

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

SÂMELA KEILA ALMEIDA DOS SANTOS

**EXOENZIMA PROTEASE EM RAÇÕES BASE SORGO GRÃO INTEIRO OU
MOIDO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE E GALINHAS POEDEIRAS**

UBERLÂNDIA

2020

SÂMELA KEILA ALMEIDA DOS SANTOS

**EXOENZIMA PROTEASE EM RAÇÕES BASE SORGO GRÃO INTEIRO OU
MOIDO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE E GALINHAS POEDEIRAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do título de Doutora em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal
Orientador: Prof. Dr. Evandro de Abreu
Fernandes

UBERLÂNDIA

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S237 2020	Santos, Sâmela Keila Almeida dos, 1987- Exoenzima protease em rações base sorgo grão inteiro ou moído em dietas para frangos de corte e galinhas poedeiras [recurso eletrônico] / Sâmela Keila Almeida dos Santos. - 2020. Orientador: Evandro de Abreu Fernandes. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.384 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Veterinária. I. Fernandes, Evandro de Abreu, 1949-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III. Título. CDU: 619
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências
Veterinárias

BR 050, Km 78, Campus Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcvfamev.ufu.br - mesvet@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	CIÊNCIAS VETERINÁRIAS				
Defesa de:	TESE DE DOUTORADO Nº PPGCV/008/2020				
Data:	22 de abril de 2020	Hora de início:	09:30	Hora de encerramento:	13:45
Matrícula do Discente:	11613VET017				
Nome do Discente:	SÂMELA KEILA ALMEIDA DOS SANTOS				
Título do Trabalho:	EXOENZIMA PROTEASE EM RAÇÕES BASE SORGO GRÃO INTEIRO OU MOIDO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE E GALINHAS POEDEIRAS				
Área de concentração:	PRODUÇÃO ANIMAL				
Linha de pesquisa:	PRODUÇÃO DE FORRAGENS, NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO ANIMAL				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	UTILIZAÇÃO DE EXOENZIMAS E SORGO EM GRÃO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES				

Reuniu-se por Videoconferência (meio eletrônico), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: **Mara Regina Bueno Mattos Nascimento - UFU; Ana Luísa Neves Alvarenga Dias - UFU; Brenda Carla Luquetti - IMEPAC; Ana Carolina Portella Silveira - IFTM; Evandro de Abreu Fernandes** orientador(a) do(a) candidato(a); e o membro do Colegiado do Programa: Ricarda Maria dos Santos.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Evandro de Abreu Fernandes, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Evandro de Abreu Fernandes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/04/2020, às 16:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Carolina Portella Silveira, Usuário Externo**, em 22/04/2020, às 16:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Brenda Carla Luquetti, Usuário Externo**, em 22/04/2020, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, Professor(a) do Magistério Superior**, em 23/04/2020, às 09:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Luisa Neves Alvarenga Dias, Professor(a) do Magistério Superior**, em 23/04/2020, às 14:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1957144** e o código CRC **B2AF16CF**.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

SÂMELA KEILA ALMEIDA DOS SANTOS - Nascida em São Francisco, Minas Gerais, em 02 de Novembro de 1987, filha de José Pereira dos Santos (*in memoriam*) e Maria José Almeida dos Santos. Zootecnista graduada pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em novembro de 2012. Durante a graduação fez Iniciação Científica Voluntária nos anos de 2009 à 2012. Em 2012 iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Zootecnia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), na área de concentração em Produção Animal, onde foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), obtendo o título de Mestra em Zootecnia no ano de 2015. Em 2016 iniciou o curso de Doutorado pela UFU, na área de Produção Animal com a linha de pesquisa em Produção de Forragens, Nutrição e Alimentação Animal. Foi bolsista da Capes no período de 2016 a 2020. Atua nas áreas de avicultura, produção e nutrição de monogástricos.

Dedico este trabalho à minha família
e a equipe AVIEX-UFU.

AGRADECIMENTOS

Obrigada Deus, por permanecer ao meu lado.

Pai que o senhor esteja aí de cima vendo mais essa etapa concluída que foi de muito sofrimento nesses meses por sua perda e estendo à minha Mãe e ao senhor o meu obrigada por serem luz, amor e inspiração. Por todas as orações apoio, incentivo, preocupação, conselhos e confiança.

Ao meu esposo, pelo apoio, força e companheirismo sempre, Te Amo.

À minha irmã Shirley e meu cunhado Adilson por me acolherem em seu lar no começo dessa jornada.

Aos meus irmãos, Sheyla, Anderson, Samara e Beatriz, pela amizade, apoio e cumplicidade.

Aos meus sobrinhos Hebert, Ingrid, Sarah, Davi e Manuella, vocês são minha alegria.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade nessa formação.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo, à GLOBOAVES pela doação dos pintinhos para condução do experimento e à DSM, pela doação dos premix e das enzimas.

Ao professor Evandro, pelo acolhimento, ensinamentos e orientação, em especial pela confiança de conduzir os experimentos com o grão de sorgo que é o seu “carro chefe” e o qual tem muito conhecimento.

As professoras Ana Luísa e Mara, pelos ensinamentos e disponibilidade sempre.

À minha amiga, Fernanda, que se importou e colaborou em tudo. Este trabalho também é de você! Obrigada pela boa vontade, disponibilidade e dedicação.

Ao Grupo Aviex, especial à Flávia que aguentou as pontas no momento que mais precisei. Aos que me ajudaram no experimento e no laboratório: Keila, João Paulo, Murilo, Leandro, Bárbara e os alunos do Curso de Zootecnia.

Aos técnicos e amigos, Alexandre e Lívia, obrigada por tornarem os trabalhos mais divertidos e produtivos.

À Brenda, a professora que admiro, obrigado por aceitar o meu convite. Há obrigada pelas festinhas.

À secretária Célia, pela paciência e boa vontade ao me atender.

A todos os colegas de curso, pelas conversas, estudos e sorrisos.

"A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê."

(Arthur Schopenhauer)

"Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota."

(Madre Teresa de Calcutá)

"Nada acontece a menos que algo seja movido".

(Albert Einstein)

"Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu. É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu. Não é sobre tudo que o seu dinheiro é capaz de comprar. E sim sobre cada momento, sorriso a se compartilhar. Também não é sobre correr contra o tempo pra ter sempre mais. Porque quando menos se espera a vida já ficou pra trás. A gente não pode ter tudo. Qual seria a graça do mundo se fosse assim? Por isso, eu prefiro sorrisos. E os presentes que a vida trouxe pra perto de mim."

(Ana Vilela)

¹³Vós sois o sal da terra.

¹⁴Vós sois a luz do mundo.

¹⁶Assim, brilhe vossa luz diante dos homens, para que vejam as vossas boas obras e glorifiquem vosso Pai que está nos céus."

(Evangelho de São Mateus)

RESUMO

A redução nos custos de produção e a busca por melhor digestibilidade dos nutrientes presentes nos grãos de cereais são constantes na avicultura. Objetivou-se com este trabalho avaliar a inclusão de exoenzima protease em dietas sorgo grão moído ou inteiro para galinhas poedeiras e frangos de corte sobre desempenho, energia e digestibilidade dos nutrientes. Foram realizados dois experimentos: O experimento 1 foi desenvolvido em um delineamento inteiramente casualizado, constituído de cinco rações: milho (M), sorgo moído (SM), sorgo inteiro (SI), sorgo moído com protease (SMP) e sorgo inteiro com protease (SIP), com seis repetições, total de 150 galinhas, alojadas em número de cinco aves por gaiola. Aos 23 dias de experimento foi realizado o teste de digestibilidade e ao final do ciclo de 28 dias determinou-se os parâmetros de produtividade, qualidade e posterior composição bromatológica dos ovos. A porcentagem de postura foi maior nas aves que receberam rações com protease e a conversão alimentar por massa de ovos foi melhor para o tratamento no SMP, não sendo diferente entre os tratamentos SIP e M. Quanto à qualidade de ovos, as rações M e SMP proporcionaram maior unidade Haugh. Maior conteúdo de extrato etéreo na gema foi observado em ovos de aves que receberam rações SI e SIP e maior porcentagem de matéria mineral no albúmen foi proporcionada pela dieta SMP. Não houve diferença para as variáveis energia metabolizável aparente e corrigida para balanço de nitrogênio (EMA e EMAN) entre os tratamentos. A maior digestibilidade da proteína bruta (DPB) foi proporcionada pela ração SIP, que também apresentou um menor custo de produção. Conclui-se que a utilização da exoenzima protease em rações à base de sorgo melhora os parâmetros de produção, qualidade e composição dos ovos e digestibilidade de galinhas poedeiras. O experimento 2 foi realizado em um delineamento foi inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos com dez repetições, cada boxe com 20 aves (machos e fêmeas), totalizando 800 aves da linhagem Cobb Slow. Os tratamentos foram ração: SM, SI, SMP e SIP. Aos 22 dias de idade foi realizado um ensaio de digestibilidade composto de quatro tratamentos e seis repetições para a determinação dos valores de EMA, EMAN, DPB e DEE (digestibilidade do extrato etéreo) e aos 28 e 42 dias de idade foram mensurados: peso vivo (PV), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA). Não houve diferença para os valores de EMA, EMAN e DEE nas rações testadas. A DPB foi melhor nas rações com adição de protease. Com relação ao desempenho aos 28 dias de idade, a dieta SMP proporcionou maior PV e a SIP proporcionou melhor CA nas aves se equiparando à dieta SM. Aos 42 dias de idade os parâmetros de desempenho analisados foram iguais nas rações testadas. Conclui-se que a adição de protease em dietas base sorgo inteiro ou moído não influenciou na energia, mas melhorou o desempenho de frangos de corte aos 28 dias de idade, ressaltando que ocorreu maior digestibilidade da proteína bruta da ração base sorgo moído com protease. O sorgo grão inteiro em conjunto com a exoenzima protease é nutricionalmente e economicamente viável na nutrição de galinhas poedeiras e frangos de corte.

Palavras-chave: Kafirina. Conversão Alimentar. Digestibilidade. Granulometria. Prolamina.

ABSTRACT

The reduction in production costs and the search for better digestibility of the nutrients present in cereal grains are constant in poultry. The objective of this work was to evaluate the inclusion of exoenzyme protease in ground or whole grain sorghum diets for laying hens and broilers on performance, energy and digestibility of nutrients. Two experiments were carried out: Experiment 1 was developed in a completely randomized design, consisting of five diets: corn (M), ground sorghum (SM), whole sorghum (SI), ground sorghum with protease (SMP) and whole sorghum with protease (SIP), with six replications, total of 150 hens, housed in number of five birds per cage. At 23 days of experiment, the digestibility test was performed and at the end of the 28-day cycle, the parameters of productivity, quality and subsequent bromatological composition of the eggs were determined. The laying percentage was higher in birds that received diets with protease and the feed conversion per egg mass was better for the treatment in SMP, with no difference between the treatments SIP and M. Regarding egg quality, the diets M and SMP provided greater Haugh unity. Higher content of ether extract in the yolk was observed in eggs of birds that received SI and SIP diets and a higher percentage of mineral matter in the albumen was provided by the SMP diet. There was no difference for the variables apparent metabolizable energy and corrected for nitrogen balance (EMA and EMAn) between treatments. The higher digestibility of crude protein (DPB) was provided by the SIP diet, which also had a lower production cost. It is concluded that the use of exoenzyme protease in sorghum-based diets improves the parameters of production, quality and composition of eggs and digestibility of laying hens. Experiment 2 was carried out in a completely randomized design, with four treatments with ten repetitions, each box with 20 birds (males and females), totaling 800 birds of the Cobb Slow strain. The treatments were ration: SM, SI, SMP and SIP. At 22 days of age, a digestibility assay was performed consisting of four treatments and six repetitions to determine the values of EMA, EMAn, DPB and DEE (digestibility of the ether extract) and at 28 and 42 days of age were measured: live weight (PV), feed intake (CR), feed conversion (AC). There was no difference for the values of EMA, EMAn and DEE in the tested diets. DPB was better in diets with added protease. Regarding performance at 28 days of age, the SMP diet provided greater PV and SIP provided better CA in birds compared to the SM diet. At 42 days of age the performance parameters analyzed were the same in the tested diets. It is concluded that the addition of protease in diets based on whole or ground sorghum did not influence energy, but improved the performance of broilers at 28 days of age, pointing out that there was a greater digestibility of crude protein from the ground diet with protease. Whole grain sorghum together with exoenzyme protease is nutritionally and economically viable in the nutrition of laying hens and broilers.

Key words: Kafirin. Feed Conversion. Digestibility. Granulometry. Prolamine.

