prof^a Dra Elis Regina de Moraes Garcia

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

Aquidauana-MS
MARÇO/2019

A567x Andrade, Gislaine da Cunha de
Xilanases em rações para poedeiras comerciais/ Gislaine
da Cunha de Andrade. – Aquidauana, MS: UEMS, 2019.
65p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade
Estadual de Mato Grosso do Sul, 2019
Orientadora: Prof.^a Dra. Elis Regina de Moraes Garcia.

1. *Aspergillus japonicus* 2. Carboidrases 3. Enzimas
exógenas I. Garcia, Elis Regina de Moraes II. Título

CDD 23. ed. - 636.5



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Área de Concentração: Produção Animal no Cerrado-Pantanal

GISLAINE DA CUNHA DE ANDRADE

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 01/03/2019.

Dra. Elis Regina de Moraes Garcia, UEMS

Dr. Charles Kiefer, UFMS

Dr. Tiago Junior Pasquetti, UEMS



3º SERVIÇO NOTARIAL DE CAMPO GRANDE-MS
Tabelião ELY AYACHE | R. Antonio Maria Coelho, 1492 - Centro - PABX (67) 3027-2333

**** AUTENTICAÇÃO ****

Esta fotocópia é a reprodução do original apresentado
Selo(s): ADF19514-506-NOR
Pedido: 34
Campo Grande MS, 12 de maio de 2020
Válido somente com o selo digital. OP: VERA
EMOL: R\$ 3,17 ISS: R\$ 0,16 FMP: R\$ 0,32 FJ10X: R\$ 0,32 FN10X: R\$ 0,32
SELO: R\$ 1,50 TOTAL: R\$ 5,79

CARTÓRIO
TABELIÃO

VERA LUCIA IKEHARA CABRERA
Escritor

VÁLIDO SOMENTE COM SELO DE AUTENTICIDADE SEM EMENDAS E/OU RASURAS

Dedico este trabalho a Deus e a todos os envolvidos
no processo de obtenção do título de Mestre.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por nunca ter me desamparado nos momentos difíceis.

A minha avó Neuza, que sempre me ensinou a perseverar em qualquer situação, que me mostrou que a resiliência nos permite ter êxito.

A minha família por ter sido minha base nessa caminhada e meu sustento quando preciso.

A Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana pela oportunidade da realização do curso de Pós-graduação em Zootecnia.

A CAPES, pela bolsa de mestrado, a qual permitiu que eu vivesse com dignidade enquanto desenvolvia parte deste trabalho.

A minha orientadora Prof.^a Dr^a Elis Regina de Moraes Garcia, por todos os ensinamentos e “Sermões da Montanha” que me faziam ter mais e mais vontade de continuar, por todos os “puxões de orelha” totalmente necessários e por todo o carinho e afeto que dedicas aos seus alunos, por nos fazer acreditar na pesquisa e no amor pela Zootecnia.

Aos meus colegas do grupo GENAVE (Grupo de Estudos em Nutrição de Aves), Camila Souza, Gabrielli Souza, Danilo Sanches, Ademir Oliveira, Bruna Rocha, Eliane Bairros.

A Natália Chaves por toda ajuda nos experimentos.

Aos funcionários Jorge de Deus e Edson pela ajuda nos experimentos do começo ao fim.

A minha parceira de mestrado e de luta, Patrícia Gomes Santana, pela sua paciência e perseverança, pela sua fé e amizade.

Ao professor Dr. Charles Kiefer por toda a ajuda, por ter sido parceiro na execução desse trabalho, sempre disponível, pela acolhida e pela paciência na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

As técnicas da UFMS Aline Carla Inada e Tallyta Ananda da Silva Maeda pelo carinho, paciência, amizade e parceria.

Aos meus amigos Priscila Cancio, Augusto Galhardo, Geraldine Wendt, Lívia Firmo, Gizélia Benites, Eduarda Monteiro, Flávio Luiz Rezende, Aracy Travassos, Antunes Neto, César Alves.

As aves que foram meu objeto de estudo.

SUMÁRIO	RESUMO	IX
ABSTRACT		XI
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....		1
2. REVISÃO DE LITERATURA		3
2.1. Energia Metabolizável na Alimentação de Poedeiras		3
2.2 Fibra		4
2.2.1. Polissacarídeos não amiláceos		6
2.3. Enzimas Exógenas		8
2.3.1. Xilanase		10
2.4. Alimentos Alternativos		13
2.4.1. Casca de soja		13
2.4.2. Farelo de trigo		14
3. OBJETIVOS		14
3.1. Objetivo Geral		14
3.2. Objetivos Específicos.....		15
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		15
CAPITULO 2- Xilanases em dietas para poedeiras comerciais com redução energética		20
INTRODUÇÃO		21
MATERIAL E MÉTODOS		22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		28
CONCLUSÃO.....		40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		40
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		44

LISTA DE TABELAS

TABELA I. Microrganismos utilizados para a obtenção de xilanase	12
TABELA II Composição percentual dos ingredientes	23
TABELA III Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais	24
TABELA IV Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais com diferentes alimentos alternativos	27
TABELA V Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade das dietas para poedeiras comerciais, suplementadas ou não com diferentes xilanases	29
TABELA VI Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade das dietas baseadas em milho, farelo de soja e alimentos alternativos para poedeiras comerciais suplementadas ou não com xilanase do pantanal (xp) e xilanase comercial (xc)	34

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Partição da energia dos alimentos a exemplo das perdas de energia da dieta.....	03
figura 2- Classificação dos polissacarídeos não amiláceos (pna's).....	07
figura 3- Estrutura química dos arabinoxilanos.....	11

RESUMO

A utilização de alimentos alternativos vem crescendo na constante tentativa de reduzir os custos de produção, assim como o uso de aditivos, como as carboidrases pelos possíveis efeitos positivos na metabolizabilidade dos nutrientes para poedeiras. Desta forma, esse estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a inclusão de diferentes xilanases em dietas com redução de energia metabolizável (EM) e inclusão de ingredientes alternativos sobre a metabolizabilidade dos nutrientes das dietas para poedeiras comerciais. Foram realizados dois ensaios de metabolizabilidade com poedeiras brancas da linhagem Dekalb White, com 78 semanas de idade. No primeiro ensaio adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$ (duas reduções de energia metabolizável x duas suplementações de xilanase do Pantanal (XP) e xilanase comercial (XC) + uma dieta controle), totalizando cinco dietas experimentais, com cinco repetições e quatro aves por unidade experimental. As dietas experimentais foram: dieta controle atendendo a exigência nutricional das aves sem adição de enzimas e dietas com reduções de 100 e 200 Kcal EM/kg com inclusão de xilanases do pantanal (XP) e comercial (XC) (16000 BXU/kg). Para o segundo ensaio adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 3 + 2$ (com duas suplementações de xilanases XP e XC e adição de três alimentos alternativos mais um controle positivo e um controle negativo) totalizando oito dietas experimentais com cinco repetições e quatro aves por unidade experimental. As dietas experimentais foram: dieta controle baseada em milho e farelo de soja atendendo as exigências nutricionais das aves sem inclusão de enzimas, dietas baseadas em milho e farelo de soja com redução de 150 Kcal EM/kg com a inclusão ou não de XP e XC e inclusão de farelo de trigo e/ou casca de soja com redução de 150 Kcal EM/kg com a inclusão de XP e XC. No primeiro ensaio houve interação para o coeficiente de metabolizabilidade da fibra em detergente neutro (CMFDN) no qual a dieta suplementada com XP na redução de 200 Kcal de EM, apresentou a melhor metabolizabilidade. Para a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) a dieta suplementada com XP na redução de 100 kcal de EM, foi superior as demais. Foram observados efeitos positivos para os CM da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e

extrato etéreo para suplementação de XP. Houve efeito do CM da matéria mineral para redução de 200 Kcal de EM/Kg, quanto ao CM da fibra em detergente ácido (CMFDA) houve efeito da redução de 100 Kcal de EM/Kg. Para o segundo ensaio houve efeito da interação para o CM da proteína bruta no qual XC foi superior a XP com adição de FT (farelo de trigo). Para CM da matéria mineral a interação demonstrou que as dietas suplementadas com XC e adição de FT, CS (casca de soja) e CSFT (casca de soja e farelo de trigo) foram superiores as dietas com XP e adição de FT, CS e CSFT. A interação demonstrou que para o CMFDN que a dieta suplementada com XP foi influenciada pela adição da combinação de ingredientes CSFT e foi superior em até 36,80% em relação as demais dietas. O CMFDA demonstrou na interação que a dieta suplementada com XP foi influenciada pela adição de FT e foi superior em até em relação as demais. Para EMAn a dieta com adição de FT e suplementação foi a superior em relação as demais de acordo com a interação. O efeito de adição de alimentos alternativos foi significativo para CMMS na adição de FT, CMEB e EMA com adição de FT. A interação demonstrou que o CM do extrato etéreo contendo a combinação de ingredientes CSFT suplementada com XP foi superior à CS e em relação à FT, foi possível observar que a adição de FT em dietas suplementadas com XC foi superior nos coeficientes em efeito isolado e nas interações. Conclui-se que a suplementação com XP (16000 BXU/kg) melhora a metabolizabilidade dos nutrientes de dietas a base de milho e farelo de soja para poedeiras comerciais leves, possibilitando a redução em até 200 Kcal de EM/kg das dietas. As xilanases (16000 BXU/kg) são mais efetivas sobre o FT e possibilitam redução acima de 150 Kcal/ kg de EM nas dietas de poedeiras comerciais possibilitou melhora na metabolizabilidade dos nutrientes. Em dietas contendo ingredientes fibrosos a ação da XP é similar a XC.

Palavras-chave: *Aspergillus japonicus*; carboidrases; enzimas exógenas; metabolizabilidade; polissacarídeos não amiláceos;

ABSTRACT

The use of alternative ingredients has been growing in a constant attempt to reduce production costs, as well as the use of additives, such as carbohydrates due to the possible positive effects on the metabolizability of nutrients for layers. Thus, this study was developed with the objective of evaluating the inclusion of different xylanases in diets with reduced metabolizable energy (ME) and inclusion of alternative ingredients on the metabolizability of nutrients in diets for laying hens. Two metabolizability trials were carried out with white laying hens of the Dekalb White strain, at 78 weeks of age. In the first trial a completely randomized design was adopted in a factorial scheme $2 \times 2 + 1$ (two reductions of metabolizable energy $\times$ two supplements of Pantanal xylanase (PX) and commercial xylanase (CX) + a control diet), totaling five experimental diets, with five replicates and four birds per experimental unit. The experimental diets were: control diet meeting the nutritional requirement of the birds without adding enzymes and diets with reductions of 100 and 200 Kcal ME / kg with inclusion of xylanases from the Pantanal (PX) and commercial (CX) (16000 BXU / kg). For the second trial, a completely randomized design in a $2 \times 3 + 2$ factorial scheme (with two xylanase supplements PX and CX and addition of three alternative ingredients plus a positive and a negative control) was adopted, totaling eight experimental diets with five repetitions and four birds per experimental unit. The experimental diets were: control diet based on corn and soybean meal meeting the nutritional requirements of birds without the inclusion of enzymes, diets based on corn and soybean meal with a reduction of 150 Kcal ME / kg with or without the inclusion of PX and CX and inclusion of wheat bran and / or soy hull with a reduction of 150 Kcal ME / kg with the inclusion of PX and CX. In the first trial, there was an interaction for the neutral detergent fiber metabolizability coefficient (NFDMC) in the diet supplemented with PX with reduction of 200 Kcal of ME, presented the best metabolizability. For the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) the diet supplemented with PX in the reduction of 100 kcal of ME, was superior to the others. Positive effects were observed for MC of dry matter, crude protein, crude energy and ether extract for PX supplementation. There was an effect of the MC of the mineral matter reducing 200 Kcal of ME / Kg, as for the MC of the acid detergent fiber (AFDMC) there was an effect of the reduction of 100 Kcal of ME / Kg.

For the second trial there was an interaction effect for the crude protein MC in which CX was superior to PX with the addition of WB (wheat bran). For MC of mineral matter, the interaction demonstrated that diets supplemented with CX and addition of WB, SH (soy hull) and SHWB (soy hull and wheat bran) were superior to diets with PX and addition of WB, SH and SHWB. The interaction demonstrated that for the NFDMC that the diet supplemented with PX was influenced by the addition of the combination of SHWB ingredients and was up

to 36.80% higher than the other diets. The AFDMC demonstrated in the interaction that the diet supplemented with PX was influenced by the addition of WB and was even superior in relation to the others. For AMEn, the diet with the addition of WB and supplementation was higher than the others according to the interaction. The effect of adding alternative ingredients was significant for DMMC in the addition of WB, MCGE and AME with the addition of WB. The interaction demonstrated that the MC of the ether extract containing the combination of SHWB ingredients supplemented with PX was superior to the SH and in relation to the WB, it was observed that the addition of WB in diets supplemented with CX was superior in the coefficients in isolated effect and in the interactions. It was concluded that supplementation with PX (16000 BXU / kg) improves the metabolizability of nutrients from corn and soybean-based diets for light commercial laying hens, enabling a reduction of up to 200 Kcal of ME / kg of the diets. Xylanases (16000 BXU / kg) are more effective on WB and allow for a reduction above 150 Kcal / kg of ME in laying hens' diets, which allowed an improvement in the metabolizability of nutrients. In diets containing fibrous ingredients the action of PX is similar to CX.

Keywords: *Aspergillus japonicus*; carbohydrases; exogenous enzymes; metabolizability; non-starch polysaccharides;

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira ocupa posição de destaque no agronegócio com crescimento anual no alojamento de matrizes poedeiras, no ano de 2017 foram alojadas 1.086.976 matrizes de postura e a produção de ovos foi de 39.923.119.357 unidades, sendo o consumo *per capita* de 192 unidades (ABPA, 2018).

A constante seleção e melhoramento genético das poedeiras comerciais propiciou aumento na produção e peso dos ovos (COSTA et al., 2008). No entanto, esse avanço na produtividade tornou as aves de postura altamente exigentes quanto as suas necessidades nutricionais (CARVALHO e FERNANDES, 2013).

A alimentação adequada das aves é imprescindível já que qualquer limitação nutricional pode afetar diretamente a produção de ovos (OLIVEIRA, 2014). Em média, a alimentação representa cerca de 75% do custo total de produção, sendo os grãos dos cereais ou seus subprodutos os principais constituintes das dietas (WESENDONCK, 2012), dando destaque ao milho que também é destinado a alimentação humana e fabricação de biocombustíveis (SANTOS et al., 2017).

No Brasil, as dietas para aves são formuladas basicamente com milho e farelo de soja para suprir a maior parte das exigências de energia e proteína das dietas (KNUD, 2014) ingredientes estes que sofrem oscilações de preços anualmente (SHRAMM, 2014). Na Europa, cevada, triticales, trigo e centeio, são inclusos nas dietas para atender o aporte de energia desses animais (KNUD, 2014).

A busca por produtos que apresentem baixo custo e boas condições de inclusão nas dietas para poedeiras vem crescendo ano após ano. Dessa forma, os alimentos alternativos vêm sendo estudados como fontes economicamente viáveis. No Brasil, os principais ingredientes utilizados nas dietas em substituição

ao milho são os farelos de trigo, farelo de arroz e a casca de soja, devido aos preços mais acessíveis (SANTOS et al., 2017).

Apesar disso, esses ingredientes possuem um fator antinutricional denominado polissacarídeos não amiláceos (PNA's), presentes na parede celular dos ingredientes de origem vegetal, os principais encontrados no farelo de trigo são arabinose (6,49%) e xilose (10,76%), assim como no farelo de arroz arabinose (3,49%), xilose (4,09%) e na casca de soja arabinose (3,99%) e xilose (7,68%) (ROSATGNO et al., 2017).

A presença de PNA's no trato gastro intestinal interfere na taxa de difusão das enzimas endógenas (SADEGHI et al., 2015) devido ao aumento da viscosidade da digesta, essa mudança na estrutura da mucosa intestinal causa diminuição da metabolizabilidade dos nutrientes e o aparecimento de enterobactérias (TAVERNARI et al., 2008).

Com isso a utilização de enzimas exógenas vem sendo estudada por amenizar os impactos desses fatores antinutricionais, em específico, as carboidrases (SCHRAMM et al., 2017). No entanto, a produção endógena dessas carboidrases é praticamente nula em aves, enquanto seus substratos são abundantes nas dietas (CHAVES, 2018).

As carboidrases são um conjunto de enzimas composto pelas xilanases, glucanases, pectinases, celulasas, galactosídeses, mananases e amilases e atuam sobre os seus respectivos PNA's, os arabinoxilanos, β -glucanos, pectinas, celulose, galactosídeos, mananos e o amido. A principal característica desse grupo é a hidrólise dos PNA's responsáveis por aumentar a viscosidade causada por esse fator antinutricional em nível intestinal (PEREIRA, 2012).

A xilanase é a carboidrase responsável pela remoção da xilana (principal constituinte da parede celular vegetal) e a inclusão dessa enzima nas dietas tem demonstrado melhora a motilidade do bolo alimentar e contribui na redução dos gastos de energia nos processos de digestão e absorção. As reações catalisadas por essa enzima são caracterizadas por formarem um complexo entre a enzima e o substrato (complexo ES) ao catalisar os arabinoxilanos e xilanos (STEFANELLO et al., 2016; NELSON, 2011).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Energia Metabolizável na Alimentação de Poedeiras

A energia presente nos alimentos é de suma importância para as aves, pois está envolvida diretamente em todos os processos produtivos e além disso devido ao seu fator limitante de consumo, contribui diretamente no preço dos grãos (PARDUE, 2010). Com isso, a compreensão dos padrões de consumo e partição da energia pela poedeira tornou-se indispensável, (MURUGESAN e PERSIA, 2013).

A energia é produzida como calor por meio da oxidação das moléculas orgânicas e é usada nos processos metabólicos dos animais. A energia liberada da oxidação dos alimentos, assim como o calor produzido pelo metabolismo energético são expressos em calorias. Os constituintes dos alimentos são os responsáveis por fornecer a energia necessária para a manutenção dos animais, em que os lipídeos são os principais, seguidos dos carboidratos, proteínas e parte das fibras (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

Na Figura 1 é possível observar a utilização da energia pelas aves.

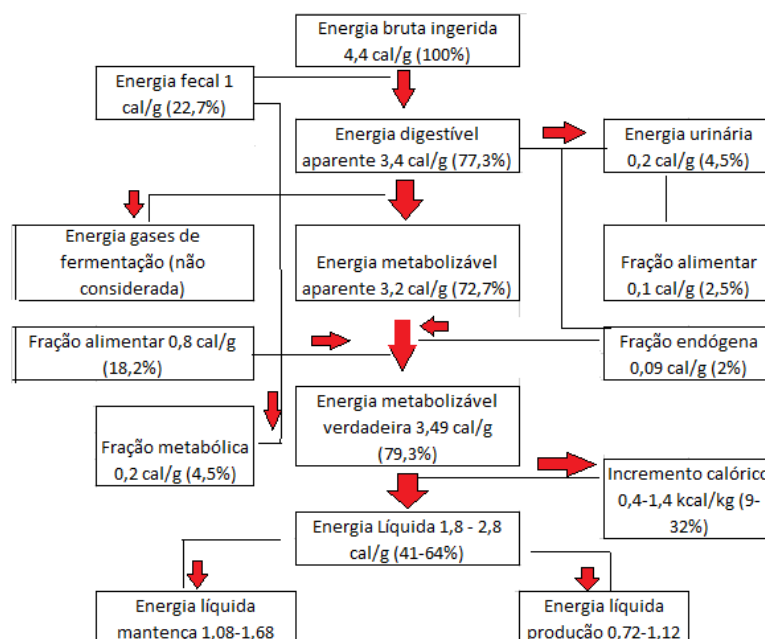


Figura 1. Partição da energia dos alimentos a exemplo das perdas de energia da dieta. Fonte: SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016.

Para aves, a energia metabolizável é dividida em energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), energia metabolizável verdadeira (EMV), energia metabolizável verdadeira corrigida para balanço de nitrogênio (EMVn) e energia efetiva (EE) (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

Os valores de energia metabolizável de um mesmo alimento pode ser modificado pela ação de vários fatores como a idade da ave (MELLO et al., 2009), sexo (NASCIF et al., 2004), linhagem, processamento das dietas (LEITE et al., 2008), granulometrias, variações de amostragem e métodos de determinação (FREITAS et al., 2006).

Em consequência todos esses fatores podem afetar diretamente, o desempenho produtivo das aves (DEPERSIO et al., 2015), assim como a qualidade do ovo (JIANG et al., 2013b), reprodução (ROMERO et al., 2009) e qualidade óssea (JIANG et al., 2013a) de poedeiras podem ser diretamente influenciados pela energia dietética (CHAVES, 2018).

Todas essas mudanças podem estar correlacionadas às adaptações fisiológicas ao qual as poedeiras se submetem para atender as suas exigências nutricionais em resposta as reduções de energia nas dietas. Bobeck et al. (2014) observaram que aves alimentadas com reduções energéticas aumentavam seu consumo diário em relação as aves que recebiam dietas sem reduções.

Corroborando a afirmação de Pardue (2010) que o contingente energético das dietas é imprescindível para os animais e que seu atendimento influi diretamente nos processos fisiológicos potencializando ou não a produção de ovos e carne.

Avaliando a validação dos efeitos de pequenas diferenças na energia metabolizável na dieta e restrição alimentar em galinhas poedeiras de primeiro ciclo, sugerem que a energia é utilizada seguindo o padrão de produção e manutenção, o que pode ser um indicador do estado energético da dieta a curto prazo para poedeiras (MURUGESAN E PERSIA, 2013).

2.2 Fibra

A fibra, do ponto de vista nutricional, pode ser definida como uma fração de alimento indigerível pelas enzimas endógenas secretadas no sistema gastro intestinal dos não ruminantes, porém passível de hidrólise em nível intestinal por

meio de fermentação microbiana. Da morfologia, são os componentes estruturais das plantas, quimicamente a fibra é conjunto de compostos agregados, dentre eles destacam-se os compostos fenólicos (lignina). A fibra dietética é constituída basicamente por celulose, arabinosilanas, β -glucanas, xiloglucanas, ramnogalacturanas e arabinogalactanas (SOUSA, 2017).

As fibras podem ser classificadas de acordo com os seus resíduos de açúcar e com a natureza de suas ligações, dividindo em fibra solúvel (hidrofílica) e fibra insolúvel (hidrofóbica). Os vegetais possuem todos os tipos em sua composição, no entanto as dietas mudam de acordo com o estágio de maturação das plantas. As fibras estão em todas as células vegetais, presentes na estrutura da parede celular, podendo ser solúvel ou insolúvel dependendo da sua afinidade com a água (OLIVEIRA, 2014).

A fração solúvel é composta pela pectina, gomas, mucilagens, alguns tipos de hemiceluloses e polissacarídeos de reserva, já a fibra insolúvel é composta por celulose, hemicelulose e lignina. Essa fração solúvel tem como principal característica o aumento do bolo alimentar, complexando nutrientes e diminuindo o tempo de trânsito no sistema gastro intestinal (GOULART et al., 2016).

As propriedades físico-químicas da fibra dependem diretamente de sua estrutura e composição, portanto, algumas dessas propriedades que incluem tamanho, solubilidade, viscosidade, hidratação, troca catiônica e fermentabilidade da partícula influenciam diretamente o comportamento da fibra *in vivo* (SOUSA, 2017).

O uso de fontes de fibras em dietas para aves de postura tem corroborado a influência que esses alimentos promovem no desenvolvimento no sistema digestório das aves e ainda no metabolismo de energia (SANTOS et al., 2017). Ao interagir com a mucosa do sistema gastro intestinal das aves, a fibra desempenha papel importante, atuando na preservação da sanidade intestinal das aves, impedindo a proliferação de patógenos (ARAUJO, 2005). Além disso, em quantidades adequadas pode impedir práticas como canibalismo, arranque de penas e diminuir os níveis de estresse (KAY, 2014).

A inclusão da fibra na alimentação de aves pode melhorar a mucosa intestinal das aves devido a sua taxa lenta de degradação, permitir melhor fermentação dos alimentos fibrosos e, com isso, diminuir o pH e manter em níveis normais a população de microrganismos patógenos (ESMAIL, 2012).

Para aves em fase de crescimento a inclusão moderada de fibra na dieta tem demonstrado melhorar o desempenho, a eficiência alimentar e o desenvolvimento do sistema digestório (BRAZ et al., 2011).

No entanto, Santos et al. (2017) afirmam que as respostas a utilização de fibra em dieta para aves são variáveis e, em sua maioria, ineficientes devido as enzimas digestivas não ultrapassarem o visco produzido pela presença dos PNA's presentes no conteúdo fibroso. Contudo, Mateos et al. (2012) afirmaram que as aves domésticas necessitam de uma quantidade mínima de fibra dietética para o bom funcionamento dos órgãos digestivos.

2.2.1. Polissacarídeos não amiláceos

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA's) são os principais constituintes da parede celular dos vegetais definidos como polímeros de açúcar que não são digeridos pelas aves devido suas ligações serem resistentes a hidrólise pelo sistema digestório. A variação do conteúdo dos PNA's nas plantas deve-se ao genótipo, espécie vegetal, cultivar, fatores ambientais antes e após a colheita dos grãos e condições de armazenamento (MENEGETTI, 2013).

Esses polímeros podem compreender até 90% da parede celular das plantas, possuem alto peso molecular presentes nos alimentos e seu coeficiente de digestibilidade dos PNA's totais para aves é muito baixo não ultrapassando 12% (SOUSA, 2017). Segundo Araújo (2005), os PNA's mais comuns encontrados nos grãos de inverno são os Beta-glucanos na cevada e aveia, arabinoxilanos no trigo e tritcale.

No milho como no farelo de soja a quantidade de PNA's é menor ao ser comparada com os cereais de inverno (trigo, centeio, cevada), os principais PNA's encontrados no milho são arabinose (1,47 %) e xilose (2,02%) como no farelo de soja (1,79% de arabinose e 1,33% de xilose) (ROSTAGNO et al, 2017).

Os PNA's de maior interesse do ponto de vista nutricional são as hemiceluloses, as pentosanas, beta-glucanos, arabinoxilanos e os oligossacarídeos, como a rafinose e estaquiose (FIGURA 2), devido aos seus efeitos negativos sobre a digestibilidade dos nutrientes (PINHEIRO et al., 2008).

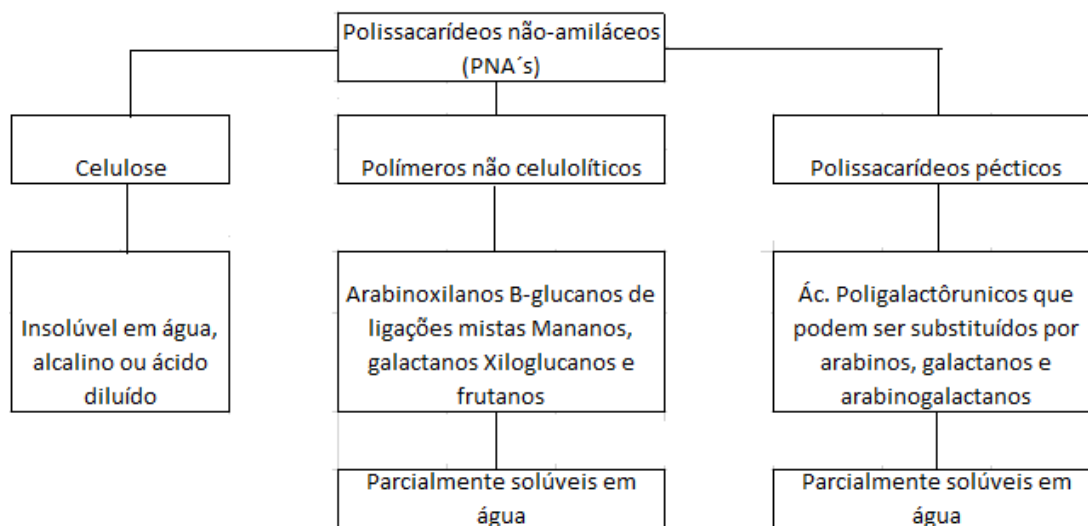


Figura 2- Classificação dos Polissacarídeos não amiláceos (PNA's).

Fonte: adaptado de Choct e Kocher (2000)

Os PNA's ao se ligarem a grandes quantidades de água formam um gel viscoso que acaba impedindo a difusão dos substratos com as enzimas digestivas e assim impedindo as interações com a mucosa intestinal, interferindo diretamente na absorção dos nutrientes pelas vilosidades intestinais (LIMA et al., 2007).

Ao interagir com o glicocálix da borda em escova das células intestinais, os PNA's solúveis aumentam a espessura da camada de água na mucosa, o que dificulta a absorção de nutrientes pela parede intestinal. Com isso, o aumento da viscosidade do quimo, facilitado pela ação dos PNA's, podendo levar a uma diminuição da digestão e absorção de proteínas, gorduras, carboidratos e também de micronutrientes, pois os mesmos ficam menos disponíveis à ação enzimática no intestino delgado (SOUSA, 2017). Em contrapartida, essas alterações na microbiota intestinal podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos nocivos, podendo causar clostridioses (*Clostridium spp.*) e coccidioses (*Eimeria spp.*).

Uma vez que esses grãos promovem aumento na viscosidade no sistema digestório, dificultando a ação das enzimas endógenas e, conseqüentemente, da digestão e da absorção de nutrientes tornou-se importante à utilização de enzimas exógenas em dietas para não ruminantes (PEREIRA, 2008).

2.3. Enzimas Exógenas

Iniciou em 1950, na Universidade Estadual de Washington USA, a inclusão de enzimas exógenas em dietas para não ruminantes. Em 1960, os estudos com enzimas e suas aplicações em dietas para monogástricos foram fixando-se na Europa, onde a cevada era a principal fonte de energia para as dietas, dessa maneira descobriu-se que ingredientes de origem vegetal apresentam compostos que podem vir a complexar-se no sistema digestório das aves e com isso prejudicar seu desempenho, Esses compostos são fatores antinutricionais e foram denominados de polissacarídeos não amiláceos (PNA's) (PEREIRA, 2008). Desde a última parte do século XX milhares de enzimas foram purificadas e suas estruturas ficaram conhecidas, assim como seus mecanismos explicados. Todas as enzimas conhecidas são proteínas, com exceção de alguns poucos RNA's catalíticos (PEREIRA, 2008).

Enzimas são proteínas com uma estrutura tridimensional complexa que acelera os processos químicos (ANGEL e SORBARA, 2014). Exercem efeito catalítico sob condições ambientais específicas, como pH, temperatura e umidade, e possuem especificidades de substrato (NELSON e COX, 2011).

As enzimas tornam possíveis sequências controladas de reações químicas em sistemas biológicos, mas não são gastas durante a reação, após catalisarem o substrato retornam ao seu estado original quando a reação está completa, permitindo uma concentração muito pequena de enzimas necessárias em comparação com a concentração do substrato. Para que ocorra uma reação enzimática no trato intestinal, as condições certas devem estar presentes. Ou seja, o substrato deve estar em uma forma química e física que a enzima possa funcionar (ANGEL E SORBARA, 2014).

Denomina-se sítio ativo a região específica de ação das moléculas enzimáticas, essa região contém cadeias laterais de aminoácidos, as quais criam uma superfície tridimensional complementar ao substrato. O substrato se liga ao sítio ativo, formando um complexo enzima-substrato. Este complexo é convertido em enzima-produto, que posteriormente se dissocia em enzima e produto (CHAMPE et al., 2009).

Esses componentes detêm a capacidade de permanecer por longos períodos ativos em seu sítio após se ligarem ao substrato, devido às condições físico-químicas sensíveis das enzimas (SANTOS NETO, 2016). A energia química dessas reações é conservada e transformada e utilizada pela ave (NELSON e COX, 2011).

As enzimas são divididas nas seguintes classes: oxidoreductases, transferases, hidrolases, liases, isomerases, ligases. Na nutrição animal, utilizam-se exclusivamente as hidrolases, que são enzimas catalisadoras das reações de hidrólises das ligações covalentes (DOURADO, 2008).