LISTA DE FIGURA

CAPÍTULO I	17
------------------	----

Figura 1. Diagrama esquemático do grão de sorgo, com quebra das camadas do pericarpo. No canto superior direito, há uma visão da cutícula do lado de fora do grão. S.A.= área estilar; E.A.= eixo embrionário; S.= escutelo.	23
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	17
Tabela 1. Preços praticados do milho e sorgo em alguns meses dos anos de 2018 e 2019.....	20
Tabela 2. Composição do milho e sorgo grão	21
Tabela 3. Composição nutricional de diferentes variedades do grão de sorgo.....	24
CAPÍTULO II.....	43
Tabela 1. Ingredientes, composição percentual e valores nutricionais calculados das rações experimentais.....	48
Tabela 3. Parâmetros de qualidade de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com rações base milho ou sorgo, com e sem inclusão de protease	53
Tabela 4. Composição bromatológica de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com rações à base de milho ou sorgo com e sem protease	53
Tabela 5. Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), digestibilidade do alimento (DA), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e digestibilidade do extrato etéreo (DEE) de galinhas poedeiras alimentadas com dietas base milho ou sorgo inteiro ou moído com ou sem adição de protease	54
Tabela 6. Custo total por kg das rações experimentais.....	56
CAPÍTULO III	59
Tabela 1. Ingredientes, composição percentual e valores nutricionais calculados das rações a base de sorgo moído ou inteiro (SM e SI) e com protease (SMP e SIP) para frangos de corte nas fases pré-inicial (1-7 dias), inicial (8-14 dias), crescimento (15-35 dias) e abate (36-42 dias).....	64
Tabela 2. Consumo de ração (CR), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte (lote misto) aos 28 e 42 dias de idade, alimentados com rações à base de sorgo moído (SM), sorgo inteiro (SI), sorgo moído com protease (SMP) e sorgo inteiro com protease (SIP)	67
Tabela 3. Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e digestibilidade do extrato etéreo (DEE) das rações experimentais de frangos de corte aos 28 dias de idade.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS

AVIEX: Grupo de Pesquisa de Avicultura Experimental

CA: Conversão alimentar

CAD: Conversão alimentar por dúzia

CAM: Conversão alimentar por massa

CEUA: Comitê de Ética em Utilização de Animais

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento

DA: Digestibilidade do Alimento

DGM: Diâmetro geométrico médio

DPB: Digestibilidade da proteína bruta

EE: Extrato etéreo

EMA: Energia metabolizável aparente

EMAn: Energia metabolizável aparente

EUA: Estados Unidos da América

M: Ração à base de milho

MM: Matéria mineral

MS: Matéria seca

PB: Proteína bruta

PV: Peso vivo

SI: Ração à base de sorgo grão inteiro

SIP: Ração à base de sorgo grão inteiro com protease

SM: Ração à base de sorgo grão moído

SMP: Ração à base de sorgo grão moído com protease

UFU: Universidade Federal de Uberlândia

UMI: Umidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Alimentos alternativos	19
2.2 Sorgo	21
2.2.1 Morfologia, estrutura e características nutricionais	22
2.2.2 Fatores que interferem na digestibilidade do grão	25
2.2.2.1 Tanino	25
2.2.2.2 Kafirina	26
2.2.2.3 Fitato	27
2.2.3 Sorgo grão inteiro para aves	28
2.3 Enzimas.....	29
2.3.1 Exoenzimas na avicultura	30
2.3.2 Protease.....	31
REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO II - (Redigido de acordo com as normas do periódico “Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia”)	42
DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS ALIMENTADAS COM DIETAS BASE SORGO GRÃO INTEIRO OU MOÍDO E PROTEASE.	44
INTRODUÇÃO	45
MATERIAL E MÉTODOS	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÃO	56
AGRADECIMENTOS	56
REFERÊNCIAS.....	56
CAPÍTULO III - (Redigido de acordo com as normas do periódico “CIÊNCIA RURAL”).....	59
PROTEASE EM DIETAS BASE SORGO GRÃO INTEIRO OU MOÍDO PARA FRANGOS DE CORTE	60
INTRODUÇÃO	61
MATERIAL E MÉTODOS	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66

CONCLUSÃO.....	70
AGRADECIMENTOS	71
COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA	71
REFERÊNCIAS.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
ANEXO A.....	76
Protocolo de aprovação do Comitê de Ética (CEUA-UFU)	76
ANEXO B.....	77
Protocolo de aprovação do Comitê de Ética (CEUA-UFU)	77
ANEXO C.....	78
Normas do periódico “ Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia”	78
ANEXO D.....	82
Normas do periódico “Ciência Rural”	82

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS
(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca-UFU)

1. INTRODUÇÃO

A avicultura é um dos setores no Brasil que apresenta constantes mudanças em relação aos preços dos seus insumos. Essa instabilidade é causada pela oscilação dos preços do milho (RONDA et al., 2019) e farelo de soja, principais ingredientes utilizados, e responsáveis pela alta ou baixa margem de lucro do setor (OLIVEIRA, 2018).

As mudanças nesse cenário ocorrem pela entrada de outros ingredientes alternativos aos usualmente utilizados (OLIVEIRA, 2018). Essas novas matérias-primas possuem as vantagens de estarem disponíveis em épocas de baixa oferta dos outros ingredientes, e serem comercializados por um menor preço de mercado. Entretanto, esses insumos alternativos devem possuir características que se assemelhem nutricionalmente aos alimentos convencionais para que essa substituição seja viável.

Nesse contexto surge o sorgo grão, ingrediente altamente nutritivo (ROSTAGNO et al., 2017) e com preços de mercado aproximadamente 50% mais baixos que do grão de milho (CONAB, 2020). É um cereal que suporta bem climas quentes e solos arenosos, vantagem esta que facilita sua produção em regiões com escassez de chuvas, além de ser uma produção mais barata que de outros cereais gerando menor custo final de produção.

A utilização do sorgo como componente base nas dietas, agrega valor nutricional às mesmas, por este grão possuir maior quantidade de amido e proteína em relação ao milho (ROSTAGNO et al., 2017), com maior valor energético do mesmo. Essas características do grão aliado ao seu menor preço de mercado podem diminuir os custos das rações maximizando os lucros na produção.

Aproximadamente 70% do conteúdo das rações é representado pela energia (SALEH et al., 2004) e 60 a 70% desta é originária dos cereais base utilizados (MANYELO et al., 2019) podendo a utilização do sorgo beneficiar nutricionalmente e economicamente a produção avícola. Porém, o sorgo possui algumas desvantagens de utilização na alimentação, que podem ser minimizadas ou eliminadas com a suplementação de aditivos nas rações.

Uma das principais desvantagens está na baixa digestibilidade dos nutrientes, ocasionada em sua maior parte pela presença de fatores anti-nutricionais, como exemplo o tanino no grão (LIU et al., 2015), fator que pode piorar os índices de produtividade dos animais (DUODU et al., 2003), mas que recentemente com o avanço do melhoramento genético está deixando de ser preocupante, tendo em vista que as variedades utilizadas nas dietas apresentam baixa ou ausência desse fator (LIU et al., 2015; MANYELO et al., 2019; ROONEY, 2005).

O sorgo apresenta 8,75% de proteína bruta (ROSTAGNO et al., 2017), mas essa quantidade não é totalmente digerida pelo animal, sendo esta uma das causas da baixa utilização desse ingrediente nas rações. A proteína predominante no sorgo é a kafirina, que é dividida em três principais: α -kafirina, β -kafirina e γ -kafirina, que possuem característica hidrofóbica, impedindo o acesso das enzimas ao amido do grão, gerando baixa digestibilidade dos nutrientes (DUODU et al., 2003; LIU et al., 2015; SELLE, 2011; SELLE et al., 2016). Porém, trabalhos realizados visando a substituição do milho pelo sorgo tanto grão moído quanto inteiro demonstraram que esse grão pode substituir o milho nas rações em galinhas poedeiras e frangos de corte apresentando vantagens no desempenho, digestão dos nutrientes e econômicas (ASSUENA et al., 2008; CARVALHO et al., 2015; FERNANDES et al., 2013; LITZ et al., 2020; SANTOS et al., 2018; SILVA et al., 2014).

A maior quantidade de alguns componentes nutricionais em relação ao milho, em conjunto com o seu menor valor de mercado demonstram o potencial de utilização do sorgo grão nas dietas para aves. Nesse contexto se insere a possibilidade de utilização de exoenzimas, visando diminuir os fatores anti-nutricionais e no caso do sorgo fatores inerentes ao grão como a possibilidade de maior hidrólise da proteína kafirina, poderia incrementar a energia das rações podendo aumentar a digestibilidade dos nutrientes desse grão. Sendo assim, objetivou-se avaliar a inclusão de exoenzima protease em dietas sorgo grão moído ou inteiro para galinhas poedeiras e frangos de corte sobre desempenho das aves, energia e digestibilidade dos nutrientes das rações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alimentos alternativos

A avicultura tanto de postura quanto de corte necessita cada vez mais maximizar seus lucros e minimizar seus custos de produção. Para isso muitas são as pesquisas utilizando ingredientes alternativos na nutrição de aves, já que, o melhoramento genético animal já tinha alcançado patamares que necessitariam que o setor buscasse outras formas de alcançarem essa finalidade (FERNANDES et al., 2010; FISHER, 2016).

Para que isso ocorresse, os alimentos utilizados como base de uma dieta teriam que ser nutricionalmente semelhantes aos principais ingredientes mais utilizados, como o milho e o farelo de soja, ainda respeitar as exigências quanto aos fatores anti-nutricionais e restrições destes ingredientes aos animais (TONET et al., 2016).

O milho é utilizado em diversos seguimentos da economia, o que o torna um alimento oneroso e de alta competitividade. Estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para o ano de 2020 demonstram que os preços internos do milho tendem a continuar firmes e em patamares elevados. Esse fato ocorre, pela competitividade que o grão de milho tem no mercado, já que, uma parcela do produto está sendo direcionado também para o setor de etanol e exportação (CONAB, 2020).

Diante deste cenário ampliado por questões regionais referentes à produção do insumo, a utilização de alimentos alternativos na nutrição de aves já é uma realidade, tendo em vista que os custos com alimentação chegam a ultrapassar 70% do custo total de produção (BALAMURUGAN; MANOHARAN, 2014; TANDOĞAN; ÇIÇEK, 2016).

Os preços praticados do sorgo grão tem atraído o setor avícola (Tabela 1), sua composição nutricional se assemelha ao milho grão (Tabela 2), o que faz com que esse grão ganhe destaque em tabelas de recomendações (ROSTAGNO et al., 2017) e atualmente já se utiliza-o como ingrediente base e até referência em alguns estudos de inclusão em dietas para aves de produção (ASSUENA et al., 2008; CARVALHO et al., 2015; FERNANDES et al., 2013; KAWU et al., 2019; LITZ et al., 2020; SANTOS et al., 2018; SILVA et al., 2014).

Tabela 1. Preços praticados do milho e sorgo em alguns meses dos anos de 2018 e 2019

PRODUTO	Nível de Comercialização	Mês/Ano	Preço Médio (R\$)*
Milho em grãos (60 kg)	Produtor	11/2018	33,16
Sorgo granífero em grãos (60 kg)	Produtor	11/2018	23,39
Milho em grãos (60 kg)	Produtor	12/2018	33,20
Sorgo granífero em grãos (60 kg)	Produtor	12/2018	25,26
Milho em grãos (60 kg)	Produtor	04/2019	32,50
Sorgo granífero em grãos (60 kg)	Produtor	04/2019	22,67
Milho em grãos (60 kg)	Produtor	05/2019	30,54
Sorgo granífero em grãos (60 kg)	Produtor	05/2019	20,74
Milho em grãos (60 kg)	Produtor	11/2019	41,03
Sorgo granífero em grãos (60 kg)	Produtor	11/2019	29,39
Milho em grãos (60 kg)	Produtor	12/2019	45,98
Sorgo granífero em grãos (60 kg)	Produtor	12/2019	33,6

Fonte: Adaptado de Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). *Preços referentes aos praticados no estado de Minas Gerais.

Tabela 2. Composição do milho e sorgo grão

Componentes	Milho grão	Sorgo grão*
Amido %	63,4	66,6
Cinzas %	1,11	1,38
Fibra Bruta %	1,73	2,89
Energia metabolizável (EM) para aves kcal/kg	3364	3204
Extrato etéreo %	3,81	3,35
Extrato não nitrogenado (ENN) %	74,4	70,7
Proteína Bruta %	7,86	8,75

Fonte: Adaptado de ROSTAGNO et al., 2017. *Sorgo grão baixo tanino

2.2 Sorgo

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo (CARDOSO et al., 2017), acredita-se ter originado na África, mas sem uma localização específica, possui milhares de genótipos diferentes e uma variabilidade de características. Dentre as espécies cultivadas destacam-se a Bicolor, Caudatum, Kafir e Durra, sua produção abrange mais de 100 países. Muitos países utilizam este grão nos mais variados tipos de produtos como alimento para a população, na produção de etanol (RAMSEY, 2018) e como ingrediente nas dietas para animais (RONDA et al., 2019), como acontece no Brasil.

O sorgo atualmente é uma cultura considerada ambientalmente responsável, por utilizar menos recursos naturais em sua produção. Os países que se destacam na produção são os Estados Unidos da América (EUA), Nigéria, Sudão, México, China, Índia, Etiópia, Argentina, Burkina Faso, Brasil e Austrália (DICKO et al., 2006).

Sua colheita é fácil, tendo em vista algumas características morfológicas que geram mais economia no processo de produção, o que não ocorre com outros cereais como a aveia, cevada, arroz e trigo (RODRÍGUEZ et al., 2015). É também rico em fibras alimentares, compostos fenólicos, que não são encontrados em outros alimentos e altos níveis de antioxidantes (MOHAPATRA et al., 2019; QUEIROZ et al., 2011).

É um cereal resistente, já que tolera diversas condições climáticas, sendo justificada por suas características xerofílicas, ou seja, é resistente ao estresse hídrico e salinidade, além de possuir alta produtividade (CYSNE; PITOMBEIRA, 2012), o que confere seu potencial de utilização em regiões tropicais como no caso do Brasil (FRANCISCO et al., 2017).

O sorgo está ganhando espaço no cenário econômico do país, apresentando acréscimo de produtividade ao longo do tempo tendo como estimativas para janeiro de 2020 uma safra de 2.947 kg/ha (CONAB, 2020), seus preços no mercado interno apresentaram valorização, onde os estados que se destacaram foram Minas Gerais, Goiás e Bahia e no mercado

internacional, houve acréscimo em sua cotação nos EUA e estabilidade nos preços argentinos, deixando a Balança Comercial Brasileira com um superávit de 337 toneladas o equivalente à US\$ 88.772 (CONAB, 2018).

2.2.1 Morfologia, estrutura e características nutricionais

A espécie de sorgo mais utilizada na produção animal é a espécie *Sorghum bicolor*, (L.) Moench. É um grão que se divide em três partes como demonstra a figura 1: pericarpo (7,9%), endosperma (82,3%), que é o tecido de armazenamento do grão e o gérmen (9,8%) que compreende o embrião e o escutelo (EARP et al., 2004a). O pericarpo possui uma espessura de 8 a 160 µm (EARP; ROONEY, 1982) e se divide em epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O epicarpo geralmente é pigmentado e divide-se em epiderme e hipoderme (Figura 1).

A epiderme é a camada celular mais externa e é revestida por uma camada cuticular com depósitos superficiais de cera. As células da epiderme são longas, de paredes espessas e retangular que podem conter material pigmentado (DYKES et al., 2009). Abaixo da epiderme encontra-se a hipoderme (Figura 1) que é dividida em três camadas celulares grossas (EARP et al., 2004a).

O endocarpo é a camada mais interna do pericarpo composta pelas chamadas células do tubo, que transportam água impedindo a perda de umidade (EARP et al., 2004a) e no mesocarpo do grão de sorgo pode conter amido, diferente do que ocorre em outros cereais (SERNA-SALDIVAR; ROONEY, 1995). O pericarpo contém aproximadamente 5% a 8% da proteína do grão e algumas cultivares possuem uma subcamada pigmentada chamada testa que também pode estar presente no endosperma (EARP et al., 2004b), camada pigmentada que contém taninos.

O sorgo apresenta em sua composição os polissacarídeos não amiláceos, que estão localizados nas paredes do pericarpo e endosperma, o amido e proteínas, que são classificadas como prolaminas e não-prolaminas e possuem baixa digestibilidade se comparada as de outros cereais como o milho e o trigo (XIONG et al., 2019). O grão possui ainda uma quantidade reduzida de lipídeos, porém com uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados principalmente os ácidos graxos poli-insaturados, o que do ponto de vista nutricional é um fator positivo considerando a inserção desse grão nas rações para animais.

Seu conteúdo mineral ainda é pouco conhecido, mas possui vitaminas do complexo B e as lipossolúveis (CARDOSO et al., 2017), além de outros compostos (Tabela 3).

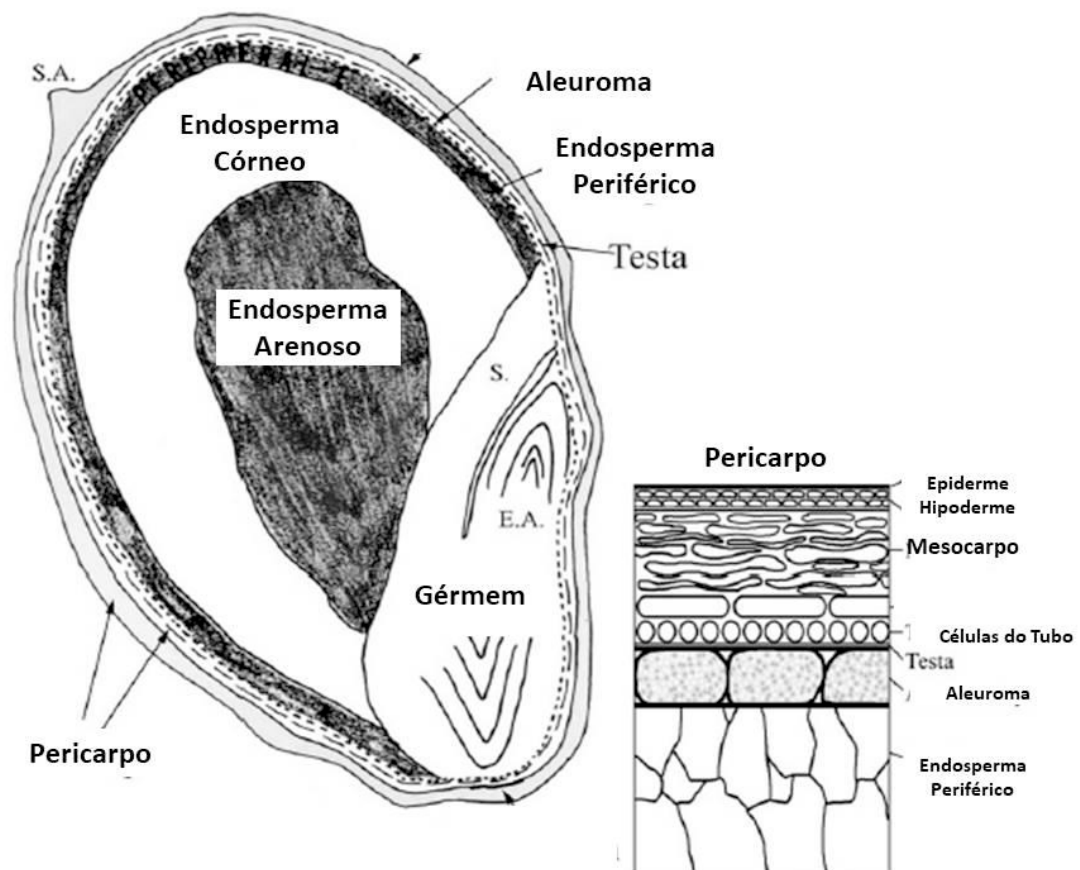


Figura 1: Diagrama esquemático do grão de sorgo, com quebra das camadas do pericarpo. No canto superior direito, há uma visão da cutícula do lado de fora do grão. S.A.= área estilar; E.A.= eixo embrionário; S.= escutelo. Fonte: Adaptado de EARP et al., 2004.

Quanto a textura e aparência visual do grão de sorgo, este possui endosperma translúcido e opaco no núcleo, o que confere os termos duro ou mole para designar as partes vítreas e opacas do endosperma (BOUMANS, 1985). Em relação aos componentes nutricionais do grão de sorgo, sua composição se assemelha à do milho (Tabela 3) (ROSTAGNO et al., 2017), porém com algumas particularidades que podem dificultar a digestibilidade de alguns nutrientes.

Tabela 3. Composição nutricional de diferentes variedades do grão de sorgo

Componente	Sorgo*	Referência
Polissacarídeos Não Amiláceos	6,0 a 15,0 g/100g	
✓ Fibras Insolúveis	75,0-90,0%	TAYLOR e EMMAMBUX, 2010; MARTINO et al., 2012.
✓ Arabinoxilanos e Fibras Solúveis	10,0-25,0%	
Amido	32,1 e 72,5 g/100g	SHEGRO et al., 2012; UDACHAN et al., 2012.
✓ Amilopectina	81,0-96,5%	
✓ Amilose	3,5-19,0%	
Proteínas	7 a 15 g/100g	BELTON et al., 2006; MARTINO et al., 2012.
✓ Prolaminas	77-82%	AFIFY et al., 2012b; BELTON et al., 2006; MOKRANE et al., 2010.
• α -kafirina	66-84%	
• β -kafirina	8-13%	
• γ -kafirina	9-21%	
✓ Albuminas, Globulinas e Gluteínas	18-23%	BELTON et al., 2006; MARTINO et al., 2012.
Lipídeos	1,24 a 3,07 g/100g	AFIFY et al., 2012a; MARTINO et al., 2012.
✓ Ácidos Graxos Insaturados	83-88%	MEHMOOD et al., 2008.
• Linoleico	45,6 a 51,1%	
• Oleico	32,2 a 42,0%	
• Linolênico	1,4 a 2,8%	
✓ Outros Ácidos Graxos	12-18%	AFIFY et al., 2012a; MARTINO et al., 2012.
• Palmítico	12,4 a 16,0%	MEHMOOD et al., 2008.
Ácidos fenólicos	135,5 e 479,40 mg/g	AFIFY et al., 2012c; CHIREMBA et al., 2012
✓ Protocatechuico	150,3 a 178,2 mg/g	SVENSSON et al., 2010; AFIFY et al., 2012a.
✓ Ferúlico	120,5 a 173,5 mg/g	
✓ P-Cumárico	41,9 a 71,9 mg/g	
✓ Seringa	15,7 a 17,5 mg/g	
✓ Vanílico	15,4 a 23,4 mg/g	
✓ Gálico	14,8 a 21,5 mg/g	
✓ Cafeico	13,6 a 20,8 mg/g	
✓ Cinâmico	9,8 a 15,0 mg/g	
✓ P-Hidroxibenzóicos	6,1 a 16,4 mg/g	
Tanino	0,2 e 48,0 mg/g	AWIKA et al., 2003; Martínez et al., 2009; SCHONS et al., 2011; DYKES et al., 2013.

Fonte: Adaptado de CARDOSO et al. (2017). *Valores referentes de diferentes variedades de sorgo.

O amido do sorgo é classificado como tipo B, amido inchado e a cor do grão marrom ou branco não tem influência no teor de amido (DICKO et al., 2006). Uma das barreiras

encontradas na utilização desse grão na alimentação de aves, se situam em torno da baixa ou mesmo ausência de corantes naturais no grão. E estes corantes podem influenciar na cor da gema dos ovos em galinhas e na cor da carne em frangos de corte, o que pode ser minimizado com adição de pigmentantes sintéticos nas dietas (LITZ et al., 2020). Adicionalmente possui proteínas de baixa digestibilidade, lipídios não saturados, alguns minerais, compostos bioativos, taninos e policosanóis (CARDOSO et al., 2017).

Em relação ao conteúdo lipídico do sorgo grão, o que predomina são os ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) (AFIFY et al., 2012a). As proteínas de sorgo são ricas em ácido glutâmico e em aminoácidos (AAs) como a prolina, leucina e alanina, sendo o principal aminoácido limitante a lisina, porém algumas variedades podem ser deficientes em metionina, cisteína, isoleucina, valina e treonina (MORAES et al., 2012). O conteúdo mineral do sorgo varia de acordo com o local de cultivo, porém os que se destacam são o zinco que varia entre 9,7% - 17,1% e o ferro 6,6%-15,7% (KRUGER et al., 2013). É fonte de vitaminas como a tiamina, riboflavina e piridoxina, D, E e K (CARDOSO et al., 2014).

2.2.2 Fatores que Interferem na Digestibilidade do Grão

O grão de sorgo possui particularidades na sua composição nutricional que dificultam a digestibilidade do grão, dentre essas estão a presença de tanino, ácido fítico, flavonóides e a proteína kafirina, que é a prolamina em maior quantidade no grão.

2.2.2.1 Tanino

O tanino é um metabólito encontrado no grão de sorgo que atua como um mecanismo de defesa contra predadores e patógenos, protegendo o grão contra insetos, pássaros e ataques de fungos (BEAN et al., 2016), porém tem a capacidade de formar complexos pouco digeríveis com a proteína da dieta (DUODU et al., 2003), sendo uma grande desvantagem nutricional quanto à qualidade alimentar desse cereal.

A maioria do tanino presente no sorgo é condensado (MABELEBELE et al., 2017) e formado a partir de oligômeros e polímeros (ARNOSO et al., 2019), podendo variar quanto ao tipo, conteúdo e distribuição do indivíduo, sendo o tanino um composto presente no grão que mais justifica o não uso pelos produtores nas dietas para os animais (MANYELO et al., 2019).

De acordo com o ambiente e a variabilidade do sorgo seu conteúdo e a atividade podem ser afetados, recebendo algumas classificações de acordo com a quantidade de tanino presente na testa do grão (DYKES; ROONEY, 2006). Os taninos poliméricos, por exemplo, interagem com as proteínas formando um amido resistente (SOARES et al., 2019) o que diminui a digestibilidade do amido (WONG et al., 2010). Essa característica faz com que produtos à base deste alimento contribuam positivamente na prevenção de doenças cardiovasculares e possuam propriedades anti-carcinogênicas (ANUNCIACÃO et al., 2018).

O tanino presente no sorgo é benéfico na alimentação humana, já que estes possuem uma capacidade antioxidante da dieta, o que promove benefícios à saúde devido a imunomodulação e seus efeitos anticâncer, antioxidante, anti-radiológico, anti-inflamatório, vasodilatador, cardioprotetor, anti-trombótico e anti-inflamatório (QUEIROZ et al., 2018).

Em relação aos efeitos do tanino sobre o desempenho dos animais, no Brasil utiliza-se de variedades de sorgo que contém uma baixa quantidade de tanino ou mesmo ausência deste composto fenólico, já que na dieta para animais monogástricos (PAN et al., 2017), principalmente aves de produção, a presença do tanino é um fator anti-nutricional em relação à digestibilidade dos nutrientes presentes nesse grão (MOHAPATRA et al., 2019; XIE et al., 2017). Esse fator negativo do grão de sorgo pode ser minimizado através dos métodos de processamento, como o processo de moagem nas rações fareladas, como consequente aumento da digestibilidade do amido (SOARES et al., 2019).

Em dietas para os animais, o processamento térmico pode ser uma estratégia para aumentar a biodisponibilidade dos nutrientes do sorgo grão e reduzir o conteúdo de tanino, aumentando a digestibilidade do amido e das proteínas, com consequente aumento no valor nutricional do grão (TRUONG et al., 2017).

2.2.2.2 Kafirina

A quantidade de proteína no sorgo varia de 7 a 15%, sendo a kafirina a classificação dada à proteína presente no sorgo baseada em sua solubilidade. As proteínas do sorgo podem ser divididas em albuminas, globulinas, kafirinas, kafirinas reticuladas e glutelinas (BEAN et al., 2016; SELLE et al., 2018).

As kafirinas de sorgo são armazenadas no retículo endoplasmático em corpos esféricos de proteínas que podem ser divididas em α -kafirina, β -kafirina e γ -kafirina. As γ -kafirinas

estão localizadas na região dos corpos periféricos das proteínas, enquanto as α -kafirinas estão encapsuladas na região interna (WU et al., 2013).

As kafirinas compreendem cerca de 50 à 70% da proteína do grão de sorgo. A α -kafirina representa cerca de 80% do total da kafirina e é considerada a principal proteína de armazenamento de sorgo, enquanto a β -kafirina e γ -kafirina compreendem cerca de 5% e 15% respectivamente do total de kafirina (BEAN et al., 2016; LI et al., 2018; SELLE et al., 2010; SELLE et al., 2018).

A digestibilidade das proteínas do sorgo é baixa porque essas kafirinas são resistentes à enzima protease, ou seja, ocorre formação de ligações dissulfeto intramoleculares (MCCUITION et al., 2019). Variedades do sorgo ricas em taninos, também pode reduzir a digestibilidade da proteína, por ocorrer uma complexação das kafirinas com esse composto fenólico reduzindo em até 50% (TAYLOR et al., 2007).

Existem estudos para melhorar a digestibilidade proteica do sorgo nas quais reduz-se a quantidade de kafirinas, especialmente as β -kafirinas e γ -kafirinas e aumenta as gluteninas e albuminas (WU et al., 2013). Algumas variedades de sorgo apresentam maior digestibilidade proteica, o que é atribuído ao aumento da susceptibilidade enzimática da α -kafirina por alterações morfológicas do corpo proteico e uma redução da formação de ligações dissulfeto entre as β -kafirinas e γ -kafirinas (SELLE et al., 2013).

As α -kafirinas são as últimas proteínas a serem digeridas, pois as γ -kafirinas são ricas em cisteína, que formam ligações dissulfídicas, que podem bloquear a acessibilidade das α -kafirinas às enzimas hidrolíticas e por esta ser abundante no grão sua menor digestibilidade reduz seu valor nutritivo (WU et al., 2013).

2.2.2.3 Fitato

O ácido fítico presente nos alimentos como o grão de sorgo é um grande problema na produção animal. Na forma de fitato este composto pode complexar proteínas e comprometê-las quanto à digestibilidade, impedindo a absorção dos aminoácidos presentes no grão (WU et al., 2017).

O ácido fítico localiza-se em vários locais do grão de sorgo como o pericarpo, testa, camada do aleuroma (DOHERTY et al., 1982) e endosperma, e mesmo com a alta inclusão de exoenzima fitase nas dietas para aves ainda existe uma quantidade de ácido fítico que não é digerido, já que estas permanecem presentes nos excrementos desses animais. Então

considera-se que algum fitato esteja encapsulado na matriz celular do grão impedindo a digestão do sorgo (WU et al., 2017).