As hidrolases podem ser classificadas de acordo com os seus substratos em proteases, lipases, fitases e carboidrases. As proteases e as lipases têm como substratos as proteínas e os lipídios. As fitases são enzimas que têm como função atuar no ácido fítico, que é a principal forma de armazenamento do fósforo nos vegetais. As xilanases, glucanases, pectinases, celulases, galactosidades, mananases e amilases integram o grupo das carboidrases e os seus respectivos substratos são os arabinoxilanos, β -glucanos, pectinas, celulose, galactosídeos, mananos e o amido (PEREIRA, 2012).

O uso de enzimas nas dietas pode se dar de forma isolada ou em forma de complexo enzimático com duas ou mais enzimas formando um *Blend*, o uso isolado de uma enzima é feito quando se tem o objetivo de degradar um determinado substrato (ALBINO et al., 2007).

Em formulações de dietas para aves pode se dar de duas formas: a primeira consiste na aplicação “*on top*”, consiste em suplementar com as enzimas uma formulação padrão, sem alterar os níveis nutricionais, com intuito de melhorar a metabolizabilidade e o desempenho das aves (DOURADO, 2008) já a segunda aplicação consiste em alterar a formulação da dieta com o propósito de corrigir a matriz nutricional com a utilização de enzimas visando o mesmo desempenho de uma dieta com os níveis nutricionais normais, de forma mais econômica. e ainda complexos enzimáticos, forma mais usada na avicultura brasileira (MENEGETTI, 2013).

Essa prática é sustentada com o intuito de melhorar o desempenho dos animais, reduzir os custos das dietas tornando-as mais viáveis economicamente e possibilitar o aproveitamento de alguns alimentos com características

antinutricionais tais como os farelos de trigo, arroz, girassol, amendoim, cevada e casca de soja.

O uso de enzimas permite melhorar a absorção de ingredientes de origem vegetal com características antinutricionais, além de diminuir a excreção de substâncias poluidoras, como o nitrogênio e o fósforo. Para ingredientes que aumentam a viscosidade no trato digestório, como o trigo e a cevada, as enzimas xilanase e β -glucanase têm se mostrado eficientes na melhoria do desempenho das aves (SILVA et al., 2012).

2.3.1. Xilanase

A xilana é um dos componentes hemicelulósico das células vegetais, formado por polímeros de polissacarídeos ramificados como xiloglucano, arabinoxilano e xilana. Depois da celulose, a xilana é o polissacarídeo mais abundante na natureza (VIEIRA, 2007). Esse polissacarídeo está presente em 2,2% dos PNA's do milho e 1,33% do farelo de soja, principais ingredientes das dietas para não ruminantes (ROSTAGNO et al., 2017).

Para não ruminantes a produção de enzimas endógenas capazes de hidrolisar os PNA's é tida como inexistente e com isso o uso de enzimas exógenas passou a ser cada vez mais frequente (BOBECK et al., 2014)

As xilanases são as principais enzimas que atuam na cadeia principal das xilanas (VIEIRA, 2007) podem ser divididas em duas famílias principais: F (ou 10) e G (ou 11) e a principal diferença entre elas encontra-se na complexidade e produção de oligossacarídeos menores na F e a maior especificidade para xilanas na família G (MOTTA, 2008).

A inclusão da enzima xilanase na dieta de aves pode influenciar na utilização de ingredientes ricos em arabinoxilanos, como trigo. Os arabinoxilanos são os principais polissacarídeos não amiláceos do centeio, trigo e do farelo de arroz (VIEIRA, 2007) e estão presentes no milho e no farelo de soja (ROSTAGNO et al., 2017).

As xilanases se complexam com os arabinoxilanos presentes nas paredes dos vegetais e, com isso, impedem a absorção de água por esses compostos, liberando os nutrientes para serem absorvidos e possibilitando o melhor

aproveitamento de ingredientes alternativos, como o farelo de trigo (SILVA, 2014) e a casca de soja (DUARTE et al., 2013)

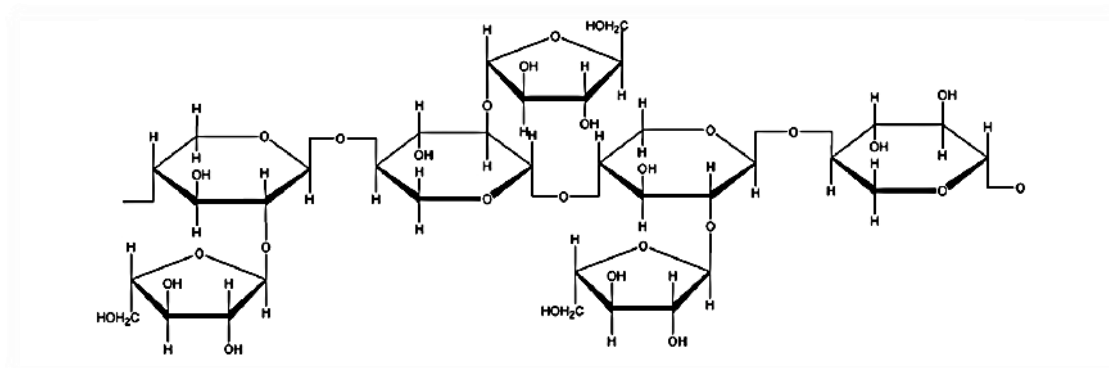


Figura 3- Estrutura química dos Arabinoxilanos. Fonte: Sinha et al., 2012

. Utiliza-se a proporção de arabinose e de xilose para caracterizar a estrutura do arabinoxilanos. A sequência de distribuição dos elementos estruturais e a quantidade relativa de arabinoxilanos variam de acordo com a fonte (KNUD,2014).

A produção de enzimas a partir do cultivo de fungos filamentosos se dá pela fermentação em estado sólido, uma técnica que consiste na utilização de substratos sólidos como meio de cultura atuando como fonte de carbono que, além de apresentar baixo custo, pode ainda aproveitar subprodutos agrícolas (SANTOS, 2016).

As xilanases podem ser produzidas a partir de vários organismos como fungos, bactérias, algas, protozoários e artrópodes (Tabela 1) (VIEIRA, 2007).

Avaliando a produção de xilanase a partir de fungos filamentosos, Motta (2008) observou que o bioma Pantanal é o segundo maior produtor de xilanase em proporção de microrganismo com 29,41%, percentual inferior apenas do Bioma Floresta Amazônica com 35,62%. Estes dados refletem a grande variedade de microrganismos inexplorados na produção de enzimas exógenas. Xilanases preparadas a partir de diferentes microrganismos podem variar em seus impactos no desempenho de produção de frangos de corte por meio de certas características como a susceptibilidade de enzimas proteolíticas à xilanase, modo de ação, pH ótimo para atividade (BEG et al., 2001).

Pesquisas apontam a eficiência da utilização de xilanase em dietas para poedeiras, Taylor et al. (2018) avaliaram os efeitos `a suplementação de fitase

(1500 FTU/kg) e xilanase (12000 BXU/kg) sobre o desempenho e a qualidade de ovos em poedeiras comerciais, e concluíram que a adição de xilanase e fitase as dietas melhoram a eficiência alimentar.

Tabela I. Microrganismos utilizados para a obtenção de xilanase

	Condições de cultivo	
	pH	Temperatura (°C)
Bactérias		
<i>Acidobacterium capsulatum</i>	5,0	65
<i>Bacillus circulans</i> WL-12	5,5-7,0	-
<i>Bacillus stearothermophilus</i> T-6	6,5	55
<i>Bacillus polymyxa</i> CECT 153	6,5	50
<i>Bacillus</i> sp. strain K-1	5,5	60
<i>Bacillus</i> sp. NG-27	7,0-8,4	70
<i>Cellulomonas fimi</i>	5,0-6,5	40-45
<i>Cellulomonas</i> sp. N.C.I.M. 2353	6,5	55
<i>Staphylococcus</i> sp. SG-13	7,5-9,2	50
<i>Thermoanaerobacterium</i> sp. JW/SL-YS485	6,2	80
<i>Thermotoga maritima</i> MSB8	5,4-6,2	92-105
Fungos		
<i>Aspergillus niger</i> ANL-301	5,5	45
<i>Aspergillus kawachii</i> IFO 4308	2,0-5,5	50-60
<i>Aspergillus sojae</i>	5,0-5,5	60
<i>Aspergillus sydowii</i> MG 49	5,5	60
<i>Cephalosporium</i> sp.	8,0	40
<i>Fusarium oxysporum</i>	6,0	60,5
<i>Geotrichum candidum</i>	4,0	50
<i>Penicillium purpurogenum</i>	7,3-7,5	60,5
<i>Thermomyces lanuginosus</i> DSM 5826	7,0	60,7
<i>Trichoderma harzianum</i>	5,0	50
<i>Trichoderma reesei</i>	5,0-5,5	45,5

Fonte: Adaptado de Goswami e Pathak (2013).

O efeito da xilanase em dietas sobre a energia, metabolismo de aminoácidos e minerais, produção e qualidade de ovos em galinhas poedeiras foram avaliados por Pirgozliev et al. (2010), os autores observaram que os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta e do nitrogênio das dietas suplementadas com xilanase (1200 e 1600 XU/Kg) foram 1,2% e 7,1%, foram respectivamente superiores a dieta controle. No entanto, a recomendação de suplementação ideal foi de 800 (XU/kg).

Avaliando o efeito da adição de β -glucanase e xilanase (2500 mg/kg) em dietas à base de trigo, cevada e centeio sobre a metabolizabilidade dos nutrientes e desempenho de poedeiras, Lázaro et al. (2010) observaram que as

aves alimentadas com dietas suplementadas com enzimas, produziram mais ovos (2,1%) e apresentaram melhor eficiência alimentar por dúzia de ovos (2,5%). Os autores também verificaram que a suplementação enzimática reduziu a viscosidade intestinal e a incidência de ovos sujos.

As xilanases utilizam mecanismos para catalisar os arabinoxilanos a fim de reduzir a viscosidade da digesta (BEDFORD, 2000), aumentando a atividade de enzimas endógenas (ZOU et al., 2013) pela liberação de oligossacarídeos (BEDFORD e COWIESON, 2012).

O aumento da utilização de enzimas exógenas em dietas para aves é esperado, não somente em função dos aspectos nutricionais e econômicos, mas também sob o ponto de vista da saúde do sistema gastrointestinal e ambiental, melhorando a metabolizabilidade de nutrientes e assim atenuando as perdas nas excreções, particularmente, o excesso de nitrogênio, fósforo, zinco e cobre (BERWANGER et al., 2017; REHMAN et al., 2017).

2.4. Alimentos Alternativos

2.4.1. Casca de soja

A casca de soja é um subproduto da extração do óleo de soja, um ingrediente rico em fibras e de baixo custo (DUARTE et al., 2013). De acordo com Moreira et al. (2009), a casca de soja representa cerca de 7 a 8% do peso do grão e por ser um subproduto da limpeza do grão sua composição sofre grandes variações, uma vez que não existe uma padronização nas indústrias de moagem do grão. A cada tonelada de grãos de soja esmagados para extração de óleo retira-se 180 kg de óleo, 710 kg de farelo de soja e apenas 50 kg de casca, ou seja, 5% do total (LIMA et al., 2009).

A casca de soja possui 14,4% de PB e, aproximadamente, 32,9% de fibra bruta (FB), 58,1% de fibra em detergente neutro (FDN) e 46,1% de fibra em detergente ácido (FDA) (ROSTAGNO et al., 2017). Outro fator que contribui para a variação na composição da casca de soja é a presença de vagens, resíduos do caule ou demais partes da planta (MOREIRA et al., 2009).

Na casca de soja podem ser encontrados em torno de 75% de PNA's e destes, 60% são insolúveis (DUARTE et al., 2013). Os principais PNA's

insolúveis presentes na casca de soja são: xilose (7,40%) arabinose (3,24%) e galactose (1,43%) (ROSTAGNO et al., 2017)

2.4.2. Farelo de trigo

O trigo, principal cereal de inverno produzido mundialmente, é processado para gerar seu principal produto, a farinha de trigo, e os subprodutos como o farelo de trigo, farelinho de trigo, farelo grosso, farelo fino e farinheta (LEI et al., 2018).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2018), na safra de 2018/2019 a produção de trigo foi de 5,5 milhões de toneladas com 3.815 kg/hectare. A produção de trigo está concentrada na região Sul do país, o qual é responsável por 90% da produção, acarretando uma alta concentração de subprodutos (farelo grosso, farelo fino e farinheta) na indústria nessa região (WESENDONCK, 2012).

Considerando que a maior parte da produção de grãos (milho, soja, trigo) é destinada para o consumo humano, os custos das dietas aumentam e, nesse contexto, a busca por ingredientes alternativos tornou-se uma boa opção para possíveis substitutos nas dietas, como o farelo de trigo (SENKOYLU et al., 2016).

O farelo de trigo apresenta alta concentração de fibra bruta (9,07%) e de proteína bruta (15,1%). Em sua composição química encontra-se xilose (10,76%), arabinose (6,49%), galactose (0,85%) sendo os principais PNA's encontrados no farelo de trigo (ROSTAGNO et al., 2017), além de celulose (11%) e lignina (3 a 10%) (ROSTAGNO et al., 2011).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da inclusão de xilanases em dietas com redução energética e alimentos alternativos sobre a metabolizabilidade dos nutrientes para poedeiras comerciais.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da inclusão de diferentes xilanases (XP e XC) nas dietas sobre a metabolizabilidade da energia para poedeiras comerciais;
- Estimar se a inclusão de diferentes xilanases (XP e XC) nas dietas de poedeiras comerciais contendo ingredientes alternativos proporcionam melhoria na metabolizabilidade dos nutrientes;
- Investigar a metabolizabilidade dos nutrientes de dietas formuladas com redução EM para poedeiras comerciais, com e sem a suplementação enzimas (XP e XC);

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA- **Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual de atividades 2018.** Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2018>. Acesso em jan de 2019.
- ALBINO, L.F.T.; BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S. Ingredientes promotores de desempenho para frangos de corte. In: VII SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: AVESUI, 2007. p.73-90.
- ARAUJO, D. M.; SILVA, J. H V.; MIRANDA, E. C.; ARAUJO, J. A.; PERAZZO, F. G.; COSTA, E. N. M. T. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.5, p.843-848, 2008
- ARAUJO, D. M. **Avaliação do farelo de trigo e enzimas exógenas na alimentação de frangas e poedeiras.** Dissertação (Mestrado) – Universidade da Paraíba. Areia, 2005. 81p.
- BEDFORD, M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition-their current value and 514 future benefits. **Animal Feed Sci and Technology**, v. 86, p. 1-13, 2000.
- BEDFORD M. R.; COWIESON, A. J. Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. **Anim Feed Sci Technol.** 2012; 173:76–85.
- BEG QK, KAPOOR M, MAHAJAN L, HOONDAL GS. Microbial xylanases and their industrial applications: a review. **Appl Microbiol Biotechnol.** 2001, 56:326–338.
- BERWANGER, E; NUNES, RV; PASQUETTI, TJ; MURAKAMI, AE; MORAESDE OLIVEIRA, TM; BAVERLE, DF, FRANK R. Sunflower cake with or without enzymatic complex for broiler chickens feeding. **Asian-Aus. J. Anim. Sci.**, 30: 410-416. 2017
- BOBECK, E. A.; NACHTRIEB, A. B. BATALLA, A. B.; PERSIA, M. E. Effects of xylanase supplementation of corn-soybean meal-dried distiller's grain diets on performance, metabolizable energy, and body composition when fed to first-cycle laying hens. **J. Appl. Poult. Res.** 2014, v. 23, 174–180
- BRAZ, N. M.; FREITAS, E. R.; BEZERRA, R. M, CRUZ, C. E. B.; FARIAS, N. N. P.; SILVA, N. M.; SÂ, N. L.; XAVIER, R. P. S.; Fibra na dieta de crescimento e

- seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.12, p.2744-2753, 2011
- CARVALHO, L. S. S.; FERNANDES, E. A. Formação e qualidade da casca de ovos de reprodutoras e poedeiras comerciais. **Medicina Veterinária**, v.7, n.1, p.35-44, 2013.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica Ilustrada**. Tradução Carla Dalmaz et. al., 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, p. 528.
- CHAVES, N. R. B. Fitase e Xilanase em dietas com ajustes nutricionais para frangos de corte. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2018. 109p.
- CONAB- **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_15_11_11_25_2.pdf Acesso em: jan, 2019
- DEPERSIO S., UTTERBACK PL, UTTERBACK CW, ROCHELLI SJ, O'SULLIVAN N., BREGENDAHL K., ARANGO J., PARSONS CM, KOELBECK KW. Efeitos de dietas de alimentação variando em energia e densidade de nutrientes para poedeiras Hy-Line W-36 sobre desempenho produtivo e economia. **Poult. Sci** . 2015, 94:195-206.
- DOURADO, L. R. B. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. 2008. 80f. **Tese de Doutorado** - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- DUARTE, C. R. A.; MURAKAMI, A. E.; MELLO, K. S.; PICOLI, K. P.; GARCIA, A. F. Q. M.; FERREIRA, M. F. Z.; Soybean hulls in the quail diet. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3057-3068, nov./dez. 2013
- ESMAIL, S. H. Fibre plays a supporting role in poultry nutrition. **Poultry World**. 2012.Disponível em:<http://www.poultryworld.net/Breeders/Nutrition/2012/2/Fibre-plays-a-supporting-role-in-poultry-nutrition-WP009965W/>. Acesso em maio de 2017.
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; EZEQUIEL, J. M. B.; NEME, R.; MENDONÇA, M. O. Energia metabolizável de alimentos na formulação de dieta para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.107-115, 2006.
- GOULART, F. R.; ADORLAN. T. J.; MOMBACH, P. I.; SILVA, L. P. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista Ciência e Inovação**, v.1. n.1, 2016. Disponível em: <http://periodicos.iffarroupilha.edu.br/index.php/cienciainovacao/article/view/104>. Acesso em julho, 2017.
- GRECCO, E. T. **Utilização de enzimas xilanases para codornas de corte**. Dissertação (mestrado)- Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2016
- JIANG S., CHENG H. W., CUI L. Y., ZHOU Z. L., HOU J. F. Changes of blood parameters associated with bone remodeling following experimentally induced fatty liver disorder in laying hens. **Poult. Sci**. 92:1443–1453.2013a
- KAY, Z. Fiber as a essential poultry nutrient – turning a problem into a solution. **Poultry Nutrition**. 2014. Disponível em: <http://www.wattagnet.com/articles/22068-fiber-as-an-essential-poultry-nutrient-turning-a-problem-into-a-solution?v=preview>. Acesso em maio de 2017.

- KNUD, E. B. K. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. **Poultry Sci**, Volume 93, 2014, pg 2380–2393.
- LÁZARO, R.; GARCIA, M.; ARANÍBAR, J.; MATEOS, G. G. Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *British Poultry Science*, v-44, 2010
- LEITE, J.L.B.; RODRIGUES, P.B.; FIALHO, E.T.; FREITAS, R.T.F.; NAGATA, A.K.; CANTARELLI, V.S. Efeito da peletização e adição de enzimas e vitaminas sobre o desempenho e aproveitamento da energia e nutrientes em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1292-1298, 2008.
- LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; ARAUJO, J. A.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Vet. Brasilica**, v.1, n.4, p.99-110, 2007
- LIMA, H. J. A. **Uso da enzima fitase em dieta para codornas japonesas em postura**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008. 43p.
- LIMA, M. L. M.; FERNANDES, J. J. R.; CARVALHO, E. R.; SANTOS, S. C.; ROCHA, F. M.; LIMA, D. A. Substituição do milho triturado por casca de soja em dietas para vacas mestiças em lactação. **Ciên. Ani, Brasi.**, v. 10, n. 4, p. 1037-1043, out./dez. 2009
- MATEOS, GG JIMENEZ-MORENO E. SERRANO MP LÁZARO RP. Resposta de aves a altos níveis de fontes de fibra dietética variando em características físicas e químicas. *J. Appl. Poult. Res.* 21:156-174. 2012
- MELLO, H.H.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; SOUZA, R.M.; CALDERANO, A.A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.863-868, 2009.
- MENEGHETTI, C. Associação de enzimas para frangos de corte. **TESE (DOUTORADO)**. Universidade Federal De Lavras, 2013. 93p.
- MOREIRA, I.; OURINHO, F. L.; CARVALHO, P. L. L. PAIANO, D.; PIANO, L. M.; KURODA JUNIOR, I. S. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.12, p.2408-2416, 2009
- MOTTA, F. B. **Triagem, seleção, produção e caracterização da enzima xilanase a partir de leveduras silvestres**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de alimentos, Campinas, 2008. 72f.
- MURUGESAN GR, PERSIA MIM. Validation of the effects of small differences in dietary ME and feed restriction in first-cycle laying hens., **Poult. Sci.**, 2013vol. 92 (pág. 1238-1243)
- NASCIF C. C. C., GOMES P. C., ALBINO L. F. T., ROSTAGNO H. S. 2004. Determinação dos valores energéticos de alguns óleos e gorduras para pintos de corte machos e fêmeas aos 21 dias de idade. **Rev. Bras. Zoot.** 33:375–385.
- NELSON, D. L.; COX, M. M.; **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 1274p
- NRC. **Exigências Nutricionais de Aves**. 9ª rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 1994

- OLIVEIRA, E. M. **Fibra solúvel na dieta de poedeiras semipesadas. Jaboticabal**, 2014 vi, 50 f.: il.; 29 cm. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014.
- PARDUE SL 2010. **Comida, energia e meio ambiente**. Poult. Sci. 89:797-802
- PEREIRA, P. W. Z. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural nas dietas de frangos de corte criados em aviário comercial. **Dissertação (Mestrado)**- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2008. 63p.
- PEREIRA, L. F. P. Utilização de complexo enzimático em dietas de poedeiras. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. 46p.
- PIRGOZLIEV V., BEDFORD SR, ACAMOVIC T. Effect of dietary xylanase on energy, amino acid and mineral metabolism, and egg production and quality in laying hens., Br. Poult. Sci. vol. 51., Fr. **Poult. Sci.** 2010, vol. 51
- 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 fibras e suplementadas com enzimas exógenas. **R. Ciên. Ani. Bras.**, v. 9, n. 4, p. 984-996, out./dez. 2008
- REHMAN, ZU; KAMRAN, J; ABD EL-HACK, ME; AIAGAWANY, M; BHATTI, SA; AHMAD, G; SALEEM A; ULLAH Z; YAMEEN, RMK, DING, C. Influence of low protein and amino acid diets with different sources of protease on performance, carcasses and nitrogen retention of broiler chickens. **Anim. Prod. Sci.**, 2017
- ROMERO, L. F., M. J. ZUIDHOF, R. A. RENEMA, A. NAEIMA, AND F. E. Robinson. 2009. Characterization of energetic efficiency in adult broiler breeder hens. Poult. Sci. 88:227–235
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L.; EUCLIDES, R. F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição dos alimentos e exigências nutricionais. 3ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252p.
- ROSTAGNO HS, ALBINO LFT, HANNAS MI, DONZELE JL, SAKOMURA NK, PERAZZO FG, SARAIVA A, ABREU MLT, RODRIGUES PB, OLIVEIRA RT, BARRETO SLT, BRITO CO. 2017. **Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais)**. 4.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. 488p.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP, 283. 2016
- SANTOS, W. R. Isolamento de fungos do bioma pantanal e estudos da produção de xilanase e celulase. **Tese (Doutorado)** – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2016. 133f.
- SANTOS, V. L.; GENTILINI, F. P.; LADEIRA, S. R. L.; ANCIUTI, M. A.; RUTZ, F. Complexo enzimático e farelo de arroz integral sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos de poedeiras em segundo ciclo de produção. **Revista Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.18, 1-10, e-18117, 2017
- SANTOS NETO, D. Complexos enzimáticos em dietas para frangos de corte. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Goiás. Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 2016. 57f.
- SCHRAMM, V. G. Interação de xilanase e fitase em dietas a base de milho e farelo de soja para frangos de corte. **Dissertação (Mestrado)** - Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. 51p.

- SCHRAMM, V.G.; DURAU, J.F.; BARRILLI, L.N.E.; SORBARA, J.O.B.; COWIESON, A.J.; FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A. Interaction between xylanase and phytase on the digestibility of corn and a corn/soy diet for broiler chickens. **Poultry Science**, v.96, p.1204–1211, 2017.
- 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, July-Sept. 2012
- SILVA, J. C. R. Efeito do complexo enzimático sobre o valor nutricional e energetic de dietas para poedeiras comerciais. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2014. 73f.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos- Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- STEFANELLO, C.; VIEIRA, S.L.; CARVALHO, P.S.; SORBARA, J.O.B. COWIESON, A.J. Energy and nutrient utilization of broiler chickens fed corn-soybean meal and corn-based diets supplemented with xylanase. **Poultry Science**, v,95, n.8, p.1881-1887, 2016.
- TAVERNARI, F.C., CARVALHO, T.A., ASSIS, A.P. E LIMA, H.J.D. Polissacarídeos não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, p.673-689, 2008
- TAYLOR, A.E.; BEDFORD, M. R.; PACE, S. C.; MILLER, H. M. The effects of phytase and xylanase supplementation on performance and egg quality in laying hens. **British. Poultry Scie.**, v-58, 2018
- VIEIRA, D. S. Estrutura, termoestabilidade e atividade de xilanases: um estudo via simulação molecular. **Tese (Doutorado)**- Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Ribeirão Preto, 2007, 147p.
- WESENDONCK, W. R. **Valor nutricional de diferentes subprodutos do trigo para suínos em crescimento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

CAPÍTULO 2- Xilanases em dietas com alimentos alternativos e redução energética para poedeiras comerciais

Artigo elaborado segundo normas adaptadas da revista “**Anais da Academia Brasileira de Ciências**”

GISLAINE C. ANDRADE¹, ELIS R. M. GARCIA¹

¹ Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Graziela Maciel Barroso Km 12, 79210-000, Aquidauana, MS, Brasil

ABSTRACT

Two metabolism trials were conducted to evaluate the effect of different xylanases in diets with energy reduction and alternative ingredients on the metabolizability of nutrients and energy for laying hens. In the first trial, 100 birds were distributed in CRD in a 2x2 + 1 factorial scheme (two reductions of metabolizable energy x two xylanases, plus a control diet). In the second trial, 140 birds were distributed in CRD in a 2x3 + 2 factorial scheme (two xylanases x three ingredients -, plus two positive and negative control diets). In the first FDNMC trial it presented interaction for a diet with a reduction of 200 Kcal / kg of ME and PX as well as for a diet with a reduction of 100 Kcal / Kg of ME. The metabolizability coefficients of DM, CP, EE, GE and AME demonstrate that PX was superior. In the second trial, CPMC, EEMC, ADFMC, MMMC, AMEn showed interaction between the addition of alternative ingredients and supplementation with xylanases. The DMMC, GEMC and AME demonstrated that the addition of wheat bran lead to better results on the metabolizability of nutrients and energy when compared to soybean hull and soybean hull with wheat bran. It was concluded that supplementation with PX (16000 BXU / kg) improves the metabolizability of nutrients from corn and soybean-based diets for light commercial laying hens, enabling a reduction of up to 200 Kcal of ME / kg of the diets. Xylanases (16000 BXU / kg) are more effective on WB and allow the reduction of 150 Kcal / kg of ME in commercial laying diets, without prejudice to the metabolizability of nutrients. In diets containing fibrous ingredients the action of PX is similar to CX.

Keywords: *Aspergillus japonicus*; carbohydrases; exogenous enzymes; metabolizability; non-starch polysaccharides;

INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira vem crescendo ano após ano e a nutrição exerce papel de grande relevância nesse contexto, pois contempla o conhecimento da exigência nutricional das aves, assim como o potencial nutritivo dos alimentos (Barbosa et al., 2012). As pesquisas em nutrição têm buscado melhorar a metabolizabilidade dos alimentos e atender as necessidades nutricionais das aves, possibilitando a máxima expressão do seu potencial genético, além de beneficiar os custos de produção (Araújo et al., 2008).

Considerando que a alimentação dos plantéis representa cerca de 75% do custo total de produção, a busca por ingredientes que venham a ser possíveis substitutos ao milho e farelo de soja, têm sido constante, dessa forma, os alimentos alternativos vêm sendo estudados como fontes economicamente viáveis uma vez que apresentam baixo custo para a formulação das dietas para poedeiras, mas esses ingredientes são usados com cautela ou em níveis de inclusão baixos devido a presenças dos PNA's. No Brasil, o farelo de trigo, o farelo de arroz e a casca de soja são ingredientes utilizados nas dietas para aves em substituição ao milho, devido aos preços mais acessíveis (Santos et al., 2017).

Além disso, as formulações de dietas contendo enzimas exógenas têm sido comumente utilizadas com o objetivo de melhorar a metabolizabilidade e o aproveitamento de alimentos de origem vegetal ricos em polissacarídeos não amiláceos (PNA's). Os PNA's atuam como fatores antinutricionais, aumentando a viscosidade da digesta e diminuindo a metabolizabilidade dos nutrientes (Rutherford et al., 2007).

As enzimas exógenas comumente utilizadas na alimentação animal são as β -glucanases; amilases, celulasas, xilanases, proteases, galactosidases, fitases e lipases, cada uma atuando em um tipo de substrato. Mas somente as carboidrases (β -glucanases, xilanases e galactosidases) atuam formando um complexo enzima-substrato, reduzindo a viscosidade do sistema gastrointestinal (Munir e Maqsood, 2013). Ao se complexar com os PNA's, as carboidrases permitem a ação das enzimas endógenas, fragmentando os nutrientes anteriormente complexados, aumentando sua absorção e, conseqüentemente, melhorando a metabolizabilidade (Rutherford et al., 2007).

Dentre as carboidrases, a xilanase vem ganhando destaque pelos seus resultados satisfatórios, seja isolada ou complexada com outras enzimas. A xilanase é frequentemente utilizada em dietas com alimentos ricos em arabinoxilanos como o trigo, cevada e centeio (Lázaro et al., 2010). Apesar de ser mais comumente utilizada em dietas

de grãos de alta viscosidade, estudos têm sido realizados com grãos de baixa viscosidade (Zuber e Rodehutschord, 2017) como o milho (Pirgozliev et al., 2010).

Com a utilização da xilanase, os níveis de energia metabolizável podem ser reduzidos em dietas para aves em geral, uma vez que o desempenho é mantido quando comparado à dietas sem adição de enzimas, em função da capacidade de melhorar a metabolizabilidade da energia (Jia et al., 2009; Nian et al., 2011; Stefanello et al., 2016), e a saúde intestinal das aves (Guo et al., 2014).

Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inclusão de diferentes xilanases em dietas com redução energética e alimentos alternativos sobre a metabolizabilidade dos nutrientes e da energia para poedeiras comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Campo Demonstrativo de Produção Zootécnica (CDPZ) de Avicultura e no Laboratório de Qualidade de Produtos de Origem Animal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, sob aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UEMS), protocolo N° 39/2017.

Foram realizados dois ensaios de metabolismo com poedeiras comerciais, da linhagem Dekalb White, com 78 semanas de idade, padronizadas por peso corporal e produção. As aves foram alojadas em galpão convencional de postura, em gaiolas de arame galvanizado com divisões de 25 x 40 x 45 cm. O bebedouro utilizado foi do tipo calha e o fornecimento de dieta foi *ad libitum* às 8h e 16h, em comedouros dispostos sob os bebedouros um para cada unidade experimental. O programa de iluminação adotado foi de 17 horas por dia (iluminação natural + artificial). A temperatura e umidade no interior do galpão foram registradas às 08h e 16h horas, por intermédio de termo higrômetro, disposto no meio do galpão entre as linhas de produção constituindo das temperaturas máxima de $32^{\circ}\text{C} \pm 3$ e mínima de $13^{\circ}\text{C} \pm 4$ e a umidade relativa máxima do ar $65\% \pm 22$ e mínima de $33\% \pm 4$.