O fitato pode indisponibilizar o fósforo e quelatar cátions bivalentes como o cálcio, ferro, magnésio, sódio, entre outros, e inibir a atividade da tripsina e da pepsina, o que torna o fitato um fator anti-nutricional do grão de sorgo (CARDOSO et al., 2017; MOHAPATRA et al., 2019).

O sorgo é um cereal que possui mais fitato em termos absolutos e relativos do que outros grãos de cereais por ser um local de estoque de fósforo o ácido fítico desempenha papel fisiológico no grão, pois a maior parte do fósforo contido nos ingredientes no sorgo está na forma de fitato e apenas 30% deste fósforo está disponível (SELLE et al., 2010).

2.2.3 Sorgo grão inteiro ou moído para aves

Estudos demonstram que a utilização tanto do sorgo grão moído quanto deste na forma de grão inteiro, podem reduzir os custos com as dietas para aves, tendo em vista que, não só os alimentos fazem parte dos custos, mas também o processo de moagem nas fábricas de rações, onde ocorrem perdas com o desgaste dos equipamentos e por consequência ocorre aumento do custo final (CARVALHO et al., 2015; FAGUNDES et al., 2019; FERNANDES, et al., 2013; KAWU et al., 2019; LITZ et al., 2020; SILVA et al., 2014).

A inclusão de grãos inteiros nas dietas não é recente, há muitos anos já se praticava essa forma de inclusão na alimentação dos animais e de acordo com as recentes mudanças de manejo da produção, pelas modificações de hábitos do mercado consumidor, essa prática está se expandindo no setor avícola (MABELEBELE et al., 2018).

A utilização parcial ou total do sorgo grão inteiro na dieta de frangos de corte melhora os parâmetros de desempenho tanto em comparação com o grão moído quanto comparado com outro grão (CARVALHO et al., 2015; FERNANDES, et al., 2013; MABELEBELE et al., 2018), melhora o desenvolvimento dos órgãos (FERNANDES, et al., 2013; MABELEBELE et al., 2018; SILVA et al., 2014), rendimento e composição bromatológica da carne (FAGUNDES et al., 2019; LITZ et al., 2020) e digestibilidade dos nutrientes presentes no grão. Observando-se ainda que há maior preferência das aves pelo grão inteiro que pela ração farelada (FAGUNDES et al., 2019).

Outra vantagem além da econômica do uso do grão de sorgo inteiro para aves é quando se considera as particularidades anatomofisiológicas, como a presença da moela. A

utilização deste grão na forma inteira pode aumentar o peso da moela, em particular em frangos de corte, estimula o desenvolvimento do tubo gastrointestinal, o que por consequência, pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes presentes no sorgo, reafirmando o grande benefício na utilização desse alimento da forma de grão inteiro (MABELEBELE et al., 2018; LITZ et al., 2020; SILVA et al., 2014).

2.3 Enzimas

Enzimas são proteínas que possuem estruturas primária, secundária, terciária e quaternária, sendo essenciais para o exercício da atividade catalítica, acelerando o processo de uma reação, sob condições favoráveis de temperatura, pH e umidade (AAFCO, 2006; MAGNAGO et al., 2015). A atividade catalítica depende da conformação proteica e se a enzima é desnaturada ou dissociada em subunidades, essa atividade é perdida (VIEIRA, 2003).

Cada enzima é específica para um substrato, e irá catalisar uma determinada reação, formando um complexo enzima-substrato que será convertido à enzima e produto. Por serem proteínas globulares, as enzimas apresentam um sítio ativo o substrato se acopla. Este sítio-ativo contém aminoácidos cujas cadeias laterais criam uma superfície complementar ao substrato, permitindo que as enzimas atuem na ruptura de uma determinada ligação química (MAGNAGO et al., 2015).

A temperatura é um dos fatores que interferem na velocidade da reação da enzima, quando a temperatura aumenta, a velocidade da reação inicialmente aumenta em virtude da energia cinética aumentada das moléculas com o substrato. Com a temperatura “normal”, a velocidade de destruição das enzimas pelo calor é equilibrada pelo aumento na reatividade enzima-substrato e a velocidade de reação é máxima. Se ocorrer um aumento excessivo da temperatura, a estrutura da enzima pode sofrer efeitos letais. Por isso, é recomendado adicionar enzimas exógenas nas rações peletizadas somente depois do processo de peletização, pois em temperaturas acima de 75°C as enzimas se desnaturam. Tanto temperaturas muito altas como muito baixas podem diminuir a atividade das enzimas, assim ocorre também com o pH (AMERAH et al., 2011).

As enzimas são classificadas em endógenas e exógenas. No caso de enzimas endógenas, estas são próprias do organismo. Particularmente em aves, as proteases já são ativadas por proteínas que entram no trato digestório ainda na fase embrionária, o que pode confirmar que ocorre estímulo de secreções pelo substrato. E estas enzimas já estão presentes

nos pintinhos, porém ao eclodirem, os pintos não dispõem de outras enzimas que digerem outros compostos como os glicídios e os lipídios (AGUIAR, 2010).

O grande problema de algumas enzimas endógenas é que mesmo na presença de substratos as enzimas celulase, hemicelulase, xilanases e fitases não são secretadas, pois no código genético desses animais não há indicação para sua síntese (LUCCHESI et al., 2016; TORRES-PITARCH et al., 2017; ZHANG et al., 2014).

2.3.1 Exoenzimas na Avicultura

Os avanços decorrentes do melhoramento genético dos animais e a tecnificação nas práticas de manejo ainda não permitiram o melhor aproveitamento dos nutrientes presentes nos ingredientes de origem vegetal, o que continua limitando a digestibilidade de alguns ingredientes (LECZNIESKI, 2005). Porém, a utilização de exoenzimas na alimentação dos animais pode aumentar a qualidade nutricional destes ingredientes (SILVA et al., 2018).

As exoenzimas são denominadas como aditivos alimentares, com a função de suplementar a atividade digestiva auxiliando as enzimas endógenas, reduzindo o tempo para que ocorra a digestão do alimento. Esses aditivos podem atuar removendo ou minimizando os fatores anti-nutricionais existentes no sorgo grão tornando certos nutrientes disponíveis para absorção, aumentando o valor energético desse alimento melhorando o desempenho dos animais (GUENTER, 1997).

As exoenzimas utilizadas na alimentação animal podem ser produzidas a partir de fungos, bactérias e leveduras como a exoenzima fitase, que age na degradação do ácido fítico, eliminando as propriedades anti-nutricionais do fitato. A forma de apresentação pode ser na líquida (aspergida sobre a ração pronta), em pó ou granulada, que são adicionadas no misturador no processo de fabricação da ração. No mercado, existem exoenzimas que são resistentes à peletização ou extrusão e outras que não são resistentes a esses processos. As exoenzimas podem ser classificadas em carboidrases, proteases, fitases e lipases de acordo com cada classe específica, podendo ainda serem produzidas separadamente para cada substrato ou na forma de “coquetel”, os chamados complexos enzimáticos (CAMPESTRINI et al., 2005).

A ativação das exoenzimas nas rações ocorre no trato digestivo quando estas são misturadas aos fluídos digestivos sob a temperatura do organismo, ocorrendo sua ação máxima no estômago e porção inicial do intestino delgado.

Alguns fatores anti-nutricionais do sorgo grão não são tóxicos, porém interferem no animal por meio do desempenho, como a piora na conversão alimentar, crescimento reduzido, alterações hormonais e lesões em alguns órgãos, e ambientalmente, pela excreção fecal de nitrogênio e fósforo, poluindo o meio ambiente (SOUZA et al., 2019). As exoenzimas podem diminuir a ação desses fatores aumentando a capacidade de utilização dos nutrientes presentes no grão.

A fitase é uma exoenzima importante na utilização do sorgo grão, pois além de disponibilizar o fósforo evita que o fitato quelate cátions bivalentes como o cálcio, ferro, manganês, zinco, magnésio, entre outros. Essa ação da fitase foi observada por Litz et al. (2017) que ao utilizarem a fitase em dietas à base de sorgo grão para frangos de corte, observaram que a fitase hidrolisou o fitato presente no sorgo e liberou o fósforo presente no grão, proporcionando assim melhor digestibilidade do fósforo presente no sorgo.

As aves não apresentam enzimas endógenas para degradar os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), portanto a utilização de carboidrases nas dietas catalisariam as reações de degradação dos carboidratos, que estão ligados ao valor nutricional dos grãos. Fernandes et al. (2016) observaram esse efeito ao concluírem que a adição de um complexo enzimático composto de β -glucanase e β -xylanase em dietas para frangos de corte, aumentou a energia metabolizável aparente das dietas à base de sorgo em 50kcal e melhora o desempenho das aves. Faizah et al. (2016) ao trabalharem com rações base sorgo para frangos de corte, observaram que adição de xilanase, fitase e protease às dietas não impactou na composição geral da microbiota cecal desses animais.

2.3.2 Protease

As proteases são as primeiras enzimas ativadas pelas aves logo na fase de vida embrionária. Essas espécies possuem essa vantagem, por essa razão a utilização de exoenzimas potencializam ainda mais a digestibilidade dos nutrientes logo nos primeiros dias de vida, com consequente desenvolvimento e melhor desempenho (STRADA et al., 2005).

As exoenzimas adicionadas às dietas potencializam o uso de proteínas pobremente disponíveis em alguns alimentos, o que possui o intuito de baratear os custos de produção de rações. Sua utilização nas dietas para frangos de corte alimentados com coprodutos, atuará melhorando o ganho de peso dos animais e melhor aproveitamento dos nutrientes presentes nesses coprodutos (PASCARIU et al., 2017).

Outro benefício observado é o aproveitamento da proteína presente no sorgo grão, a β -kafirina e γ -kafirina, que são proteínas de difícil digestão pelas enzimas endógenas. A proteína é um dos ingredientes mais caros da ração, e a utilização da exoenzima protease em dietas que contenham o sorgo como ingrediente base da ração, pode potencializar a utilização da proteína presente no grão de sorgo, com consequente diminuição da utilização da quantidade do ingrediente proteico e redução dos custos das rações (DESSIMONI, 2011).

Essas exoenzimas podem melhorar o desempenho zootécnico de frangos de corte, como observado em estudo realizado por Yuan et al. (2017), que trabalharam com rações à base de milho e farelo de soja e exoenzima protease e verificaram aumento no ganho de peso das aves. O mesmo efeito foi observado em suínos na fase de crescimento, ao serem alimentados com dietas suplementadas com exoenzima protease, seus parâmetros de desempenho e digestibilidade foram melhores em comparação aos animais que não se alimentaram com dietas suplementadas com a exoenzima (CHENG; KIM, 2019).

A suplementação da exoenzima protease além de minimizar os custos, em rações base sorgo, pode melhorar a digestibilidade da proteína do grão, com consequente complementação da ação da protease endógena que poderá hidrolisar a kafirina e melhorar o aproveitamento do amido (SELLE et al., 2016).

REFERÊNCIAS

AAFCO, The Association of American Feed Control Officials. 2006. **Official publication** AAFCO (457 p.). ISBN 1-878341-18-9.

AFIFY, A. E. -M. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; ABD EL-SALAM, S. M. A.; OMRAN, A.A. Protein Solubility, Digestibility and Fractionation after Germination of Sorghum Varieties. **PLOS ONE**, v.7, n.2, 2012b. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031154>

AFIFY, A. E. -M. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; ABD EL-SALAM, S. M. A.; OMRAN, A. A. Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E, β -carotene and antioxidant activity during soaking of three white sorghum varieties. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.2, n.3, p.203–209, 2012. doi:10.1016/s2221-1691(12)60042-2

AFIFY, A. E. -M. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; ABD EL-SALAM, S. M.; OMRAN, A. A. Oil and fatty acid contents of white sorghum varieties under soaking, cooking, germination and fermentation processing for improving cereal quality. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.40, p.86–92, 2012a.

AGUIAR, E.F. **Redução dos níveis de aminoácidos sulfurosos**. 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, UFVJM, 2010.

AMERAH, A. M.; GILBERT, C.; SIMMINS, P. H.; RAVINDRAN, V. Influence of feed processing on the efficacy of exogenous enzymes in broiler diets. **World's Poultry Science Journal**, v. 67, n. 01, p. 29–46, 2011. doi:10.1017/s0043933911000031

ANUNCIAÇÃO, P. C.; CARDOSO, L. de M.; QUEIROZ, V.A.V.; MENEZES, C. B. de; CARVALHO, C. W. P. de; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; ALFENAS, R. de C.G. Consumption of a drink containing extruded sorghum reduces glycaemic response of the subsequent meal. **European Journal of Nutrition**, v. 57, p. 251-257, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1314-x>

ARNOSO, B. J. M.; COSTA, G. F.; SCHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. **Nutrição Brasil**, v.18, n.1, p.39-48, 2019. <https://doi.org/10.33233/nb.v18i1.1432>

ASSUENA, V.; FILARDI, R. S.; JUNQUEIRA, O. M.; CASARTELLI, E. M.; LAURENTIZ, A. C.; DUARTE, K. F. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 93-99, 2008.

AWIKA, J. M.; DYKES, L.; GU, L.; ROONEY, L. W.; PRIOR, R. L. Processing of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products Alters Procyanidin Oligomer and Polymer Distribution and Content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 18, p. 5516–5521, 2003. doi:10.1021/jf0343128

BALAMURUGAN, V.; MANOHARAN, M. Cost and benefit of investment in integrated broiler farming A case study. **International Journal of Current Research and Academic Review**, v. 2, n. 4, p.114-123, 2014. ISSN:2347-3215

BEAN, S. R.; WILSON, J. D.; MOREAU, R. A.; GALANT, A.; AWIKA, J. M.; KAUFMAN, R. C.; ADRIANOS, S. L.; IOERGER, B. P. 2016. **Structure and Composition of the Sorghum Grain**. In: I. Ciampitti, V. Prasad, editors, *Sorghum: State of the Art and Future Perspectives*, Agron. Monogr. 58. ASA and CSSA, Madison, WI. doi:10.2134/agronmonogr58.2014.0081

BELTON, P. S.; DELGADILLO, I.; HALFORD, N. G.; SHEWRY, P. R. Kafirin structure and functionality. **Journal of Cereal Science**, v. 44, n. 3, p. 272–286, 2006. doi:10.1016/j.jcs.2006.05.004

BOUMANS, G. Chapter 2 - Grains, Oilseeds, Derivatives and Substitutes, **Developments in Agricultural Engineering**, Elsevier, v. 4, p. 7-23, 1985. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42439-6.50007-1>.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.