As excretas foram coletadas durante cinco dias após o período de cinco dias de adaptação, por meio de sacos plásticos colocados sob as gaiolas. Para determinar o início e o final da coleta foi utilizado o óxido férrico como marcador. A composição química dos ingredientes utilizados nas dietas está apresentada na tabela II. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio (N), fibra em

detergente neutro (FDN), dos ingredientes conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). A energia bruta (EB) foi determinada pela queima da amostra em bomba calorimétrica adiabática.

TABELA II
Composição bromatológica dos ingredientes

Frações das dietas	Ingredientes			
	Milho	Farelo de Soja	Casca de Soja	Farelo de Trigo
Matéria Seca (%)	89,88	89,38	89,01	82,26
Proteína Bruta (%)	7,72	47,58	9,98	17,66
Fibra em detergente neutro (%)	27,68	21,36	45,07	64,14
Fibra em detergente ácido (%)	3,50	8,27	14,73	46,45
Extrato Etéreo (%)	14,20	7,60	9,70	12,70
Matéria Mineral (%)	7,28	7,00	4,15	5,37
Energia Bruta (kcal/kg)	3890	4678	3767	3987

Ensaio I

No primeiro ensaio de metabolismo, 100 poedeiras foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$ (dois níveis de redução de energia metabolizável – 100 e 200 kcal EM/ kg, duas xilanases diferentes, mais uma dieta controle sem redução energética e sem a inclusão de xilanase), totalizando cinco dietas experimentais com cinco repetições e quatro aves por unidade experimental. A xilanase comercial (XC) utilizada é proveniente do microrganismo *Trichoderma reesei* e a xilanase pantanal (XP) de fungos filamentosos da região do Cerrado Pantanal *Aspergillus japonicus*, ambas com inclusão fixada em 100 g/ton (16000 BXU/kg) de dieta.

As dietas experimentais foram: - dieta controle positivo (CP) baseada em milho e farelo de soja; - CN baseada em milho, farelo de soja com redução de 100 kcal/kg de EM suplementada com XP (100 g/ ton); - CN baseada em milho, farelo de soja com redução de 100 Kcal/kg de EM suplementada com XC (100 g/ ton); CN baseada em milho, farelo de soja com redução de 200 Kcal/kg de EM suplementada com XP (100 g/ ton); - CN baseada em milho, farelo de soja com redução de 200 Kcal/kg de EM suplementada com XC (100 g/ ton)., formuladas para serem isonutritivas exceto para sódio (Na), cloro (Cl) e potássio (K), de forma a atenderem as exigências nutricionais das aves de acordo com Rostagno et al. (2017) e o manual da linhagem (Dekalb White, 2009) (Tabela III).

TABELA III
Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Redução de EM ^s (Kcal/kg)				
	Controle	100	100	200	200
Milho moído	62,56	64,27	64,27	64,39	64,39
Farelo de soja, 48%	21,49	21,30	21,30	21,30	21,30
Calcário calcítico	10,34	10,31	10,31	10,31	10,31
Fosfato bicálcico	1,55	1,61	1,61	1,62	1,62
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Óleo de soja	2,94	1,30	1,30	-	-
Suplemento mineral e vitamínico ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL- Metionina (99%)	0,33	0,39	0,39	0,33	0,33
L-Lisina HCl (99%)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
L-Triptofano (98%)	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
L-Treonina (98%)	0,070	0,079	0,079	0,079	0,079
BHT ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Inerte	-	-	-	1,57	1,57
XP*	-	0,01	-	0,01	-
XC**	-	-	0,01	-	0,01
Total	100	100	100	100	100
Composição Calculada					
EM ³ (kcal/kg)	2.900	2.800	2.800	2.700	2.700
Proteína Bruta (%)	15,61	15,61	15,61	15,61	15,61
Lisina dig.	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Metionina + Cisteína dig.	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Triptofano dig.	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Treonina dig.	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fibra Bruta (%)	2,06	2,08	2,08	2,08	2,08
Cálcio (%)	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43
Fósforo disp. (%)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Sódio (%)	0,20	0,08	0,08	0,08	0,08
Cloro (%)	0,36	0,19	0,19	0,19	0,19
Potássio (%)	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66
BED ⁴	152,39	150,86	150,86	151,01	151,01
PNA ⁵	7,81	7,89	7,89	7,91	7,91

§ Energia Metabolizável ¹ Composição por kg de dieta: Vitamina A 9.637 UI, Vitamina D3 2409 UI, Vitamina E 36,1 UI, Vitamina K3 1,93 mg, Vitamina B1 2,59 mg, Vitamina B2 6,44 mg, Vitamina B6 3.614 mg, Vitamina B12 0,0159 mg, Ac. Pantotênico 12,95 mg, Ac Nicotínico 39,2 mg, Ac, Fólico 0,903 mg, Biotina 0,090 mg, Colina 392 mg, Cu 8,37 mg, Fe 41,68 mg, I 0,843 mg, Mn 58,36 mg, Se 0,250 mg, Zn 54,21; ² Antioxidante; * Xilanase Pantanal; ** Xilanase Comercial; ³ Energia metabolizável; ⁴ Balanço eletrolítico dieta (Mongin, 1981); ⁵ Polissacarídeos não-amiláceos;

O consumo de dieta foi obtido a partir da quantidade de dieta oferecida durante o período de coleta subtraindo-se a sobra ao final do mesmo. Foi calculado o consumo médio diário de acordo com as repetições e os tratamentos.

As excretas foram coletadas duas vezes ao dia (8h00m e 16h00m) para evitar fermentação, por meio de raspagem, descartando resíduos das dietas, penas ou qualquer material contaminante. A cada coleta de excretas, os sacos plásticos com excretas foram substituídos por sacos limpos e as amostras transferidas para sacos plásticos previamente identificados, pesadas e posteriormente congeladas.

Após, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas, pesadas por repetição e retirada uma amostra que ficou mantida em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55°C. Em seguida, as excretas foram retiradas da estufa, pesadas, moídas e armazenadas até a realização das análises laboratoriais.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio (N), fibra em detergente neutro (FDN), das dietas e das excretas conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). A energia bruta (EB) das dietas e das excretas foi determinada pela queima da amostra em bomba calorimétrica adiabática.

Após a obtenção dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das excretas foram calculados a energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), bem como os coeficientes de metabolizabilidade da MS (CMMS), EB (CMEB), PB (CMPB), (CMFDN) e (CMMM) (Sakomura e Rostagno, 2016), conforme as equações descritas a seguir:

$$EMA = \frac{\text{energia bruta (EB) ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$EMAn = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 * BN)}{\text{MS ingerida}}$$

Onde

$$BN \text{ (balanço de nitrogênio)} = N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}$$

Os CMMS, CMEB, CMPB, CMFDN e CMMM foram calculados pela seguinte equações:

$$CMA \text{ (nutriente)} = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) \times 100}{\text{Nutriente ingerido}}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve interação ($P < 0,05$) entre as reduções de EM e a adição de enzimas, os dados obtidos foram desdobrados e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

No caso da interação não ser significativa, os efeitos dos fatores foram analisados de maneira isolada, submetidas à análise de variância e teste de Tukey ($P < 0,05$).

Posteriormente, todas as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$) com a dieta controle. O programa estatístico utilizado em ambos os ensaios foi o SAS na versão University (2013).

Ensaio II

No segundo ensaio de metabolizabilidade, 140 poedeiras foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com oito dietas experimentais, cinco repetições e quatro aves por unidade experimental.

As dietas experimentais foram: - dieta controle positivo (CP) baseada em milho e farelo de soja; - dieta controle negativo (CN) baseada em milho e farelo de soja com redução de 150 kcal/kg de energia metabolizável; - CN baseada em milho, farelo de soja e casca de soja com redução de 150 kcal/kg de EM suplementada com XP (100 g/ton); - CN baseada em milho, farelo de soja e farelo de trigo com redução de 150 Kcal/kg de EM suplementada com XP (100 g/ton); - CN baseada em milho, farelo de soja, casca de soja e farelo de trigo, com redução de 150 Kcal/kg de EM suplementada com XP (100 g/ton); CN baseada em milho, farelo de soja e casca de soja com redução de 150 Kcal/kg de EM suplementada com XC (100 g/ton); - CN baseada em milho, farelo de soja e farelo de trigo com redução de 150 Kcal/kg de EM suplementada com XC (100 g/ton); - CN baseada em milho, farelo de soja, casca de soja e farelo de trigo com redução de 150 Kcal/kg de EM suplementada com XC (100 g/ton) (Tabela IV).

As dietas experimentais foram formuladas para serem isonutritivas exceto para fibra, Na, Cl e K, de forma a atenderem as exigências nutricionais das aves de acordo com Rostagno et al. (2017) e o manual da linhagem (Dekalb White, 2009).

O segundo ensaio de metabolismo seguiu as metodologias para análises bromatológicas das dietas e das excretas descritas no primeiro ensaio.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve interação ($P < 0,05$) entre suplementação de enzimas e a adição de ingredientes alternativos, os dados obtidos foram desdobrados e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). No caso de interação não ser significativa, os efeitos dos fatores foram analisados de maneira isolada, submetidas à análise de variância e teste de Tukey ($P < 0,05$). Posteriormente, todas as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$) com a dieta controle positivo e novamente com a dieta controle negativo. O programa estatístico utilizado em ambos os ensaios foi o SAS na versão University (2013).

TABELA IV
Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais com
diferentes alimentos alternativos

Ingredientes (%)	CP*	Redução de 150 Kcal EM [§] /kg com inclusão de xilanase						
		CN [§]	CS ¹	FT ²	CSFT ³	CS	FT	CSFT
Milho moído	62,56	66,01	58,17	59,49	51,62	58,17	59,49	51,62
Farelo de soja, 48% ⁴	21,49	20,98	20,33	20,38	19,5	20,33	20,38	19,5
Farelo de trigo	-	-	-	6,00	6,00	-	6,00	6,00
Casca de soja	-	-	6,00	-	6,00	6,00	-	6,00
Calcário calcítico	10,34	10,35	10,28	10,42	10,35	10,28	10,42	10,35
Fosfato bicálcico	1,55	1,55	1,54	1,46	1,41	1,54	1,46	1,41
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Óleo de soja	2,94	0,04	2,51	1,46	3,93	2,51	1,46	3,93
SMV ⁵⁶	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL- Metionina (99%)	0,33	0,33	0,35	0,33	0,35	0,35	0,33	0,35
L-Lisina (99%)	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13
L-Triptofano (98%)	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
L-treonina (98%)	0,07	0,07	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	0,10
BHT ⁷	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
XP**	-	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-
XC***	-	-	-	-----	-----	0,01	0,01	0,01
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Composição Calculada								
EM (kcal/kg) ⁸	2.900	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
Proteína Bruta (%)	15,61	15,61	15,61	15,61	15,61	15,61	15,61	15,61
Lisina dig	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Metionina + Cisteína dig	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Triptofano dig	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Treonina dig	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fibra Bruta (%)	2,07	2,10	3,91	2,49	4,30	3,91	2,49	4,30
Cálcio (%)	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43
Fósforo disp. (%)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloro (%)	0,37	0,37	0,36	0,37	0,36	0,36	0,37	0,36
Potássio (%)	0,65	0,65	0,62	0,68	0,64	0,62	0,68	0,64
BED ⁹	152,39	151,54	151,54	159,46	152,15	151,54	159,46	152,15
PNA's ¹⁰	6,35	7,96	10,62	9,00	11,66	10,62	9,00	11,66

§ Energia Metabolizável * Controle positivo; [§]Controle negativo; ¹ Casca de soja; ² Farelo de Trigo; ³ Combinação de Casca de soja e Farelo de trigo; ⁴ Farelo de soja 45%; ⁵ Suplemento mineral vitamínico; ⁶ Composição por kg de dieta: Vitamina A 9.637 UI, Vitamina D3 2409 UI, Vitamina E 36,1 UI, Vitamina K3 1,93 mg, Vitamina B1 2,59 mg, Vitamina B2 6,44 mg, Vitamina B6 3.614 mg, Vitamina B12 0,0159 mg, Ac. Pantotênico 12,95 mg, Ac Nicotínico 39,2 mg, Ac. Fólico 0,903 mg, Biotina 0,090 mg, Colina 392 mg, Cu 8,37 mg, Fe 41,68 mg, I 0,843 mg, Mn 58,36 mg, Se 0,250 mg, Zn 54,21; ⁷ Antioxidante; **Xilanase Pantanal; *** Xilanase Comercial; ⁸ Energia metabolizável; ⁹ Balanço eletrolítico dieta (Mongin,1981) ¹⁰Polissacarídeos não-amiláceos;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio I

O CMMS das dietas suplementadas com XP foram 2,2% superiores a XC e as dietas com redução energética e suplementadas com XP não diferiram da dieta controle ($P < 0,05$). Considerando a composição das dietas, a maior inclusão de óleo de soja na dieta controle pode ter proporcionado um efeito extra calórico, o que poderia justificar valores superiores da dieta controle em relação as dietas suplementadas XC nas reduções de 100 e 200 Kcal de EM.

Efeito esse justificado de acordo com a inclusão de diferentes enzimas para a metabolizabilidade da matéria seca, uma vez que nas rações com redução energética de 100 kcal/kg de EM em ambas as suplementações, a quantidade de óleo vegetal inclusa permaneça a mesma, sendo assim as rações com XP demonstram maior efetividade mesmo nas reduções energéticas ao equiparar-se ao CP (Tabela V).

De acordo com estudo realizado por Zanella et al. (1999), ao avaliar níveis de óleo e adição de complexo enzimático as dietas experimentais equipararam-se estatisticamente a dieta controle em relação a energia quanto ao CMMS demonstrando a eficiência do complexo enzimático (xilanase, amilase e protease). No presente estudo apenas as dietas suplementadas com XP em ambas as reduções demonstraram essa efetividade em equiparar-se ao CP. Considerando que o CMMS reflete a metabolizabilidade dos nutrientes, ou seja, a diminuição da metabolizabilidade indica menor absorção e aproveitamento dos nutrientes (Barbosa et al., 2008).

Ao entrar em contato com os polissacarídeos não amiláceos (PNA's), principais constituintes da parede celular dos vegetais que não são digeridos pelas aves devido suas ligações resistentes a hidrólise pelo sistema digestório (Meneghetti, 2013), as xilanases atuam sobre esses diminuindo a viscosidade da digesta mesmo em ingredientes de baixa viscosidade, uma vez que seus pontos de hidrólise são substrato-dependente, melhorando a absorção dos nutrientes (Beg et al., 2001).

O resultado obtido para o CMMS demonstra que supostamente a XP foi eficiente em hidrolisar os arabinoxilanos (principal substrato para as xilanases) presentes nas dietas experimentais, permitindo a ação eficiente das enzimas exógenas em gerar energia para suprir as reduções de EM ao ser comparado a dieta controle.

TABELA V
Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade das dietas para poedeiras comerciais, suplementadas ou não com diferentes xilanases

Variáveis	ENZ	Controle	Reduções de EM [§]		Médias	Probabilidades			
			100 kcal/kg	200 kcal/kg		EM	ENZ	INT.	CV %
CMMS (%)	XP	77,41	77,86	77,89	77,87a				
	X		76,33*	76,02*	76,17b	0,680	0,010	0,770	1,63
	Médias		77,09	76,85					
CMPB (%)	XP	62,75	62,00	66,33*	64,16a				
	X		61,58	60,98	60,42b	0,140	0,029	0,060	4,91
	Médias		61,79	63,65					
CMEE (%)	XP	86,00	84,78	84,95	84,86a				
	X		80,72*	80,33*	80,52b	0,847	0,001	0,606	2,97
	Médias		82,75	82,55					
CMFDN (%)	XP	50,45	58,34 Bb*	62,72Aa*	60,53				
	X		60,19 Aa*	52,62 Bb	56,41	0,201	0,004	0,002	7,31
	Médias		59,26	57,67					
CMFDA (%)	XP	30,09	45,60*	30,44	38,02				
	XC		42,19*	31,16	36,67	0,002	0,618	0,446	22,79
	Médias		43,49A	30,80B					
CMMM (%)	XP	53,42	46,43*	49,53	47,98				
	X		44,54*	48,20*	46,37	0,039	0,283	0,853	6,74
	Médias		45,48B	48,86A					
CMEB (%)	XP	77,84	78,62	77,92	78,27a				
	X		76,00*	75,34*	75,67b	0,217	0,001	0,970	2,26
	Médias		77,31	76,63					
EMA (kcal/kg)	XP	2932	3036*	2916	2976a				
	X		2823*	2778*	2801b	0,003	0,001	0,070	1,46
	Médias		2929A	2858B					
EMAn (kcal/kg)	XP	2777	2895 Aa*	2610 Ba*	2752				
	X		2526Ab*	2478Bb*	2502	0,001	0,001	0,001	6,61
	Médias		2711	2544					

¹Coeficiente de variação; *Diferem da dieta controle pelo teste de Dunnett (P<0,05); A, B, a, b – Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).§ Energia Metabolizável

Os valores obtidos para o CMPB das dietas suplementadas com XP foram 5,83% superiores à suplementação com XC (P<0,05). No entanto, em comparação ao controle, apenas a dieta com redução energética de 200 kcal de EM/ kg e suplementada com XP apresentou resultados superiores para essa variável. Esse resultado indica que a XP foi

eficaz em aumentar a metabolizabilidade da proteína das dietas, possivelmente, pela redução dos fatores antinutricionais (PNA's) do milho e do farelo de soja. Ao hidrolisar os PNA's, a xilanase permite que a proteína indisponível seja digerida e os aminoácidos absorvidos, melhorando o CMPB (Brito et al., 2008).