CARDOSO, L. DE M.; MONTINI, T. A.; PINHEIRO, S. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. **Food Chemistry**, v. 152, p. 210–217, 2014. doi:10.1016/j.foodchem.2013.11.106

CARDOSO, L. D. M.; MONTINI, T. A.; PINHEIRO, S. S.; PINHEIRO SANT'ANA, H.M.; CARDOSO, L. M.; PINHEIRO, S. S.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 2, p. 372–390, 2017. DOI: 10.1080/10408398.2014.887057

CARVALHO, L. S. S.; FAGUNDES, N. S.; LITZ, F. H.; SAAR, A. G. L.; FERNANDES, E. A. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1757-1765, 2015.

CHENG, L.; KIM, I. H. Effects of dietary supplementation with *Bacillus licheniformis* derived-protease on growth performance, nutrient digestibility and fecal microbial shedding in post-weaned growing pigs. **Journal of applied animal research**, v. 47, n. 1, p. 322–325, 2019. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1626240>

CHIREMBA, C.; ROONEY, L. W.; BETA, T. Microwave-Assisted Extraction of Bound Phenolic Acids in Bran and Flour Fractions from Sorghum and Maize Cultivars Varying in Hardness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 18, p. 4735–4742, 2012. doi:10.1021/jf300279t

CONAB, **Análise mensal da produção de Sorgo**, Março, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-desorgo/item/download/15915_64ce18c312a235797ecb2981a3f8daf7>. Acesso em: 09 jan 2020.

CONAB. **Acomp. safra bras. grãos**, v. 7 - Safra 2019/20 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-25 janeiro 2020. ISSN 2318-6852 Disponível também em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 09 Jan 2020.

CYSNE, J. R. B.; PITOMBEIRA, J. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo granífero em diferentes ambientes do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 273-278, 2012.

DESSIMONI, G. V. P. **Planos nutricionais com suplementação de protease em dietas de frangos de corte**. 2011.48 p. Dissertação (Mestrado Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, UFVJM, 2011.

DICKO, H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKE, W. J. H. V. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **Mamoudou African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.
<http://www.academicjournals.org/AJB> ISSN 1684-5315

DOHERTY, C.; FAUBION, J.M.; ROONEY, L.W. Semiautomated determination of phytate in sorghum and sorghum products. **Cereal Chem**, v.59, p.373-377, 1982.

DUODU, K. G.; TAYLOR, J. R. N.; BELTON, P.S.; HAMAKER, B.R. Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.
doi:10.1016/S0733-5210(03)00016-X.

DYKES, L.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Evaluation of phenolics and antioxidant activity of black sorghum hybrids. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 278-283, 2013.
doi:10.1016/j.jcs.2013.06.006

DYKES, L.; SEITZ, L.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. Flavonoid composition of red sorghum genotypes. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p. 313-317, 2009.

DYKES, L.; ROONEY, L.W. Sorghum and millet phenols and antioxidants. **Journal of Cereal Science**, v. 44, p. 236-251, 2006. doi:10.1016/j.jcs.2006.06.007

EARP, C. F.; MCDONOUGH, C. M.; AWIKA, J.; ROONEY, L.W. Testa development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 303-311, 2004b.

EARP, C. F.; ROONEY, L. W. Scanning electron microscopy of the pericarp and testa of several sorghum-bicolor varieties. **Food Microstructure**, v. 1, n. 2, p. 125-134, 1982.

EARPA, C. F.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 21-27, 2004a. doi:10.1016/S0733-5210(03)00060-2

FAGUNDES, C.; FERNANDES, E. A.; LITZ, F. H. Whole and ground grain sorghum and the free choice feeding system in broiler diets Sorgo grão inteiro e moído e o sistema de livre escolha (free choice feeding) em dietas de frangos de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 389-402, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n1p389

FAIZAH, H. M. S.; BRYDEN, W. L.; KLIVE, A.V.; ASAD, S.; MAGUIRE, A.; LI, X. Caecal microflora composition in broilers fed sorghum based diets containing feed enzymes. **Malaysian Journal of Veterinary research**, v.7, n.2, p.111-120, 2016.

FERNANDES, E.A.; BRANDEBURGO, M. I. H.; CARVALHO, C. M. C.; LITZ, F. H.; BUENO, J. P. R.; MASCULI, A. L. S.; LIMÃO, V. A.; GOTARDO, L. R. M. Energetic values and performance of broilers feeding sorghum and soybean meal based diets supplemented with β -glucanase and β -xylanase. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 959-968, 2016. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n2p959

FERNANDES, E. A.; PEREIRA, W. J. S.; HACKENHAAR, L.; RODRIGUES, R. M.; TERRA, R. The use of whole grain sorghum in broiler feeds. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, n. 3, p. 217-222, 2013. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2013000300008>

FERNANDES, J. I. M.; OUTUTUMI, L. K; FERREIRA, P. W; MACORIM, F.; TRIQUES, G. E. Efeito da adição de enzimas em dietas a base de milho e soja para frangos de corte. **Arquivo de Ciência Veterinária Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 13, n. 1, p. 25-31, jan./jun. 2010.

FISHER, T. Specialty poultry production: impact of genotype, feed strategies, alternative feedstuffs, and dietary enzymes on the growth performance and carcass characteristics of heritage breed chickens (2016). Theses and Dissertations--**Animal and Food Sciences**. 66. https://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/66

FRANCISCO, P.R.M.; SANTOS, D.; LIMA, E.R.V. Potencial pedoclimático do estado da Paraíba para a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.03, p.784-798 2017 ISSN:1984-2295

GUENTER, W. 1997. **Practical experience with the use of enzymes**. In: Marquardt R.R. & Han Z. (ed.) *Enzymes in Poultry and Swine Nutrition*. IDRC. <http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=691&path%5B%5D=pdf>

KAWU, Y.U.; DOMA, U.D.; ABUBAKAR, M.; BELLO, K.M.; MUHAMMAD, I, A. Performance and Economics of Production of Broiler Chickens Fed Dietary Levels of Gayamba Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.) as Replacement for Red Sorghum (*Sorghum bicolor*). **Nigerian Journal of Animal Science and Technology**, v.2, n.2, p.72-84, 2019. Available @ www.unimaid.edu.ng © Department of Animal Science, University of Maiduguri

KRUGER, J.; TAYLOR, J. R. N.; DU, X.; DE MOURA, F. F.; LÉONNERDAL, B.; OELOFSE, A. Effect of phytate reduction of sorghum, through genetic modification, on iron and zinc availability as assessed by an in vitro dialysability bioaccessibility assay, Caco-2 cell uptake assay, and suckling rat pup absorption model. **Food Chem.**, v. 141, p. 1019–1025, 2013.

LECZNIESKI, J.L. Considerações práticas do uso de enzimas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 5., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, p. 34-47, 2006.

LI, A.; JIA, S.; YOBİ, A.; GE, Z.; SATO, S.; ZHANG, C.; HOLDING, D. R. Editing of an alpha-kafirin gene family increases digestibility and protein quality in sorghum. **Plant Physiol.**, v. 177, n. 4, p. 1425-1438, 2018. doi:10.1104/pp.18.00200

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A.; ANTUNES, R. C.; GIRÃO, L. V. C.; FERREIRA, A. M. S.; LIMÃO, V. A.; BUENO, J. P. R. Parâmetros zootécnicos e desenvolvimento da moela de frangos de corte em dietas de sorgo grão e a inclusão de carotenoides. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 2, p. 607-614, 2020.

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A.; BUENO, J. P. R.; SILVA, M. C. A.; CAROLINO, A. C. X. G.; MARTINS, J. M. S.; FAGUNDES, N. S.; NASCIMENTO, J. R. D. V. Digestibility, Determination of Metabolizable Energy and Bone Mineralization of Broilers Fed with Nutritionally Valued Phytase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, p. 067-074, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0325>

LIU, S. Y.; CADOGAN, D. J.; PÉRON, A.; TRUONG, H. H.; SELLE, P. H. A combination of xylanase, amylase and protease influences growth performance, nutrient utilisation, starch and protein digestive dynamics in broiler chickens offered maize-, sorghum- and wheat-based diets. **Animal Production Science**, v.55, n.10, 1255-1263, 2015. doi:10.1071/an14657

LUCCHESI, L.; CHAGAS, A.D.; SITANAKA, N.Y.; BUDIÑO, F.E.L. Substituição total de leite em pó por soja micronizada e enzima para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 23, p. 87-92, 2016. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2016.036>

MABELEBELE, M.; GOUS, R. M.; O'NEIL, H. V. M.; IJI, P. A. Whole sorghum inclusion and feed form on performance and nutrient digestibility of broiler chickens. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 6, n. 5; p. 1-8, 2018. doi:10.1017/jan.2018.3

MABELEBELE, M.; GOUS, R.M.; SIWELA, M.; O'NEIL, H. V. M.; IJI, P.A. Performance of broiler chickens fed South African sorghum-based diets with xylanase. **South African Journal of Animal Science**, v. 47, n. 5, 2017. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v47i5.11>

MAGNAGO, J. G. P.; HAESE, D.; KILL, J. L. et al. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bicálcico. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1286-1291, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140853>.

MANYELO, T. G.; NG'AMBI, J. W.; NORRIS, D.; MABELEBELE, M. Substitution of Zea mays by *Sorghum bicolor* on Performance and Gut Histo-Morphology of Ross 308 Broiler Chickens Aged 1–42 d. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.28, n.3, p.647–657, 2019. doi:10.3382/japr/pfz015

MARTÍNEZ, I.; WALLACE, G.; ZHANG, C.; LEGGE, R.; BENSON, A. K.; CARR, T. P.; MORIYAMA, E. N.; WALTER, J. Diet-induced metabolic improvements in a hamster model of hypercholesterolemia are strongly linked to alterations of the gut microbiota. **Applied and environmental microbiology**, v. 75, p. 4175-4184, 2009.

MARTINO, H.S.D.; TOMAZ, P.A.; MORAES, E.A.; CONCEIÇÃO, L.L.; OLIVEIRA, D.S.; QUEIROZ, V.A.V. et al. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Rev Inst Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 71, n. 2, p. 337-44, 2012.

- MCCUISTION, K. C.; SELLE, P. H.; LIU, S. Y.; GOODBAND, R. D. Sorghum as a Feed Grain for Animal Production. **Sorghum and Millets**, p. 355–391, 2019. doi:10.1016/b978-0-12-811527-5.00012-5
- MEHMOOD, S.; ORHAN, I.; AHSAN, Z.; ASLAN, S.; GULFRAZ, M. Fatty acid composition of seed oil of different Sorghum bicolor varieties. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 855–859, 2008. doi:10.1016/j.foodchem.2008.01.014
- MOHAPATRA, D.; PATEL, A.S.; KAR, A.; DESHPANDE, S.S.; TRIPATHI, M.K. Effect of different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, anti-nutrients and amino acid profile of grain sorghum. **Food Chemistry**, v. 271, p. 129–135, 2019. doi:10.1016/j.foodchem.2018.07.196
- MOKRANE, H.; AMOURA, H.; BELHANECH-BENSEMRA, N.; COURTIN, C. M.; DELCOUR, J. A.; NADJEMI, B. Assessment of Algerian sorghum protein quality [Sorghum bicolor (L.) Moench] using amino acid analysis and in vitro pepsin digestibility. **Food Chemistry**, v. 121, n. 3, p. 719–723, 2010. doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.020
- MORAES, É. A.; QUEIROZ, V. A. V.; SHAFFERT, R. E.; COSTA, N. M. B.; NELSON, J. D.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption. **Food Chemistry**, v. 134, n. 3, p. 1549–1555, 2012. doi:10.1016/j.foodchem.2012.03.079
- OLIVEIRA, D. H. R. Alternative food for broiler chickens: an overview **Scientific Electronic Archives**, v.11, n.5, 2018.
- PAIVA, C. L.; QUEIROZ, V. A. V.; GARCIA, M. A. V. T. Technological, sensory and chemical characteristics of gluten-free pasta made from sorghum and corn flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019. https://doi.org/10.1590/1981-6723.09518
- PAN, L.; SHANG, Q. H.; MA, X. K.; WU, Y.; LONG, S. F.; WANG, Q. Q.; PIAO, X. S. Coated compound proteases improve nitrogen utilization by decreasing manure nitrogen output for growing pigs fed sorghum soybean meal-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 230, p. 136–142, 2017. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.05.014
- PASCARIU, S. M.; POP, I. M.; SIMEANU, D.; PAVEL, G.; SOLCAN, C. Effects of Wine By-Products on Growth Performance, Complete Blood Count and Total Antioxidant Status in Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 19, n. 2, p. 191–202, 2017. http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0305
- QUEIROZ, V.A.V.; AGUIAR, A.daS.; DE MENEZES, C.B.; DE CARVALHO, C.W.P.; PAIVA, C.L.; FONSECA, P.C.; DA CONCEIÇÃO, R. R. P. A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties. **Journal of Cereal Science**, v.79, p.43–49, 2018. doi:10.1016/j.jcs.2017.10.001
- QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; SCHAFFERT, R. E.; MOREIRA, A. V.; RIBEIRO, S. M. R.; MARTINO, H. S. D. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], para alimentação humana. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 180–195, 2011 http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p196-204

RAMSEY, C. "Factors Affecting U.S. Sorghum Yields." (Fall 2018). **Southern Illinois University Carbondale** https://opensiuc.lib.siu.edu/gs_rp/868

RODRÍGUEZ, M.V.; BARRERO, J.M.; CORBINEAU, F.; GUBLER, F.; BENECH-ARNOLD, R.L. Dormancy in cereals (not too much, not so little): about the mechanisms behind this trait. **Seed Science Research**, v.25, p.99–119, 2015
doi:10.1017/S0960258515000021 <https://doi.org/10.1017/S0960258515000021>

RONDA, V.; ARUNA, C.; VISARADA, K.B.R.S.; BHAT, B.V. Sorghum for Animal Feed. **Breeding Sorghum for Diverse End Uses**, p. 229–238, 2019. doi:10.1016/b978-0-08-101879-8.00014-0

ROONEY, L. Ten myths about tannins in sorghums. **Int. Sorghum Millets**, Newsletter, v. 46, p. 3–5, 2005.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.V.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

SALEH, E. A.; WATKINS, S. E.; WOLDROUP, A. L.; WOLDROUP, P. W. Effects of dietary nutrient density on performance and carcass quality of male broilers grown for further processing. **International Poultry Science**, v. 3, p. 1-10, 2004. DOI: 10.3923/ijps.2004.1.10

SANTOS, S. K. A.; CROSARA, F. S. G.; LITZ, F. H.; CARVALHO, C. M. C.; LIMÃO, V. A.; GIRÃO, L.V.C.; DIAS, A. L. N. A.; MORAES, T. A.; SOUZA, L. C. G. M.; FERNANDES, E. A. Crude corn oil with high acidity in broiler feed. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p.809-818, 2018.