A metabolizabilidade da proteína é influenciada diretamente pelos PNA's presentes nas dietas, portanto, ao catalisar os arabinoxilanos da dieta a enzima permite que os aminoácidos, antes encapsulados nas paredes celulares do milho e do farelo de soja, tornem-se prontamente disponíveis à ação das proteases endógenas, reduzindo a produção endógena, podendo este ser um resultado secundário a resposta da xilanase (Brito et al., 2008).

A inclusão de XP nas dietas melhorou o CMEE em 5,11% em comparação a XC. Apenas as dietas com menor conteúdo energético suplementadas com XC apresentaram valores de CMEE inferiores a dieta controle. Stefanello et al. (2016) observaram que dietas para frangos de corte baseadas em milho e farelo de soja e baseadas apenas em milho, quando suplementadas com xilanase fúngica (*Aspergillus oryzae*), apresentaram CMEE em relação as dietas sem suplementação.

Houve interação ($P < 0,05$) entre a suplementação de diferentes xilanases e a redução energética das dietas para o CMFDN.

De acordo com os resultados, a dieta com redução de 200 Kcal de EM/kg, quando suplementada com XP, apresentou valores 6,9% superiores em relação a dieta com redução energética de 100 kcal/kg. A dieta com redução de 100 Kcal de EM/kg e suplementada com XC foi 12,5% superior em relação a dieta com redução de 200 Kcal de EM/kg e suplementada com XC. Esses resultados demonstram que ambas xilanases foram efetivas na metabolização do FDN em dietas com redução energética.

Em relação a dieta controle, apenas a dieta suplementada com xilanase XC com redução de 200 Kcal de EM/kg foi semelhante. As demais dietas com redução energética de 100 e 200 Kcal e suplementadas com XP e com redução de 100 Kcal de EM/kg suplementada com XC apresentaram o CMFDN 13,5; 19,6 e 16,2% superiores ($P < 0,05$), respectivamente, em compadieta a dieta controle.

Os PNA's podem ser classificados de acordo com sua solubilidade em água, os solúveis podem ser representados pela hemicelulose e estão presentes nas paredes dos alimentos de origem vegetal a qual é composta, principalmente pelos arabinoxilanos. As fibras solúveis são indigeríveis pelos não-ruminantes em nível intestinal, o que poderia explicar a redução do aproveitamento da energia do alimento e, consequentemente,

prejudicar a absorção dos minerais e ainda afetar o metabolismo dos lipídios. Todavia, a digestão eficiente das fibras solúveis pode refletir diretamente nos resultados dos demais coeficientes de metabolizabilidade (SINHA et al., 2011).

Ao avaliar a eficácia das xilanases para codornas de corte, Grecco (2016) dietas comprovou a eficácia das enzimas exógenas em disponibilizar nutrientes intracelulares contidos na parede vegetal e, com isso, potencializar os mecanismos de ação das enzimas endógenas. Esses resultados demonstram que a melhora no CMFDN é influenciada pela degradação dos PNA's e, conseqüentemente, no CMMS obtido no presente estudo.

As dietas com redução energética de 100 kcal de EM/kg apresentaram CMFDA superior as dietas com redução de 200 kcal de EM/kg, independente da xilanase suplementada. Apenas as dietas contendo 2.800 kcal de EM suplementadas com XP ou XC apresentaram CMFDA superiores em 34,0 e 28,7% em comparação a controle. No entanto, as dietas contendo 2.700 kcal de EM suplementadas com XP ou XC evidenciaram valores de CMFDA semelhantes a dieta controle com 2.900 kcal de EM. Uma hipótese provável para o aumento da metabolizabilidade da FDA deve-se a atuação das enzimas exógenas no sentido de solubilizar grande parte da fibra em detergente ácido (Pinheiro et al., 2008).

O CMMM das dietas com redução de 200 kcal de EM/kg foi 6,91% superior em comparação aquelas com redução energética de 100 Kcal/kg, o que poderia estar correlacionado com a presença de inerte na composição das dietas com maior redução energética. De acordo com Luz et al. (2008), o inerte (Caulim), pode apresentar uma gama de minerais em sua composição, o que poderia ter influenciado positivamente no CMMM das dietas de maneira que os minerais não sejam carregados na redução energética de 200 Kcal/kg de EM.

Além disso, o CMFDN influencia diretamente o CMMM, uma vez que a fibra solúvel não hidrolisada pela ação enzimática, aumenta a taxa de passagem e a viscosidade da digesta, sendo assim carrega mais minerais, impedindo que esses sejam absorvidos pelas aves. Sendo o contrário verdadeiro, uma vez que a fibra solúvel é hidrolisada de forma satisfatória, os minerais seriam menos carregados e absorvidos em maior quantidade pelas aves.

Apenas a dieta com redução de 200 kcal de EM/kg e suplementada com XP apresentou CMMM semelhante a dieta controle, as demais dietas apresentaram resultados inferiores.

Esse resultado pode ser justificado, uma vez que a fibra solúvel (PNA's) possui forte capacidade de ligação iônica com elementos minerais interferindo negativamente sobre sua absorção pelas aves (Arruda et al., 2003). Por sua vez, as enzimas xilanases são capazes de, catalizar e liberar os PNA's em forma de monossacarídeos (Choct, 1997), impedindo o efeito deletério sobre a absorção dos minerais.

Os resultados observados no presente estudo, indicam que a melhora geral dos coeficientes de metabolizabilidade pode ter sido influenciada pela degradação dos PNA's uma vez que os resultados obtidos para o CMMS têm com os coeficientes de metabolizabilidade observados para a PB, EE, FDN e FDA.

Verificou-se efeito da adição de enzimas sobre o CMEB ($P < 0,05$) das dietas, com valores 3,3% superiores para a XP em comparação à XC. Em comparação a dieta controle, o CMEB das dietas com menores níveis de energia e suplementadas com XC foram inferiores, enquanto que as dietas suplementadas com XP em ambas as reduções energéticas não apresentaram diferença estatística. dietas dietas

As dietas suplementadas com XP apresentaram melhora de 175 kcal de EMA em comparação às suplementadas com XC. Por outro lado, as dietas formuladas com redução de 100 kcal de EM/kg apresentaram valor de EMA 71 kcal superior em comparação a redução de 200 kcal de EM/kg. Portanto, pode-se inferir que a suplementação das dietas com a enzima XP foi eficiente em suprir a EMA nas dietas com menores valores de energia. Em comparação a controle, apenas a dieta formulada com redução de 100 Kcal de EM/kg suplementada com XP apresentou superioridade nos valores de EMA. Por outro lado, as dietas suplementadas com XC nas reduções energéticas de 100 Kcal de EM/kg e 200 Kcal de EM/kg foram inferiores.

Pelo desdobramento da interação, verificou-se que a inclusão das enzimas XP e XC em dietas com redução energética de 100 kcal resultou no incremento de 285 e 48 kcal de EMAn em relação as dietas com redução de 200 Kcal de EM/kg, respectivamente. No entanto, os valores encontrados para EMAn foram superiores para as dietas com redução energética e suplementadas com XP em comparação com a XC.

Os valores de EMAn foram influenciados pela ação da enzima XP na redução de 100 Kcal de EM/kg, demonstrando que resultados das dietas de menor densidade energética, a suplementação com xilanases foi eficiente em aumentar o aproveitamento dos nutrientes e melhorar a disponibilidade da energia.

Os valores de energia calculados foram superiores em relação a EMAn determinada. A partir dos resultados obtidos no presente estudo e considerando que os

valores calculados estão em base de matéria natural, é possível inferir que os valores de EMA determinados nas dietas contendo XP e com reduções de 100 e 200 Kcal de EM foram superior e similar, respectivamente, a dieta controle. Resultado que respalda a efetividade da enzima XP em suprir o déficit de energia. Por outro lado, a mesma efetividade não foi observada para a enzima XC, uma vez que demonstrou resultados inferiores de EMA em relação a dieta controle.

Além disso, a dieta suplementada com XP com redução energética de 100 Kcal EM/kg proporcionou melhora de 118 Kcal de EMAn em relação a dieta controle. As dietas suplementadas com XC com reduções energéticas de 100 Kcal de EM/kg e 200 Kcal de EM/kg proporcionaram respectivamente piora de 251 Kcal e 299 Kcal de EMAn e a dieta suplementada com XP na redução de 200 Kcal de EM/kg foi 167Kcal inferior em relação a dieta controle.

Com inferência na literatura, a possibilidade de redução energética de até 200 Kcal de EM na dieta contendo XP é superior a maioria absoluta das reduções observadas nos estudos como a de até 100 Kcal de EM/Kg (Souza et al., 2012), de 120 Kcal de EM/ kg (Iwahashi et al., 2011), de 125 Kcal de EM/kg (Cowieson, 2010), de 145 Kcal de EM/ kg (Viana et al., 2011), de 154 Kcal de EM/kg (Bobeck et al., 2014).

Ensaio II

O CMMS das dietas com redução de 150 Kcal de EM/kg contendo farelo de trigo (FT) foi 4,25 e 3,46% superior em comparação às com adição de casca de soja (CS) e com adição de casca de soja e farelo de trigo (CSFT), respectivamente (Tabela VI).

As dietas suplementadas com XP e adição de CS, FT ou CSFT e suplementadas com XC e adição de CS ou CSFT, apresentaram valores inferiores em comparação ao controle positivo (CP). Por outro lado, a dieta contendo FT e suplementada com XC apresentou CMMS similar ao CP, sugerindo que, possivelmente, a enzima foi eficaz em hidrolisar os arabinoxilanos presentes nessa dieta experimental, uma vez que a quantidade de PNA's foi superior a CP em função da presença do FT na sua composição (Tabela III). Esse resultado indica que na liberação dos monossacarídeos oriundos da hidrólise dos arabinoxilanos pela XC, a energia gerada por essa reação foi capaz de suprir a redução de EM. Em comparação ao controle negativo (CN), as dietas suplementadas com XP e XC contendo CS ou CSFT apresentaram menores CMMS em relação as dietas com adição de FT.

TABELA VI
Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade das dietas baseadas em milho, farelo de soja e alimentos alternativos para poedeiras comerciais suplementadas ou não com xilanase do Pantanal (XP) e xilanase comercial (XC)

Variáveis	CP	Reduções 150 Kcal EM/kg					Probabilidades			
		CN	ENZ	CS	FT	CS + FT	Médias	ING	ENZ	INT.CV%
CMMS (%)	72,91	72,01	XP	67,54* [§]	70,37*	68,97* [§]	68,96			
			XC	68,03* [§]	71,22	67,72* [§]	68,99	0,008	0,599	0,490
			Médias	67,78B	70,79A	68,34B				2,69
CMPB (%)	57,18	56,54	XP	55,06Ba	53,51Cb	56,86Aa	55,14			
			XC	55,40Ba	58,31Aa	53,35Cb	55,69	0,815	0,629	0,018
			Médias	55,23	55,91	55,10				5,70
CMEE (%)	82,47	77,14	XP	78,11Bb * [§]	75,30Cb*	82,96Aa [§]	78,79			
			XC	79,07Ba	78,50Ca*	80,52Ab [§]	79,36	0,001	0,414	0,009
			Médias	78,59	76,90	81,74				3,70
CMFDN (%)	49,05	47,61	XP	34,03Cb* [§]	46,97Ba	53,85Aa	44,95			
			XC	40,65Ba* [§]	45,34Aa	39,64Cb* [§]	41,87	0,002	0,150	0,001
			Médias	37,34	46,15	46,74				18,27
CMFDA (%)	59,91	46,87	XP	23,75Cb* [§]	53,69Aa* [§]	45,40Ba*	40,95			
			XC	35,45Ca* [§]	46,25Ab*	36,24Bb* [§]	39,31	0,001	0,352	0,001
			Médias	29,60	49,97	40,82				26,59
CMMM (%)	41,94	43,97	XP	23,87Bb* [§]	36,14Ab [§]	34,97Ab [§]	31,66			
			XC	37,37Aa	40,44Aa	35,40Aa [§]	37,74	0,030	0,010	0,003
			Médias	30,62	38,29	35,18				20,50
CMEB (%)	74,29	73,78	XP	70,13* [§]	69,61* [§]	69,58* [§]	69,77			
			XC	70,14* [§]	72,77	68,62* [§]	70,51	0,050	0,350	0,060
			Médias	70,13B	71,19A	69,10C				2,33
EMA (kcal/kg)	2882	2794	XP	2708* [§]	2702* [§]	2661* [§]	2690			
			XC	2740* [§]	2853 [§]	2612* [§]	2735	0,010	0,290	0,057
			Médias	2724B	2783A	2637C				2,73
EMAn (kcal/kg)	2737	2646	XP	2507Bb* [§]	2547Ab* [§]	2472Ca* [§]	2509			
			XC	2545Ba* [§]	2650Aa*	2410Cb* [§]	2535	0,080	0,010	0,001
			Médias	2526	2598	2441				3,93

¹ Controle positivo; ²Controle negativo; ³Enzimas; ⁴ Casca de soja; ⁵Farelo de trigo; ⁶ Casca de soja e farelo de trigo; ⁷Ingredientes; ⁸Interação; ⁹ Coeficiente de variação; * Diferem da dieta controle positivo pelo teste de Dunnett (P<0,05); § Diferem da dieta controle negativo pelo teste de Dunnett (P<0,05). A, B, a, b – Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Esse resultado corrobora os achados de Gutierrez del Alamo et al. (2008) que, avaliando o efeito de diferentes cultivares de trigo associados a xilanase e protease na alimentação de frangos de corte, verificaram que os cultivares com menor concentração de PNA's apresentaram maior metabolizabilidade dos nutrientes e menor viscosidade em

nível intestinal. No presente estudo, a quantidade de PNA's nas dietas experimentais contendo FT foi inferior as demais contendo CS e CSFT suplementadas com XP e XC (Tabela III), o que poderia justificar o maior CMMS em comparação ao CN.

Os benefícios da suplementação de xilanases em dietas à base de trigo para poedeiras foram extensivamente revisados (Bedford e Schulze, 1998; Adeola e Cowieson, 2011; Ravindran, 2013; Kiarie et al., 2016). Um padrão aceito é que o aumento da viscosidade da digesta intestinal ocasionada pela quantidade de PNA's é o mecanismo mais importante para baixa utilização de farelo de trigo (Bedford e Schulze, 1998). De fato, dietas baseadas em trigo detém mais que o dobro da concentração de PNA's que dietas à base de milho e farelo de soja, implicando na maior viscosidade da digesta jejunal observada em aves (Kiarie et al., 2014).

Avaliando os efeitos de variedades de trigo e a suplementação de xilanase sobre a utilização de nutrientes em frangos de corte em diferentes idades, Pirgozliev et al. (2010) observaram que a suplementação enzimática melhorou o CMMS e os valores de EMA, semelhante ao verificado no presente estudo.