SCHONS, P. F.; RIES, E. F.; BATTESTIN, V.; MACEDO, G. A. Effect of enzymatic treatment on tannins and phytate in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its nutritional study in rats. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 6, p. 1253–1258, 2011. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02620.x

SELLE, P. H., MOSS, A. F., TRUONG, H. H., KHODDAMI, A., CADOGAN, D. J., GODWIN, I. D., LIU, S. Y. Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 17–30, 2018. doi:10.1016/j.aninu.2017.08.007

SELLE, P.H. The protein quality of sorghum. **Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.** v. 22, p. 147–160, 2011.

SELLE, P. H., LIU, S.Y., CAI, J.; COWIESON, A.J. Steam-pelleting temperatures, grain variety, feed form and protease supplementation of mediumly-ground, sorghum-based broiler diets: influences on growth performance, relative gizzard weights, nutrient utilization, starch and nitrogen digestibility. **Animal Production Science**, v. 53, p. 378–387, 2013. doi:10.1071/AN12363

SELLE, P. H.; CADOGAN, D. J.; LI, X.; BRYDEN, W.L. Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 156, n. 3-4, p. 57-74, 2010. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.01.004

SELLE, P. H.; TRUONG, H. H.; MCQUADE, L. R.; MOSS, A. F.; LIU, S. Y. Reducing agent and exogenous protease additions, individually and in combination, to wheat- and sorghum-based diets interactively influence parameters of nutrient utilisation and digestive dynamics in broiler chickens. **Anim. Nut.**, v. 2, p. 303-311, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.001>

SERNA-SALDIVAR, S.O., ROONEY, L.W., Structure and chemistry of sorghum and millets. In: Dendy, D.V. (Ed.), *Sorghum and Millets Chemistry and Technology*. AACC, St. Paul, MN, p. 69-124, 1995.

SHEGRO, A., SHARGIE, N., BILJON, A.; LABUSCHAGNE, M. Diversity in starch, protein and mineral composition of sorghum landrace accessions from Ethiopia. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 15, p. 275-280, 2012.

SILVA, J. M. S.; GOUVEIA, A. B. V. S.; SILVA, W. J.; PAULO, L. M.; SANTOS, F. R.; MINAFRA, C. S. Uso de enzimas para aumentar a qualidade nutricional de farinhas de origem animal. **PUBVET**, v. 12, n. 8, p. 1-13, 2018. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n8a156.1-13>

SILVA, M. C. A.; CAROLINO, A. C. X. G.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. A. Sorgo grão inteiro na ração preinicial de pintinhos de corte e os efeitos sobre o desenvolvimento corporal e do tubo gastrointestinal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 10, n. 18; p. 2769-2782, 2014.

SOARES, R. R. A.; VASCONCELOS, C. M.; OLIVEIRA, M. V. de; MINIM, V. P. R.; QUEIROZ, V. A. V.; BARROS, F. Starch digestibility and sensory acceptance of gluten-free foods prepared with tannin sorghum flour. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.01205>.

SOUZA, C. G.; MOURA, A. K. B.; SILVA, J. N. P.; SOARES, K. O.; SILVA, J. V. C.; VASCONCELOS, P. C. Fatores anti-nutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **PUBVET**, v.13, n.5, a327, p.1-19, Mai., 2019.

STRADA, E. S. O.; ABREU, R. D.; GABRIEL OLIVEIRA, G. J. C.; COSTA, M.C.M.M.; CARVALHO, G.J.L.; FRANCA, A.S.F.; CLARTON, L.; AZEVEDO, J.L.M. Uso de Enzimas na Alimentação de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2369-2375, 2005.

SVENSSON, L., SEKWATI-MONANG, B., LUTZ, D. L., SCHIEBER, A.; GÄNZLE, M. G. Phenolic Acids and Flavonoids in Nonfermented and Fermented Red Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 16, p. 9214-9220, 2010. doi:10.1021/jf101504v

TANDOĞAN, M. I.; CICEK, H. I. Technical Performance and Cost Analysis of Broiler Production in Turkey. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 18, n. 1, p. 169-174, 2016. ISSN 1516-635X <http://dx.doi.org/10.1590/18069061-2015-0017>

TAYLOR, J.; BEAN, S. R.; IOERGER, B. P.; TAYLOR, J. R. N. Preferential binding of sorghum tannins with γ -kafirin and the influence of tannin binding on kafirin digestibility and biodegradation. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 46, p. 22-31, 2007.

TAYLOR, J. R. N.; EMMAMBUX, M. N. REVIEW: Developments in Our Understanding of Sorghum Polysaccharides and Their Health Benefits. **Cereal Chemistry Journal**, v. 87, n. 4, p. 263–271, 2010. doi:10.1094/cchem-87-4-0263

TONET, R. M.; SILVA, A. A.; PONTARA, L. P. Alimentos alternativos para aves e suínos em sistemas de produção com base agro ecológica. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, n. 8, p. 628-635, 2016 ISSN: 1982-1263

TORRES-PITARCH, A.; HERMANS, D.; MANZANILLA, E. G.; BINDELLE, J.; EVERAERT, N.; BECKERS, D.; TORRALLARDONA, D.; BRUGGEMAN, G.; GARDINER, G. E.; LAWLOR, P. G. Effect of feed enzymes on digestibility and growth in weaned pigs: A systematic review and meta-analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, p. 145-159, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.024>

TRUONG, H. H.; KHODDAMI, A.; MOSS, A. F.; LIU, S. Y.; SELLE, P. H. The potential of rapid visco-analysis starch pasting profiles to gauge the quality of sorghum as a feed grain for chicken-meat production. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 11–18, 2017. doi:10.1016/j.aninu.2016.11.001

UDACHAN, I. S.; SAHU, A. K.; HEND, F. M. Extraction and characterization of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) starch. **International Food Research Journal**, v. 19, p. 315-319, 2012.

VIEIRA, S.L. Oportunidade para o uso de enzimas em dietas vegetarianas. IV SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2003, Chapecó – SC. **Anais...** Chapecó: 2003. p.91 - 95.

WONG, J.H.; MARX, D.B.; WILSON, J.D.; BUCHANAN, B.B.; LEMAUX, P.G.; PEDERSEN, J.F. Principal componente analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain. **Plant Science**, v. 179, p. 598-611, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.020>.

WU, D.; WU, S.B.; CHOCT, M.; SWICK, R.A. Performance, intestinal microflora, and amino acid digestibility altered by exogenous enzymes in broilers fed wheat- or sorghum-based diets. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 2, p. 740–751, 2017. doi:10.2527/jas.2016.0411

WU, Y., YUAN, L., GUO, X., HOLDING, D. R., & MESSING, J. Mutation in the seed storage protein kafirin creates a high-value food trait in sorghum. **Nature Communications**, v. 4, n. 1, 2013. doi:10.1038/ncomms3217

XIE, F.; PAN, L.; LI, Z.C.; SHI, M.; LIU, L.; LI, Y. K.; CAO, Y. H. Digestibility of energy in four cereal grains fed to barrows at four body weights. **Animal Feed Science and Technology**, v. 232, p. 215–221, 2017. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.09.007

XIONG, Y.; ZHANG, P.; WARNER, R. D.; FANG, Z. Sorghum Grain: From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, p. 2025-2046, 2019. doi:10.1111/1541-4337.12506 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12506>

YUAN, L.; WANG, M.; ZHANG, X.; WANG, Z.; Effects of protease and non-starch polysaccharide enzyme on performance, digestive function, activity and gene expression of endogenous enzyme of broilers. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, p. 1-13, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173941>

ZHANG, G. G.; YANG, Z. B.; WANG, Y.; YANG, W. R.; ZHOU H. J. Effects of dietary supplementation of multi-enzyme on growth performance, nutrient digestibility, small intestinal digestive enzyme activities, and large intestinal selected microbiota in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2063–2069, 2014. doi: 10.2527/jas.2013-6672.

CAPÍTULO II

(Redigido de acordo com as normas do periódico “Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia”)

**DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE
GALINHAS POEDEIRAS ALIMENTADAS COM DIETAS BASE SORGO
GRÃO INTEIRO OU MOÍDO E PROTEASE**

**DIGESTIBILITY, PERFORMANCE AND QUALITY OF EGGS FROM
LAYING HENS FEEDED WITH WHOLE OR GROUND SORGHUM
SORGHUM BASED DIETS AND PROTEASE**

S. K. A. Santos*, F. H. Litz, F. S. G. Crosara, M.V. Borges, B.C.G. Ribeiro, E. A.

Fernandes

Universidade Federal de Uberlândia- Uberlândia, MG

*samela-zootecnia@hotmail.com

Resumo: Avaliou-se a inclusão da exoenzima protease sobre a produção, qualidade, composição de ovos e digestibilidade das dietas de galinhas poedeiras alimentadas com rações base sorgo grão inteiro ou moído. O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 150 galinhas, submetidas à rações base: milho (M), sorgo moído (SM), sorgo inteiro (SI), sorgo moído+protease (SMP) e sorgo inteiro+protease (SIP). Aos 23 dias iniciou-se o teste de digestibilidade e ao final do ciclo de 28 dias determinou-se os parâmetros de produtividade e qualidade externa e interna dos ovos. As galinhas das dietas SMP e SIP apresentaram maiores porcentagens de postura e melhor conversão alimentar por massa de ovos. A unidade Haugh foi melhor nos ovos das galinhas alimentadas com dietas M e SMP. O teor de extrato etéreo na gema foi menor para os ovos das galinhas que receberam ração M, por outro lado a ração SMP proporcionou maior porcentagem de matéria mineral no albúmen, enquanto a ração SIP resultou em uma melhor digestibilidade da proteína bruta. O sorgo com exoenzima protease influencia na utilização dos nutrientes presentes no grão melhorando os parâmetros de produção, qualidade e composição dos ovos e digestibilidade das rações de galinhas poedeiras.

Palavras-chave: Kafirina. Conversão alimentar. Enzima.

Abstract: The inclusion of the exoenzyme protease on the production, quality, egg composition and digestibility of laying hens diets fed with whole grain or ground sorghum diets was evaluated. The design was completely randomized, with five treatments and six replications, totaling 150 chickens, submitted to the basic rations: corn (M), ground sorghum (SM), whole sorghum (SI), ground sorghum+protease (SMP) and whole sorghum+protease (SIP). At 23 days the digestibility test started and at the end of the 28-day cycle the parameters of productivity and external and internal quality of the eggs were determined. The chickens from the SMP and SIP diets showed higher percentages of laying and better feed conversion per egg mass. The Haugh unit was better for eggs from chickens fed M and SMP diets. The content of ether extract in the yolk was lower for the eggs of the hens that received M feed, on the other hand the SMP diet provided a higher percentage of mineral matter in the albumen, while the SIP diet resulted in a better digestibility of crude protein. Sorghum with exoenzyme protease influences the use of nutrients present in the grain, improving egg production, quality and composition parameters and digestibility of laying hens' diets.

Key-words: Kafirin. Feed conversion. Enzyme.

INTRODUÇÃO

O ovo é um alimento completo e de alta qualidade nutricional, apresentando efeitos benéficos na alimentação humana. Com a expansão da demanda de proteínas na nutrição humana busca-se alimentos de alto valor nutricional e baixo custo para atender esse mercado (Preisinger, 2018). Nesse cenário, a avicultura de postura tem muito a contribuir já que tem se adequare às novas tecnologias que possibilitam a melhoria da produção.

Nesse contexto a nutrição das aves constitui o custo mais alto na criação de galinhas poedeiras (Oliveira *et al.*, 2016), representando aproximadamente 70% do custo total de produção (Tandoğan e Çiçek, 2016). Os grãos de cereais, que tem como principal função servir como fonte de energia nos processos metabólicos das aves, são ingredientes importantes, sendo o milho o grão mais utilizado e que participa com aproximadamente 65% da composição das rações (Silva, 2013). O milho apresenta grande variabilidade de preços ao longo do ano, além de ser um grão utilizado em diversos setores industriais.

Uma alternativa ao milho é o grão de sorgo que pode substituí-lo nas dietas para aves por ser um alimento nutricionalmente semelhante ao milho (Santos *et al.*, 2018), e seu preço de oferta no mercado ser inferior ao do milho mesmo em períodos em que o preço do milho é baixo. A utilização do sorgo nas rações para aves, principalmente na forma de grão inteiro concorre para minimizar os custos de produção de ovos.

O sorgo é um alimento ainda pouco utilizado na nutrição animal, em especial nas galinhas de postura em função da ausência de pigmentantes que comprometem a coloração da gema do ovo sem alterar seu valor nutricional. Com um valor de proteína superior ao milho, sua estrutura proteica está composta de mais de 50% de uma proteína denominada kafirina (Truong *et al.*, 2015), rica em aminoácidos sulfurados, que tornam a sua digestibilidade mais lenta, resultando em menor valor de energia metabolizável para as aves.

Espera-se que a adição de uma exoenzima protease nas rações à base de sorgo grão possa favorecer a digestibilidade da proteína, bem como, dos nutrientes presentes nesse grão. Desta forma, objetivou-se avaliar inclusão de exoenzima protease em dietas base sorgo grão inteiro ou moído comparando produção de ovos e digestibilidade da dieta, além da qualidade e composição de ovos de galinhas poedeiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Granja de Experimentação de Aves da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (AVIEX-UFU) em Uberlândia, MG, de dezembro de 2018 a janeiro de 2019. Esta pesquisa foi conduzida de acordo com os padrões éticos e aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais da Universidade Federal de Uberlândia - CEUA-UFU, sob Protocolo de pesquisa número 085/18.

O teste foi desenvolvido num galpão de alvenaria e estrutura metálica, cobertura em telha de fibro-cimento, piso concretado e paredes teladas e uma bateria de gaiolas com capacidade para 300 aves. As gaiolas eram de arame galvanizado medindo 50x45cm equipadas com comedouro linear na região frontal e bebedouros do tipo Nipple na porção superior.

Foi realizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto de 150 galinhas poedeiras, da linhagem Dekalb White, com 97 semanas de idade e com

produção de ovos de cerca de 75%, divididas em cinco tratamentos com seis repetições, com cinco aves por gaiola, constituindo cada gaiola uma unidade experimental, totalizando 30 aves por tratamento. A água foi disponibilizada *ad libitum* e iluminação natural mais artificial de 17 horas contínuas diariamente.

Utilizou-se as seguintes rações experimentais: M – Ração à base de milho moído (Diâmetro Geométrico Médio-DGM= 888 μ m); SM - Ração à base de sorgo grão moído (DGM= 793 μ m); SI - Ração à base de sorgo grão inteiro (DGM= 1568 μ m); SMP - Ração à base de sorgo grão moído com protease (DGM= 819 μ m); SIP - Ração à base de sorgo grão inteiro com protease (DGM= 1845 μ m). As rações foram isoenergéticas e isonutritivas, formuladas através do programa computacional SUPER CRAC[®] com base na idade das poedeiras e nas recomendações nutricionais do Guia de Manejo da linhagem Dekalb White, produzidas com milho ou sorgo livre tanino, farelo de soja, óleo bruto de milho com alta acidez (OBMAA), fosfato bicálcico, calcário, NaCl, premix vitamínico, premix mineral, aditivos comerciais e protease (Tab. 1). Os ingredientes foram submetidos à análise bromatológica no Laboratório de Análise de Matéria Prima e Ração–LAMRA-FAMEV para suporte nas formulações. As rações formuladas com protease levaram em consideração a matriz nutricional da enzima, conforme recomendação do fabricante.

O experimento foi conduzido em um ciclo de produção de 28 dias. As rações foram fornecidas numa razão diária de 110 gramas de ração por ave, sendo dividida em duas porções (50% pela manhã e 50% à tarde). Diariamente registrou-se em fichas de acompanhamento o número e peso de ovos produzidos íntegros, trincados e quebrados e a pesagem dos mesmos em cada unidade experimental (realizada uma vez no final do dia), ainda a quantidade de ração oferecida e o número de aves mortas. Com estas anotações foram calculados os dados de produtividade: percentagem média de produção de ovos (POS), peso médio dos ovos (POP) e conversão alimentar por dúzia (CAD) e por massa de ovos (CAM).

Aos 23 dias de experimento iniciou-se o teste de digestibilidade com coleta total de excretas por cinco dias, realizado em um delineamento inteiramente casualizado composto de cinco tratamentos e quatro repetições, concomitante com o desenrolar do teste foi colocado abaixo das gaiolas, uma bandeja para a coleta das excretas, seguindo a metodologia proposta por Sibbald e Slinger (1961). No momento das coletas diárias das

excretas, no final do dia foram retiradas penas e outros corpos estranhos, em seguida estas foram colocadas em sacos plásticos identificados, pesadas e congeladas.

Tabela 1. Ingredientes, composição percentual e valores nutricionais calculados das rações experimentais

Ingredientes (%)	M ¹	SM ²	SI ³	SMP ⁴	SIP ⁵
Milho Grão 7,8	50,13	-	-	-	-
Sorgo 8,6%	-	47,48	47,48	50,84	50,84
Soja Farelo 46,5%	30,52	31,37	31,37	28,31	28,31
Farelo de Trigo	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Calcário G4	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05
Calcário Filler	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05
Fosfato Bicálcico	1,38	1,37	1,37	1,38	1,38
Bicarbonato Sódio	0,27	0,21	0,21	0,20	0,20
OBMAA ⁶	2,14	3,83	3,83	3,57	3,57
Sal Comum	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25
Px Vit ⁷	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Px Min ⁸	0,05	0,08	0,08	0,05	0,05
Protease ⁹	-	-	-	0,012	0,012
Fitase ¹⁰	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
DL- Metionina	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
L-Lisina	-	-	-	0,06	0,06
Composição Nutricional					
Energia Met. (Kcal/kg)	2700	2700	2700	2700	2700
Proteína Bruta (%)	19,00	19,34	19,34	19,00	19,00
Extrato Etéreo	5,08	6,45	6,45	6,06	6,06
Fibra Bruta (%)	2,65	3,19	3,19	3,16	3,16
Cálcio (%)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Fósforo Disponível (%)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Arginina Dig. (%)	1,18	1,19	1,19	1,14	1,14
Lisina Dig. (%)	0,90	0,91	0,91	0,90	0,90
Metionina Dig. (%)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Met.+ Cist. Dig. (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Treonina Dig. (%)	0,65	0,64	0,64	0,62	0,62
Triptofano Dig. (%)	0,22	0,23	0,23	0,22	0,22

¹Ração base milho. ²Ração base sorgo moído. ³Ração base sorgo inteiro. ⁴Ração base sorgo moído com protease. ⁵Ração base sorgo inteiro com protease. ⁶Óleo bruto de milho com alta acidez. ⁷Premix Vitamínico, níveis de garantia por quilograma do produto: Vitamina A (min) 11.000.000 U.I., Vitamina D3 (min) 4.000.000 U.I., Vitamina E (min) 55.000 U.I., Vitamina K3 (min) 3.000mg, Vitamina B1 (min) 2.300mg, Vitamina B2 (min) 7.000mg, Ácido Pantotênico (min) 12g, Vitamina B6 (min) 4.000mg, Vitamina B12 (min) 25.000mcg, Ácido Nicotínico (min) 60g, Ácido Fólico (min) 2.000mg, Biotina (min) 250mg, Selênio (min) 300mg. ⁸Premix Mineral, níveis de garantia por quilograma do produto: Ferro (min) 100g, Cobre (min) 20g, Manganês (min) 130g, Zinco (min) 130g, Iodo (min) 2000mg. ⁹Ronozyme_ProAct®. ¹⁰Ronozyme Hiphos®

Posteriormente no laboratório as excretas foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, pesadas e em seguida colocadas em estufa de 105°C para determinação da matéria seca a 105°C. Após amostradas determinou-se extrato etéreo, proteína bruta, matéria mineral

seguindo metodologia do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 2009) e energia bruta por meio de bomba calorimétrica IKA-WERKE C2000 basic. As mesmas análises foram realizadas nas rações para posterior cálculo das digestibilidades:

$$\text{Digestibilidade aparente} = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) \times 100}{\text{nutriente ingerido}}$$

Ao final do ciclo de produção foram avaliados os parâmetros de produtividade e coletados 15 ovos por tratamento para realização de análises de parâmetros de qualidade interna e externa. Para essas análises, os ovos foram identificados e pesados individualmente. Determinou-se a gravidade específica (GES) dos ovos, pelo método de imersão em soluções salinas nas concentrações de 1,065; 1,070; 1,075; 1,080; 1,085 e 1,090 g/mL⁻¹ (Hamilton, 1982).

Em seguida os ovos foram quebrados em superfície plana de vidro e medida a altura e o diâmetro da gema e albúmen com auxílio do Paquímetro *Zaas Precision* com escala de 0,01mm. Com esses dados calculou-se o índice de gema (IGE) (altura da gema/diâmetro da gema); índice de albúmen (IA) (altura do albúmen/diâmetro do albúmen). Posteriormente determinou-se o peso do albúmen, gema e casca para cálculos de porcentagem de albúmen (AL) (peso do albúmen/peso do ovo), porcentagem de gema (GE) (peso da gema/peso do ovo) e porcentagem de casca (CAS) (peso da casca/peso do ovo), em relação ao peso do ovo (PO), bem como a superfície de área de casca (SACAS) ($4,67 \times \text{peso do ovo}^{2/3}$) proposto por Muller e Scott (1940). A unidade Haugh (UH) foi calculada pela equação: $UH = 100 \times \log (H + 7,57 - 1,7 \times W^{0,37})$, onde H é altura do albúmen e W o peso do ovo (Silversides *et al.*, 1993).

Para as análises bromatológicas, foram feitos cinco *pools* de três gemas e cinco *pools* de três albúmens, constituindo assim cinco repetições por tratamento. Cada amostra, de gema e albúmen, foi colocada em uma bandeja de alumínio. As bandejas foram colocadas em estufa de ventilação forçada à 55°C, após 72 horas foram retiradas, resfriadas a temperatura ambiente e pesadas para determinação do teor de matéria seca (MS). Posteriormente, foram analisados os teores de matéria seca a 105°C (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) pelo método de Kejdhal e extrato etéreo (EE) através do Extrator Soxhlet, esse último apenas nas gemas, seguindo mesma metodologia utilizada para excretas e ração. Estas variáveis foram expressas na matéria natural.

Foi realizada a análise de custo final das rações utilizadas no experimento. Estas análises avaliaram o custo de produção tendo como referência a ração à base de milho disponibilizado no relatório gerado no programa computacional SUPER CRAC[®], que foi utilizado para formular as rações, os preços encontrados foram convertidos em dólar americano (cotação de 14/12/2018) (\$/kg de ração). Em seguida, os preços das rações dos tratamentos SIP e SI foram recalculados, deduzindo 3% do custo do processo de moagem.

Com exceção dos dados econômicos, os demais dados foram verificados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Tratando-se de dados normais, estes foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias dos comparadas ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey, por meio do programa estatístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do ciclo de 28 dias de experimento não houve diferenças entre os tratamentos para o peso médio do ovo na produção (POP) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD) (Tab. 2), demonstrando assim que a completa substituição do milho nas rações a base de sorgo grão inteiro ou moído, bem como a inclusão da protease nas rações com o grão inteiro ou moído tiveram resultados semelhantes.

Tabela 2. Peso médio do ovo na produção (POP), porcentagem de postura (POS), conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD) e conversão alimentar por massa de ovos (CAM) de galinhas poedeiras alimentadas com rações base milho ou sorgo com e sem protease

TMT ¹	POP (g)	POS (%)	CAD	CAM
M ²	67,31	73,04ab	1,81	2,47abc
SM ³	67,91	75,95ab	1,75	2,57bc
SI ⁴	67,19	71,72b	1,82	2,64c
SMP ⁵	67,42	78,10a	1,72	2,21a
SIP ⁶	67,46	78,57a	1,70	2,36ab
CV%	2,58	9,99	10,16	3,91
P-valor	0,81	<0,01	0,10	<0,01

¹TMT: Tratamento. ²Ração base milho. ³Ração base sorgo moído. ⁴Ração base sorgo inteiro. ⁵Ração base sorgo moído com protease. ⁶Ração base sorgo inteiro com protease. Médias seguidas de letras distintas na coluna difere-se entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável percentagem de postura (POS) vê-se que o tratamento com sorgo inteiro (SI) teve um desempenho inferior ao sorgo inteiro e moído com protease, muito embora este resultado inferior tenha sido foi semelhante aos tratamentos à base de milho (M) e a base de sorgo moído (SM). Para a conversão alimentar por massa de ovos (CAM), observa-se um comportamento semelhante à taxa de postura, em que aves do tratamento SI apresentaram pior taxa de conversão comparada aos tratamentos com inclusão da enzima protease. Entretanto, este resultado é mais uma vez semelhante às rações base milho e sorgo moído. Estes resultados permitem sustentar a hipótese de que a protease melhora a digestibilidade da proteína do grão de sorgo, aumentando assim a digestibilidade de outros nutrientes presentes no seu endosperma.

No geral, as proteínas dos cereais são classificadas em albuminas, globulinas, gluteínas e prolaminas, sendo esta última a predominante no grão de sorgo e que desempenha a função de armazenamento. As prolaminas que prevalecem no sorgo é a kafirina que é dividida de acordo com o conteúdo predominante em α -kafirina, β -kafirina e γ -kafirina (Bean *et al.*, 2016), as características hidrofóbicas dessas proteínas, decorrentes dos aminoácidos sulfurados, principalmente a cisteína, tornam a proteína mais densa (Selle *et al.*, 2016) caracterizando uma baixa solubilidade em água o que dificulta a sua digestibilidade. Como a porcentagem de produção de ovos e a conversão alimentar por massa de ovos foram significativamente piores (SI) em relação aos demais tratamentos, permite aventar a hipótese de que a kafirina que envolve os grânulos de amido sofreu uma menor atividade de hidrólise em função do tamanho do tubo gástrico intestinal da ave. O que pode ser reafirmado quando da inclusão da exoenzima, haja vista, que as dietas com sorgo inteiro e moído mais protease demonstraram um resultado superior tanto para percentagem de postura como para conversão alimentar por massa de ovos.

Por outro lado, há que ressaltar que o uso de uma protease favorece ainda mais o uso do sorgo grão inteiro, onde a ração torna-se mais econômica devido a supressão do processo de moagem, que representa cerca de 25% a 30% dos custos total de produção (Dozier *et al.*, 2002).

Em frangos de corte, Erdaw *et al.* (2017) também verificaram melhor desempenho quando as dietas das aves foram suplementadas com enzima protease em

ração a base de farelo de soja e soja integral por causa do acréscimo na absorção dos nutrientes. A suplementação com protease em rações para suínos também melhorou os parâmetros de desempenho nesses animais, reduzindo ainda a emissão de amônia (Lei *et al.*, 2017).

Trabalhos comparando dietas base milho e base sorgo grão inteiro e moído em frangos de corte mostraram que sorgo grão inteiro em rações de pintinhos aos sete dias de idade proporciona maior peso vivo em relação a rações de milho e sorgo moído (Silva *et al.*, 2014) e o desempenho zootécnico aos 42 dias de idade é semelhante entre sorgo grão moído e sorgo grão inteiro (Carvalho *et al.*, 2015), demonstrando que o sorgo grão inteiro substituindo integralmente o milho da ração é zootecnicamente viável (Litz *et al.*, 2020). Ressalta, entretanto, nestes trabalhos que os pintinhos já recebiam as rações a base sorgo grão inteiro desde o primeiro dia de vida.

Houve diferenças na variável unidade Haugh (UH) (Tab. 3), embora ovos acima de 72 UH sejam considerados de excelente qualidade, de acordo com o padrão americano de qualidade (USDA, 2000). Os outros parâmetros de qualidade de ovos mantiveram-se constantes nas rações base sorgo moído ou inteiro com ou sem a inclusão de protease quando comparados à ração base milho. Adrizal *et al.* (2011), ao estudarem dietas base milho, farelo de soja e torta de dendê, com e sem a suplementação de protease e fitase, na alimentação de galinhas poedeiras com 48 semanas de idade, concluíram que a UH foi melhor nos ovos das aves que receberam dietas com protease, corroborando com o resultado observado na ração SMP deste estudo. Assuena *et al.* (2008) substituindo milho por sorgo em rações de poedeiras comerciais, não encontraram diferenças na UH entre os tratamentos 100% base milho com 100% base sorgo grão, diferindo do presente estudo.