Houve interação significativa para o CMPB de forma que as dietas contendo FT, quando suplementada com XC, foi 8,23% superior a suplementação com XP. A dieta com adição de CSFT e XP apresentou CMPB 6,17% superior em relação a dieta com adição de CSFT e XC. No entanto, as dietas com adição de CS e suplementação de XC e XP não apresentaram diferenças para o CMPB. Não houve diferença significativa entre as dietas com redução energética contendo ingredientes alternativos e suplementadas com xilanases e as dietas CP e CN.

O aumento da metabolizabilidade da PB, , está relacionada com redução da produção de aminoácidos endógenos, demonstrando que as xilanases foram eficientes em reduzir essa produção por meio de efeito secundário, no qual melhora o aproveitamento do conteúdo proteico advindo das dietas (Petrolli et al., 2016), a redução de EM foi atendida, proporcionando melhora nos processos de digestão, afetando diretamente a metabolizabilidade dos nutrientes (Grecco, 2016). Portanto, a suplementação com XC foi eficaz em melhorar a metabolizabilidade das proteínas e, consequentemente, sua absorção devido a ação sobre os fatores antinutricionais (Souza et al., 2012).

As dietas contendo a combinação de CSFT apresentaram CMEE 3,85 e 5,92% superiores às dietas com CS e FT, respectivamente. As dietas contendo CS e FT suplementadas com XP e FT suplementada com XC proporcionaram menor

metabolizabilidade do extrato etéreo em relação ao CP. O CMEE da dieta CN foi inferior quando comparado às dietas contendo CSFT suplementadas com XP e XC.

Avaliando o desempenho produtivo e a digestibilidade de nutrientes para frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com xilanases, Ghayour-Najafabadi et al. (2018) não observaram diferenças estatísticas para o CMEE discordando do resultados obtidos neste estudo.

Para o CMFDN constatou-se que a dieta formulada com CSFT e suplementada com XP foi 36,8% superior em relação a dieta contendo CS e 12,8% em relação a dieta com FT. A suplementação com XC e adição de FT proporcionou metabolizabilidade do FDN 10,3% e 12,6 % superiores em relação as dietas com adição de CS e CSFT, respectivamente. A dieta suplementada com XP e adição de CS apresentou o pior resultado em relação as demais rações suplementadas com XP e XC.

Em comparação as dietas controle observou-se que a dieta com adição de CS e suplementada com XP diferiu do CP, apresentando CMFDN inferior, assim como as dietas suplementadas com XC e adição de CS e combinação de CSFT, as demais dietas não diferiram estatisticamente do CP. Da mesma forma para o CN apenas as dietas suplementadas com XP contendo de FT e CSFT e dieta suplementada com XC contendo FT não diferenciaram-se estatisticamente. .

A dieta contendo CSFT apresentou maior concentração de PNA's em relação as com CS (9,0%) e FT (22,8%). Todavia, as dietas CP (45,5%) e CN (31,7%) apresentaram uma concentração inferior em relação as demais, respectivamente. uma vez que as dietas CP e CN são baseadas em milho e farelo de soja, a diferença baseia-se na composição dos alimentos alternativos, ricos em PNA`s.

O CSFT e o FT apresentam concentrações consideráveis de PNA's (Rostagno et al., 2017), o que poderia justificar o melhor resultado da metabolizabilidade do FDN em relação as dietas contendo apenas CN, evidenciando a melhora pela suplementação de XP em encapsular os fatores antinutricionais presentes nesses ingredientes, fatores que estão diretamente relacionados com o resultado sobre CMMS, CMPB, CMEE, CMEB, EMA, EMAn.

Para o CMFDA verificou-se que a dietas contendo e FT, quando suplementada com XP, foi influenciada positivamente pela ação da enzima com valores 55,8% e 15,44% superiores em relação a dietas contendo de CS e CSFT suplementadas com XP. As dietas contendo CS e CSFT foram 23,4% e 21,6% inferiores em relação a dieta contendo FT suplementada com XC. Em comparação ao CP todas as dietas foram

estatisticamente inferiores e em relação ao CN, apenas a dieta suplementada com XP e contendo FT foi superior, as demais foram estatisticamente inferiores.

Ao avaliar a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho de frangos de corte consumindo dietas formuladas com diferentes níveis de fibra e enzimas exógenas, Pinheiro et al. (2008) ressaltaram que o coeficiente de digestibilidade da FDA foi melhor com a suplementação de enzimas exógenas em dietas contendo baixa fibra. Contudo, no presente trabalho, as dietas formuladas com ingredientes alternativos apresentaram pior CMFDA em comparação ao CN e CP, o que pode ser justificado pelo maior teor de fibra em sua composição

Verificou-se que todas as dietas contendo alimentos alternativos e suplementadas com XC apresentaram maiores CMMM que as suplementadas com XP. Por outro lado, os menores valores de CMMM foram constatados nas dietas contendo CS e suplementadas com XP. Esse resultado possivelmente está correlacionado com a quantidade de PNA's dessa dieta experimental e com a metabolizabilidade do FDN e FDA, uma vez que essa dieta apresentou o menor CMFDN, CMFDA e CMMM, sendo assim a baixa metabolizabilidade da matéria mineral está diretamente correlacionada com o carreamento de minerais em nível intestinal, o que possivelmente explicaria esses resultados e a ineficácia da enzima em encapsular os fatores antinutricionais presentes na casca de soja.

De acordo com Sinha et al. (2011), vários componentes dos PNA's interagem com minerais diminuindo a absorção de Ca, Mg, Na e P. Além disso, a viscosidade da digesta induzida pela presença dos PNA's no trato gastrointestinal das aves pode influenciar negativamente sobre a absorção dos minerais.

Esses resultados indicam que uma grande quantidade de PNA's em nível intestinal influência de forma negativa a interação efetiva entre as enzimas endógenas e a superfície da mucosa intestinal (Choct et al., 1996), levando a um maior tempo de permanência de digesta no intestino (Ikegami et al., 1990) e com reduzida de minerais, (Hossain et al., 2001), tornando a absorção de nutrientes prejudicada (Amirkolaie et al., 2005; Leenhouwers et al., 2007a, Leenhouwers et al., 2007b). Além disso, uma longa exposição do intestino a esse fator antinutricional pode reduzir o comprimento das vilosidades (Jin et al., 1994), aumentar a profundidade das criptas intestinais no jejuno e íleo (Nabuurs, 1998) e aumentar a taxa de renovação das células da mucosa intestinal (Iji et al., 2001, Leenhouwers et al., 2006a), prejudicando a absorção de nutrientes.

A dieta suplementada com XP contendo CS apresentou resultado inferior para o CMMM em comparação ao CP o que, provavelmente, esteja associado a quantidade de fibras e consequentemente de PNA's desse alimento alternativo. Por sua vez o CN diferenciou-se das dietas suplementadas com XP e adição de CS, FT e CSFT, assim como das dietas suplementadas com XC e adição de CSFT, todas essas dietas apresentaram resultados inferiores, respectivamente. Somente as dietas suplementadas com XC e adição de CS e FT não diferenciaram-se estatisticamente.

Quanto ao CMEB, as dietas com inclusão de FT foram superiores aquelas com adição de CS (1,5%) e CSFT (3,0%) suplementadas com XP e XC. Em comparação com o CP e CN, as dietas contendo CS, FT e CSFT e suplementadas com XP, assim como as contendo CS e CSFT suplementadas com XC apresentaram resultados inferiores. Avaliando a digestibilidade de nutrientes para frangos de corte, Pinheiro et al. (2008) concluíram que a adição de complexo enzimático em dietas com alto nível de fibra piora a metabolizabilidade da energia. Resultado similar foi observado no presente estudo, em que as dietas com maiores níveis de fibra (adição de CS e CSFT) apresentaram resultados inferiores para o CMEB, mesmo com a suplementação de xilanases.

O CMEB das dietas contendo CS, FT e CSFT foi inferior ao encontrado para o CP e o CN. Esse resultado, provavelmente, está associado a maior quantidade de PNA's presente nesses ingredientes alternativos como farelo de trigo (24,0%) e casca de soja (55,0%) quando comparados com o milho (7,0%) e farelo de soja 48% (16,5%) (Rostagno et al., 2017).

As dietas experimentais com adição de CS e FT e suplementação das xilanases XP e XC proporcionaram maiores valores de EMA (87 Kcal e 146 Kcal) em comparação as dietas com adição da combinação de CSFT. Por outro lado, a suplementação das dietas com XP e adição de CS, FT e CSFT apresentaram valores energéticos inferiores ao CP, assim como as suplementadas com XC contendo CS e CSFT. Apenas a dieta experimental com adição de FT suplementada com XC apresentou melhor valor de EMA em relação ao CN, as demais dietas apresentaram valores de EMA inferiores.

Esses resultados possivelmente estão correlacionados com a hidrólise dos PNA's presentes no FT por meio da suplementação de XC, tornando possível suprir a redução energética da dieta e, dessa forma, equiparando-se ao CP. A maior efetividade da XC em hidrolisar os arabinoxilanos presentes em FT está diretamente ligado ao resultado obtido para o CMFDN, ou seja, a enzima interage com o fator antinutricional, tornando possível a liberação dos nutrientes encapsulados oriundos da fibra solúvel e com isso são liberados

em pequenas unidades (polímeros de açúcar) e dessa forma são aproveitados pelas aves e proporcionam maiores valores de coeficiente de metabolizabilidade superior para a fibra em detergente neutro.

Avaliando a influência de métodos de inclusão de trigo integral e suplementação de enzimas exógenas sobre a metabolizabilidade da energia, Wu et al. (2010) observaram que a suplementação com xilanase melhorou significativamente a EMA, independentemente da forma de inclusão física do trigo utilizada.

O desdobramento da interação para a EMAn demonstrou que a dieta contendo FT foi influenciada positivamente pela suplementação de XC. As dietas com a inclusão de CS e CSFT suplementadas com XP e XC apresentaram valores inferiores de EMAn. Todavia as dietas com a combinação de CSFT suplementadas com XP ou XC apresentaram valores de EMAn consideravelmente inferiores as demais. Esse resultado vai de encontro com os coeficientes de metabolizabilidade no qual podem estar correlacionados com a composição das dietas, uma vez que a quantidade de PNA's é superior em dietas contendo CS, além disso sua metabolizabilidade demonstrou-se inferior em vários coeficientes como CMFDN, CMFDA, CMMM, apesar da suplementação das enzimas.

As dietas com níveis reduzidos de energia metabolizável suplementadas com xilanases apresentaram valores de EMAn inferiores ao CP, esse resultado pode estar correlacionado com as reduções de energia e a efetividade das enzimas exógenas em interagir com os fatores nutricionais presentes nos alimentos alternativos. Quanto ao CN, com exceção da dieta suplementada com XC e adição de FT que não diferiu estatisticamente, as demais dietas apresentaram valores de EMAn inferiores. Esse resultado pode estar correlacionado com a composição da dieta CN, uma vez que essa é baseada em milho e farelo de soja, ambos os ingredientes apresentam uma quantidade menor de PNA's em relação as demais dietas, sendo assim de acordo com esse resultado, dietas com alimentos alternativos podem ter afetado diretamente os valores de EMAn.

A EMA e a EMAn estão diretamente correlacionados com os valores dos coeficientes de metabolizabilidade. A dieta suplementada com XC e adição de FT demonstrou sua efetividade nos mais variados coeficientes, sendo assim os melhores resultados estão correlacionados a esse alimento, além disso a ação da enzima XC vai de encontro com CMMS, no qual apenas essa dieta não se diferenciou estatisticamente dos CP e CN, ou seja, uma maior efetividade enzimática sobre o coeficiente de

metabolizabilidade possivelmente correlacionado a quantidade de PNA's hidrolisado, o que permitiu suprir uma redução energética de 150 Kcal de EM/kg no presente estudo.

Além disso, a falta de enzimas endógenas pode comprometer o conteúdo de energia dos alimentos, pois mantêm os nutrientes geradores de energia, como carboidratos, lipídeos e proteínas, no interior de suas estruturas encapsulados pelo fator antinutricional (Choct et al., 2010). Resultados semelhantes foram observados por Lázaro et al. (2003) para dietas contendo farelo de trigo, cevada e centeio e inclusão de xilanase e B - glucanase, as dietas com suplementação do complexo enzimático demonstraram que o CMMS e a EMAn foram superiores em dietas com suplementação de enzimas em relação a dietas sem suplementação. No presente estudo, o resultado foi semelhante para as variáveis EMA e EMAn no qual a dieta CN equiparou-se estatisticamente as dietas contendo xilanase e inclusão de alimento alternativo, assim como a dieta CP

Com inferência na literatura, a possibilidade de redução energética de até 150Kcal na dieta contendo XP é efetiva em relação a maioria absoluta das reduções observadas nos estudos como a foi observado por de 175 Kcal/kg de EM por Wu et al. (2010). Contudo, outros autores observaram redução inferior a 150 Kcal/kg de EM como Amerah et al. (2009) com redução de 30 Kcal/ Kg de EM, Vandeplas et al. (2010) redução de 93 Kcal/ kg de EM. Assim como autores que não observaram diferença na inclusão de xilanases em dietas à base de trigo como Mirzae et al. (2012).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a suplementação com XP (16000 BXU/kg) melhora a metabolizabilidade dos nutrientes de dietas a base de milho e farelo de soja para poedeiras comerciais leves, possibilitando a redução em até 200 Kcal de EM/kg das dietas.

As xilanases (16000 BXU/kg) são mais efetivas sobre as dietas contendo FT e possibilitam redução de 150 Kcal/ kg de EM, proporcionando melhora na metabolizabilidade dos nutrientes para poedeiras comerciais leves. Em dietas contendo ingredientes fibrosos a ação da XP é similar a XC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acomovic, T.; MC Cleary, B.V. Optimising the response.Feed Mix, v.4, n.4, p.14-19,1996.

- Adeola O., Cowieson A. J. 2011. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non-ruminant animal production. **J. Anim. Sci.** 89:3189–3218.
- Amerah, A. M.; Ravindran, V.; Lentle, R. G. Influence of wheat hardness and xylanase supplementation on the performance, energy utilisation, digestive tract development and digesta parameters of broiler starters. **Anim. Prod. Sci.**, 49 (2009), pp. 71-78
- Amirkolaie, A. K., Leenhouwers, J. I., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2005). Type of dietary fibre (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, 36, 1157–1166
- Araujo, D. M.; Silva, J. H. V.; Miranda, E. C.; Araujo, J. A.; Perazzo, F. G.; Costa, E. N. M. T. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.5, p.843-848, 2008
- Arruda, A. M. V.; Pereira, E. S.; Mizibuti, I. Y. et al. Importância da fibra na nutrição de coelhos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.24, n.1, p.181-190, 2003.
- Barbosa, N. A. A.; Sakomura, N. K.; Fernandes, J. B. K.; Dourado, L. R. B. 2008. Enzimas exógenas no desempenho e na digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 755-762.
- Barbosa, N.A.A; Sakomura, N.K.; Bonato, M.A.; Hauschild, L.; Oviedorondon, E. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. 2012. **Ciência Rural**, vol.42, n.8, p.1497-1502
- Baserga, R. (1985). **The Biology of Cell Reproduction**. Cambridge, MA: Harvard University Press. p. 46
- Bedford M. R., Schulze H. 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutr. Res. Rev.** 11:91–114.
- Beg, Q. K.; Kapoor, M.; Mahajan, L.; Hoondal, G.S. 2001. Microbial xylanases and their industrial applications: a review. **Appl Microbiol Biotechnol.** 56:326–338.
- Brito, M. S.; Oliveira, C.F.S.; Silva, T. R. G.; Lima, R. B.; Moraes, S. N.; Silva, J. H. V. 2008. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos: revisão. **Acta Veterinária Brasilica.** 2:111-117.
- Bobek, E. A.; Nachtrieb, A. B. Batal, A. B.; Persia, M. E. 2014. Effects of xylanase supplementation of corn-soybean meal-dried distiller's grain diets on performance, metabolizable energy, and body composition when fed to first-cycle laying hens **J. Appl. Poult. Res.** v. 23, 174–180
- Cowieson A. J. 2010. Seleção estratégica de enzimas exógenas para dietas à base de milho / soja. **J. Poult. Sci.** 47:1-7.
- Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed milling International**, v. 191, p.13-26.
- Choct M, Hughes RJ, Wang J, Bedford MR, Morgan AJ, Annison G. Increased small intestine fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Sci.** 1996; v. 37: 609–621. [
- Choct, M., Dersjant-Li, Y., McLeish, J. & Peisker, M. (2010). Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 23, 1386-1398
- Dekalb White. 2009. **Manual de manejo das poedeiras Dekalb White**.
- Ghayour-Najafabadi, P.; Khorravinia, H.; Gheisari, A.; Azarfar, A. Khanahmadi, M. Productive performance, nutrient digestibility and intestinal morphometry in broiler chickens fed corn or wheat-based diets supplemented with bacterial-or-fungal originated xylanase. **Italian Journal of Animal Sci.** v.17, 2018.

- Guo S, Liu D, Zhao X, Li C, Guo Y. 2014. Xylanase supplementation of a wheat-based diet improved nutrient digestion and mRNA expression of intestinal nutrient transporters in broiler chickens infected with *Clostridium perfringens*. **Poultry Sci** v. 93: 94-103
- Grecco, E. T. Utilização de enzimas xilanases para codornas de corte. **Dissertação (mestrado)**- Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2016
- Gutierrez del Alamo, A.; Verstegen, M. W. A.; Den Hartog, L. A.; Perez de Avala, p.; Villamide, M. J. 2008. Effect of Wheat Cultivar and Enzyme Addition to Broiler Chicken Diets on Nutrient Digestibility, Performance, and Apparent Metabolizable Energy Content. **Poultry Sci** v. 87, pg. 759–767.
- Hew, L. I; Ravindran, V; Y.Mollah W, Y; Bryden, L.1998. Influence of exogenous xylanase supplementation on apparent metabolisable energy and amino acid digestibility in wheat for broiler chickens. **Animal F. Sci. and Tec.** V. 75, pg. 83-92
- Hossain, M. A., Focken, U., & Becker, K. (2001). Galactomannan-rich endosperm of Sesbania (*Sesbania aculeate*) seeds responsible for retardation of growth and feed utilisation in common carp, *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture**, 203, 121–132
- Iji, P. A., Saki, A. A., & Tivey, D. R. (2001). Intestinal development and body growth of broiler chicks on diets supplemented with non-starch polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, 89, 175–188.
- Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E., & Innami, S. (1990). Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. **The Journal of Nutrition**, 120, 353–360.
- Iwahashi, A. S. Furlan, A. C.; Scherer, C.; Ton, A. P. S.; Lorençon, L.; Scapinello, C. Utilização de complexo enzimático em dietas para codornas de corte. **Acta scientiarum. Animal Sci**, v. 33, n.3, p. 273-279, 2011.
- Jia W, Slominski Ba, Bruce Hl, Blank G, Crow G, Jones O. 2009. Effects of diet type and enzyme addition on growth performance and gut health of broiler chickens during subclinical *Clostridium perfringens* challenge. **Poultry Sci** 88: 132-140.
- Jiang, Z.; Zhou, Y.; Lu, F.; Han, Z.; Wang, T. Effects of different levels of supplementary alpha-amylase on digestive enzyme activities and pancreatic amylase mRNA expression of young broilers. Asian-australas. **J. Anim. Sci.** 2008
- Jin, L., Reynolds, L. P., Redmer, D. A., Caton, J., & Srenshaw, J. D. (1994). Effects of dietary fibre on intestinal growth, cell proliferation, morphology in growing pigs. **J. Animal Sci**, 72, 2270–2278
- Kiarie E., Romero L. F., Ravindran V. 2014. Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. **Poultry Sci**. 93:1186–1196.
- Kiarie E., Walsh M. C., Nyachoti C. M. 2016. Performance, digestive function and mucosal responses to selected feed additives for pigs. **J. Anim. Sci.** v. 94, pg.169–180.
- Lázaro, R.; Garcia, M.; Aranibar, J.; Mateos, G. G. 2003. Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. **British Poultry Science**, v- 44. pg. 256-265.
- Leenhouwers, J. I., Adjei, B. D., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2006). Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, 12, 111–116.
- Leenhouwers, J. I., Ortega, R. C., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2007b). Digesta characteristics in relation to nutrient digestibility and mineral absorption in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed cereal grains of increasing viscosity. **Aquaculture**, 273, 556–565.

- Leenhouwers, J. I., Ter, V. M., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2007a). Digesta characteristics and performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed cereal grains that differ in viscosity. **Aquaculture**, 264, 330–341
- Luz, A. B., Campos, A. R., Carvalho, E. A., Bertolino, L. C., Scorzelli, R. B. 2008. Argila- Caulim In: Rochas e Minerais Industriais, 2 ed. Rio de Janeiro, CETEM. p. 255-294.
- Mirzaie, S.; Zaghari, M.; Aminzadeh, S.; Shivazad, M.; Mateos, G. G. 2012. Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. **Poultry Science**, V. 91, pg 413–425.
- Meneghetti, C. Associação de enzimas para frangos de corte. **TESE (DOUTORADO)**. Universidade Federal De Lavras, 2013. 93p.
- Munir K.; Maqsood S. 2013. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25: 66-80.
- Nabuurs, M. J. (1998). Weaning piglets as a model for studying pathophysiology of diarrhoea. *The Veterinary quarterly*, 20, 42–45.
- Nian F, Guo YM, Ru YJ, LiFD, Péron A. 2011. Effect of Exogenous Xylanase Supplementation on the Performance, Net Energy and Gut Microflora of Broiler Chickens Fed Wheat-based Diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* 24: 400-406
- Pettersson, D.; Frigard, T.; Aman, P. *In vitro* e *in vivo* studies on digestion of dietary fibre components in a broiler chicken diet based on rye. **Journal of Science Food and Agriculture**, Amsterdam, v. 66, p. 267-272, 1994.
- Petrolli, T. G., Petrolli, O. J., Villani, R., Zanandrea, F. M., Baldi, M. H., & Giachini, E. (2016). Efeito da adição da enzima xilanase sobre o aproveitamento da proteína e extrato etéreo em frangos de corte. *Seminário De Iniciação Científica, Seminário Integrado De Ensino, Pesquisa E Extensão E Mostra Universitária*.
- Pinheiro, C. C.; Rego, J. C. C.; Ramos, T. A.; Silva, B. K. R.; Warpechowski, M. B. 2008. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte consumindo dietas formuladas com diferentes níveis de fibras e suplementadas com enzimas exógenas. **R. Ciên. Ani. Bras.**, v. 9, n. 4, p. 984-996
- Pirgozliev V., Bedford Sr, Acamovic T. 2010. Effect of dietary xylanase on energy, amino acid and mineral metabolism, and egg production and quality in laying hens., **British Poultry Sci.**, vol. 51. pg. 639-647
- Ravindran V. 2013. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *J. Appl. Poultry. Res.* 22:628–636.
- Rostagno Hs, Albino Lft, Hannas Mi, Donzele Jl, Sakomura Nk, Perazzo Fg, Saraiva A, Abreu Mlt, Rodrigues Pb, Oliveira Rt, Barreto Slt, Brito Co. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais). 4.ed. Viçosa, MG: **Editora UFV**, 2017. 488p.
- Rutherford SM Chung TK Moughan PJ. 2007. O efeito de uma preparação enzimática comercial sobre a energia metabolizável aparente, a digestibilidade do aminoácido ileal verdadeiro e as perdas endógenas de lisina ileal em frangos de corte. **Poultry Sci.** 86:665-672.
- Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. **Jaboticabal: FUNEP**, 283.
- Sas University Edition. 2013. Statistical Analyses System - SAS/University Edition, ©SAS Institute Inc.
- Santos, V. L.; Gentilini, F. P.; Ladeira, S. R. L.; Anciuti, M. A.; Rutz, f. Complexo enzimático e farelo de arroz integral sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos

- de poedeiras em segundo ciclo de produção. **Revista cienc. Anim. Bras.**, Goiânia, v.18, 1-10, e-18117, 2017
- Schramm, V. G.; Durau, J. F.; Barrilli, L. N. E.; Sorbara, J. O. B.; A. J. Cowieson, A. J.; Félix, A. P.; Maiorka, A. 2017. Interaction between xylanase and phytase on the digestibility of corn and a corn/soy diet for broiler chickens. **Poultry Sci**, v. 96, p.1204–1211
- Sinha, A.K.; Kumar, Makkar, H.P.S.; de Boeck, G.; Becker, K. Non-starch polysacharides and their role in fish nutrition – A review. *Food Chemistry*, v.127, p.1409-1426, 2011.
- Souza, K.M.R.; Faria, D.E.; Nakagi, V.S.; Carão, A.C.P.; Pacheco, B.H.C.; Trevisan, R.B.; Gomes, G.A. 2012. Metabolizable energy values of diets supplemented with xylanase determined with laying hens. **RBZ**, v. 41, n. 12, p. 2433-2440.
- Wu, Y. B.; Ravindran, V.; Thomas, D. G.; Birtles, M. J.; Hendriks, W. H. 2010. Influence of method of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology of broilers. **British Poultry Sci.** v.45, pg.385-394.
- Vandeplas, S; Dauphin, R. D; Thonart, P; Théwis, A; Beckers; Y. 2010. Effect of the bacterial or fungal origin of exogenous xylanases supplemented to a wheat-based diet on performance of broiler chickens and nutrient digestibility of the diet. **Canadian Journal of Animal Science**, 90(2): 221-228
- Zanella, I.; Sakomura, N.K.; Silversides, F.G. et al.1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78,n.4, p.561-568.
- Zuber, T.; Rodehutschrod, M. 2017. Variability in amino acid digestibility and metabolizable energy of corn studied in cecectomized laying hens. **Poultry**, v. 96, pg 1696-1706.

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desse estudo, foi possível evidenciar que a adição de xilanases como ferramenta nutricional para restaurar o valor nutritivo de dietas ajustadas para o nível de EM, podem melhorar a metabolizabilidade dos nutrientes de dietas formuladas com milho e farelo de soja e com ingredientes alternativos como a casca de soja e o farelo de trigo para poedeiras comerciais leves.

Apesar da redução de até 200 Kcal/kg de EM nas dietas das poedeiras ser considerada como desafiadora, a inclusão das enzimas nos níveis de 16.000 BXU/kg desencadearam respostas relevantes para o meio científico com o aumento da metabolizabilidade dos nutrientes dietéticos, principalmente nas dietas baseadas em milho e farelo de soja, ingredientes comumente usados como base nas formulações de não ruminantes.

A xilanase do Pantanal utilizada nesse estudo é um produto oriundo do bioma Pantanal e sua extração deu-se por meio de fungos filamentosos do mesmo, nesse sentido, novos estudos devem ser conduzidos para a avaliação de maiores reduções de EM em dietas para poedeiras com utilização de xilanase do Pantanal, com a finalidade de estabelecer uma matriz nutricional para a utilização dessa enzima e sobre sua eficácia comparada a xilanases consolidadas comercialmente.

APENDICE

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Objetivo e política editorial

Preparação de originais

Objetivo e política editorial

A revista ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS encoraja fortemente as submissões online. Uma vez o artigo preparado de acordo com as instruções abaixo, visite o site de submissão online (<http://aabc.abc.org.br>).

As instruções devem ser lidas cuidadosamente e seguidas integralmente. Desta forma, a avaliação e publicação de seu artigo poderão ser feitas com mais eficiência e rapidez. Os editores reservam-se o direito de devolver artigos que não estejam de acordo com estas instruções. Os artigos devem ser escritos em inglês claro e conciso.

OBJETIVO E POLÍTICA EDITORIAL

Todos os artigos submetidos devem conter pesquisa original e ainda não publicada ou submetida para publicação. O primeiro critério para aceitação é a qualidade científica. O uso excessivo de abreviaturas ou jargões deve ser evitado, e os artigos devem ser compreensíveis para uma audiência tão vasta quanto possível. Atenção especial deve ser dada ao Abstract, Introdução e Discussão, que devem nitidamente chamar a atenção para a novidade e importância dos dados relatados. A não observância desta recomendação poderá resultar em demora na publicação ou na recusa do artigo.

Os textos podem ser publicados como uma revisão, um artigo ou como uma breve comunicação. A revista é trimestral, sendo publicada nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

TIPOS DE TRABALHOS

Revisões. Revisões são publicadas somente a convite. Entretanto, uma revisão pode ser submetida na forma de breve carta ao Editor a qualquer tempo. A carta deve informar os

tópicos e autores da revisão proposta e declarar a razão do interesse particular do assunto para a área.

Artigos. Sempre que possível, os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes: 1. Página de rosto; 2. Abstract (escrito em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introdução; 4. Materiais e Métodos; 5. Resultados; 6. Discussão; 7. Agradecimentos quando necessário; 8. Resumo e palavras-chave (em português - os autores estrangeiros receberão assistência); 9. Referências. Artigos de algumas áreas, como Ciências Matemáticas, devem observar seu formato usual. Em certos casos pode ser aconselhável omitir a parte (4) e reunir as partes (5) e (6). Onde se aplicar, a parte de Materiais e Métodos deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em humanos ou as normas seguidas para a manutenção e os tratamentos experimentais em animais.

Breves comunicações

Breves comunicações devem ser enviadas em espaço duplo. Depois da aprovação não serão permitidas alterações no artigo, a fim de que somente correções de erros tipográficos sejam feitos nas provas.

Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica.

Preparação de originais

PREPARO DOS ARTIGOS

Os artigos devem ser preparados em espaço duplo. Depois de aceitos nenhuma modificação será realizada, para que nas provas haja somente correção de erros tipográficos.

Tamanho dos artigos. Embora os artigos possam ter o tamanho necessário para a apresentação concisa e discussão dos dados, artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto quando na sua facilidade de leitura.

Tabelas e ilustrações. Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas, fotografias e tabelas com mais de 12 colunas ou mais de 24 linhas (máximo de figuras gratuitas: cinco figuras). A localização provável das figuras no artigo deve ser indicada.

Figuras digitalizadas. As figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Em princípio, as figuras devem ser submetidas no tamanho em que devem aparecer na revista, i.e., largura de 8 cm (uma coluna) ou 12,6 cm (duas colunas) e com altura máxima para cada figura menor ou igual a 22 cm. As legendas das figuras devem ser enviadas em espaço duplo e em folha separada. Cada dimensão linear

das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução. Somente figuras em preto e branco serão aceitas. 5. Artigos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex; 6. Artigos sem fórmulas matemáticas podem ser enviados em .RTF ou em WORD para Windows.

Página de rosto. A página de rosto deve conter os seguintes itens: 1. Título do artigo (o título deve ser curto, específico e informativo); 2. Nome (s) completo (s) do (s) autor (es); 3. Endereço profissional de cada autor; 4. Palavras-chave (4 a 6 palavras, em ordem alfabética); 5. Título abreviado (até 50 letras); 6. Seção da Academia na qual se enquadra o artigo; 7. Indicação do nome, endereço, números de fax, telefone e endereço eletrônico do autor a quem deve ser endereçada toda correspondência e prova do artigo.

Agradecimentos. Devem ser inseridos no final do texto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

Abreviaturas. As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

Referências. Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Referências a teses, abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas indexadas) e artigos em preparo ou submetidos mas ainda não aceitos, podem ser citados no texto como (Smith et al. unpublished data) e não devem ser incluídos na lista de referências.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005) ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras.

As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais. Se houver mais de 10 autores, use o primeiro seguido de et al. As referências devem ter o nome do artigo. Os nomes das revistas devem ser abreviados. Para as abreviações corretas, consultar a listagem de base de dados na qual a revista é indexada ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviatura para os Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos são considerados como guia geral para as referências.

Artigos

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P AND LEVANTE A. 1984a. Tentative explanation of the special role played by the áreas of paleospinothalamic

projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELANDSHEER E, GIUFFRIDA R AND CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

KNOWLES RG AND MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID AND SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

Livros e Capítulos de Livros

DAVIES M. 1947. An outline of the development of Science, *Athinker's Library*, n. 120. London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER CONFERENCE, 5, Philadelphia Proceedings, Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W AND BURKE EAJ. 1971. Tables for microscopic identification of minerals, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), *Peptides, polypeptides and proteins*, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

Outras Publicações

INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.

SIATYCKI J. 1985. Dynamics of Classical Fields. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.