Suckeveris *et al.* (2015), ao estudarem o efeito de dietas com redução de proteína e metionina+cistina com e sem a adição de protease sobre os parâmetros de qualidade interna de ovos de galinhas poedeiras, em três idades: 32, 44 e 58 semanas, não observaram diferenças entre os parâmetros de PO, AL, GE, IAL e UH. Também Kubiś *et al.* (2019), concluíram que a adição de complexo enzimático composto por protease e fitase em dietas para galinhas poedeiras não afetaram o desempenho e qualidade interna dos ovos, ambos corroborando com o presente estudo.

Ressalta-se que as rações tratamento deste estudo foram isoenergéticas e isonutrientes, tendo a exoenzima participado da formulação como matriz nutricional, e desta forma era de se esperar resultados semelhantes para os parâmetros de qualidade dos ovos.

Tabela 3. Parâmetros de qualidade de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com rações base milho ou sorgo, com e sem inclusão de protease

TMT ¹	PO ² (g)	GES ³ (g/mL)	UH ⁴	Gema		Albúmen		Casca	
				GE ⁵ (%)	IGE ⁶	AL ⁷ (%)	IAL ⁸	CAS ⁹ (%)	SACAS ¹⁰
M ¹¹	67,98	1,076	85,56a	25,64	0,40	59,91	0,10	10,67	76,59
SM ¹²	68,48	1,077	79,13b	25,87	0,41	60,79	0,10	10,40	76,95
SI ¹³	69,08	1,076	78,86b	26,65	0,41	59,56	0,10	10,52	77,42
SMP ¹⁴	65,32	1,075	85,28a	26,71	0,40	60,64	0,12	10,35	74,58
SIP ¹⁵	68,13	1,075	79,38b	27,01	0,40	59,72	0,11	10,64	76,70
CV%	6,19	0,48	5,95	8,61	6,19	3,98	0,82	6,95	4,13
P-valor	0,14	0,61	<0,01	0,41	0,23	0,52	0,22	0,70	0,14

¹Tratamento. ²Peso do ovo. ³Gravidade Específica. ⁴Unidade Haught. ⁵Gema. ⁶Índice de Gema. ⁷Albúmen. ⁸Índice de Albúmen. ⁹Casca. ¹⁰Superfície de Área de Casca. ¹¹Ração base milho. ¹²Ração base sorgo moído. ¹³Ração base sorgo. ¹⁴Ração base sorgo moído inteiro com protease. ¹⁵Ração base sorgo inteiro com protease. Médias seguidas de letras distintas na coluna difere-se entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

A utilização de sorgo nas rações independente da granulometria, assim como a inclusão de protease concorreram para uma mesma composição bromatológica dos ovos em relação à proteína bruta (PB), tanto da gema quanto do albúmen e a matéria mineral (MM) da gema (Tab. 4).

Tabela 4. Composição bromatológica de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com rações à base de milho ou sorgo com e sem protease

TMT ^a	Gema			Albúmen	
	PB (%) ¹	EE (%) ²	MM (%) ³	PB (%)	MM (%)
M ⁴	31,29	35,56 b	3,86	71,58	6,51 a
SM ⁵	31,40	38,92 ab	3,73	71,07	6,55 a
SI ⁶	31,74	40,69 a	3,87	71,40	6,67 a
SMP ⁷	31,39	38,77 ab	3,69	73,87	6,93 b
SIP ⁸	32,06	40,79 a	3,73	70,98	6,60 a
CV%	1,59	5,65	5,33	2,04	2,89
P-valor	0,13	<0,01	0,49	<0,01	<0,01

^aTratamento. ¹Proteína Bruta. ²Extrato Etéreo. ³Matéria Mineral. ⁴Ração base milho. ⁵Ração base sorgo moído. ⁶Ração base sorgo inteiro. ⁷Ração base sorgo moído com protease. ⁸Ração base sorgo inteiro com protease. Médias seguidas de letras distintas na coluna difere-se entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

As percentagens de extrato etéreo (EE) foram superiores nas gemas de ovos de galinhas que receberam dietas à base de sorgo grão (SM, SI, SMP e SIP) quando comparados com as de base milho. As rações base sorgo tiveram uma participação de óleo bruto de milho com alta acidez (OBMAA) cerca de 3,57% a 3,83% enquanto a ração base milho teve uma participação de 2,14%, o que corresponde a 1,43 e 1,69 pontos percentuais a mais de óleo nas rações, o que pode explicar este aumento de extrato etéreo nas gemas. Em relação ao conteúdo de matéria mineral (MM) do albúmen (Tab. 4), o tratamento SMP teve maior percentagem em relação aos outros tratamentos.

A energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) foram iguais entre as rações testadas (Tab. 5), confirmando assim que as rações formuladas eram isoenergéticas.

Tabela 5. Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), digestibilidade do alimento (DA), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e digestibilidade do extrato etéreo (DEE) de galinhas poedeiras alimentadas com dietas base milho ou sorgo inteiro ou moído com ou sem adição de protease

TMT ¹	EMA (kcal/kg)	EMAn (kcal/kg)	DA (%)	DPB (%)	DEE (%)
M ²	2874	2742	76,31	92,99 b	98,47
SM ³	2795	2693	75,77	90,62 c	98,49
SI ⁴	2753	2644	77,88	91,97 bc	98,63
SMP ⁵	2907	2767	78,69	92,55 b	98,53
SIP ⁶	2904	2721	78,71	96,92 a	98,62
CV%	3,86	3,77	3,79	0,78	0,20
P-valor	0,23	0,51	0,69	<0,01	0,69

¹TMT: Tratamento. ²Ração base milho. ³Ração base sorgo moído. ⁴Ração base sorgo inteiro. ⁵Ração base sorgo moído com protease. ⁶Ração base sorgo inteiro com protease. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

A variável digestibilidade da proteína bruta (DPB) (Tab. 5) mostrou que o melhor coeficiente coube ao tratamento do grão inteiro formulado com a protease (SIP), enquanto o sorgo moído e protease (SMP) e o sorgo inteiro (SI) foram semelhantes ao coeficiente de digestibilidade do milho (M). O desempenho digestivo proteico da dieta a base de sorgo moído (SM) mostrou-se inferior à dieta base milho (M). Se comparar SMP e SM fica demonstrado que a inclusão da enzima teve efetividade justificando a

hipótese de que a proteína kafirina presente neste grão compromete a digestibilidade da proteína e do amido. Por outro lado, ao analisar os resultados de SIP encontrou-se duas linhas de análise. A primeira que o aumento do Diâmetro Geométrico Médio (DGM) da ração, em razão do grão inteiro, tem um efeito significativo sobre o processo de digestibilidade, possivelmente devido a uma residência maior do grão na moela favorecendo maior secreção de HCl e pepsinogênio pelo proventrículo. E em segundo, que a presença da exoenzima associada às enzimas proteolíticas da ave concorre para um incremento na taxa de atividade enzimática presente no intestino delgado.

O resultado da digestibilidade da proteína bruta (DPB) para a ração SIP foi confirmado por Litz *et al.*, (2020) que demonstraram que aos sete e 40 dias de idade, frangos de corte alimentados com sorgo grão inteiro, possuíam peso absoluto (g) e o peso relativo (%) da moela significativamente maior que os alimentados com grãos de milho e de sorgo moído. Fernandes *et al.* (2013) observaram que, além da moela, ocorre um aumento de peso no intestino delgado, demonstrando assim uma adaptação do tubo gastrintestinal da ave, influenciando na digestibilidade do alimento. Observou-se na ração SIP que a digestibilidade da proteína foi significativamente maior que os demais tratamentos, possivelmente porque no sorgo grão inteiro, a adição da protease proporcionou uma melhor digestibilidade da proteína bruta, incluindo a kafirina. Ainda mais que a ração (SI) com sorgo grão inteiro sem adição da protease com resultado inferior, diferiu daqueles realizados em frangos de corte aonde a ração com grão inteiro fora oferecida desde o alojamento, quando a ave está em franco desenvolvimento corporal (Tab. 2).

Tanto a granulometria do sorgo quanto a suplementação de protease não influenciaram na digestibilidade do extrato etéreo (DEE) (Tab. 5). Porém, a utilização de sorgo se mostrou viável quanto à deposição de lipídeos nos ovos (Tab. 4), demonstrando o potencial de utilização desse alimento nas rações para galinhas poedeiras.

Iqbal *et al.* (2018) ao estudarem o efeito de um complexo enzimático composto pela mesma protease com rações à base de trigo em dietas para galinhas poedeiras, observaram que o complexo enzimático foi capaz de aumentar a digestibilidade ileal dos nutrientes, corroborando com os resultados do presente trabalho em relação aos efeitos positivos em relação a utilização de exoenzimas nas dietas.

A ração que apresentou menor custo foi a ração à base de sorgo grão inteiro com a adição de protease (SIP), ressaltando que nos cálculos de custo total considerou o custo de participação da enzima, então os resultados encontrados foram muito expressivos se comparar o custo final de uma produção (Tab. 6).

Tabela 6. Custo total por kg das rações experimentais

Ingredientes	M ¹	SM ²	SF ³	SMP ⁴	SIP ⁵
Custo Total (R\$/Kg)	0,820	0,780	0,757	0,756	0,733
Custo Total (\$/Kg)*	0,209	0,199	0,194	0,194	0,187

¹Ração base milho. ²Ração base sorgo moído. ³Ração base sorgo inteiro. ⁴Ração base sorgo moído com protease.

⁵Ração base sorgo inteiro com protease. Cotação do dólar no dia 14/12/2018, R\$ 4,17.

O custo final da ração SIP complementa a hipótese de que a associação sorgo grão inteiro e exoenzima protease pode ser praticado na indústria, sugerindo que seja necessário uma modificação nas práticas nutricionais convencionais adotadas na avicultura de postura sem comprometer o desempenho produtivo, já que, o milho é um alimento de maior preço e é utilizado em diversos seguimentos do mercado.

CONCLUSÃO

A utilização da exoenzima protease em rações à base de sorgo grão na alimentação de galinhas poedeiras melhora o aproveitamento dos nutrientes presentes no grão influenciando positivamente na produção e qualidade dos ovos e digestibilidade da ração.

AGRADECIMENTOS

À empresa DSM, pela doação dos premix e das enzimas utilizadas e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ADRIZAL, A.; YUSRIZAL, Y.; FAKHRI, S. et al. Feeding native laying hens diets containing palm kernel meal with or without enzyme supplementations: 1. Feed conversion ratio and egg production. *Journal Appl. Poultry Research*, v.20, p.40–49, 2011.
- ASSUENA, V.; FILARDI, R.S.; JUNQUEIRA, O.M. et al. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de

- atendimento das exigências em aminoácidos. *Ciênc. Anim. Bras.*, Jaboticabal, v.9, n.1, p.93-99, 2008.
- BEAN, S.R.; WILSON, J.D.; MOREAU, R.A. et al. 2016. Structure and Composition of the Sorghum Grain. In: I. Ciampitti, V. Prasad, editors, *Sorghum: State of the Art and Future Perspectives*, Agron. Monogr. 58. ASA and CSSA, Madison, WI.
- CARVALHO, L.S.S.; FAGUNDES, N.S.; LITZ, F.H. et al. Sorgo grão inteiro ou moído em 299 substituição ao milho em rações de frangos de corte. *Encic. Biosf.*, v.11, n.21, p.1757-1765, 300 2015.
- Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Guia de Métodos Analíticos. 2009, 383p.
- DOZIER, W. A.; BEHNKE, K.; KIDD, M.T.; BRANTON, S.L. Reducing utility cost in the feed mill. *Watt Poultry USA*, v.53, p.40–44, 2002.
- ERDAW, M.M.; PEREZ-MALDONADO, R.A.; BHUIYAN, M.; IJI P. A. Partial replacement of commercial soybean meal with raw, full-fat soybean meal supplemented with varying levels of protease in diets of broiler chickens outh. *S. Afr. J. Anim. Sc.*, v.47, n.1, 2017.
- FERNANDES, E.A.; PEREIRA, W.J.S.; HACKENHAAR, L. et al. The use of whole grain sorghum in broiler feeds. *Brazi J. of Poultry Scienc.*, v.15, n.3, p.217-222, 2013.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poult. Sci.*, v.61, n.6, p.2022-2039, 1982.
- IQBAL, Z.; METZGER, F.; SINGH, M. et al. Enzymes and/or combination of organic acid and essential oils supplementation in pasture-fed free-range laying hens increased the digestibility of nutrients and non-starch polysaccharides. *Poult. Sci.*, v.0, p.1–15, 2018.
- KUBIŚ, M.; LEWKO, L.; KACZMAREK, S.A. et al. Effect of enzyme and protein source on laying hens performance, eggshell and bone traits. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. v.31, n.5, p.353-360, 2019.
- LEI, XJ, CHEONG, JY, PARK, JH, KIM, IH. Supplementation of protease, alone and in combination with fructooligosaccharide to low protein diet for finishing pigs. *Anim. Sci. J.*, v.88, n.12, p.1987–1993, 2017.
- LITZ, F.H.; FERNANDES, E.A.; ANTUNES, R.C. et al. Parâmetros zootécnicos e desenvolvimento da moela de frangos de corte em dietas de sorgo grão e a inclusão de carotenoides. *Arq. Bras. Med.Vet. e Zoot.*, v.72, n.2, p.607-614, 2020.
- MULLER, M; SCOTT, HM The porosity of the eggshell in relation to humidity. *Poult. Sci.*, v.19, p.163-166, 1940.

- OLIVEIRA, V.R.M.; ARRUDA, A.M.V.; SILVA, L.N.S. et al. Sunflower meal as a nutritional and economically viable substitute for soybean meal in diets for free-range laying hens. *Anim. Fe. Sci. Tec.*, v.220, p.103–108, 2016.
- PREISINGERA, R. Innovative layer genetics to handle global challenges in egg production. *Brit. Poult. Sci.*, v.59, n.1, p.1–6, 2018.
- SANTOS, S.K.A.; CROSARA, F. S. G.; LITZ, F. H. et al. Crude corn oil with high acidity in broiler feed. *Semina: Ciências Agrárias*, v.39, n.2, p.809-818, 2018.
- SELLE, P.H.; TRUONG, H.H.; MCQUADE, L.R. et al. Reducing agent and exogenous protease additions, individually and in combination, to wheat- and sorghum-based diets interactively influence parameters of nutrient utilisation and digestive dynamics in broiler chickens. *Anim. Nut.*, v.2, p.303-311, 2016.
- SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. Measuring available energy in poultry feeds. *Feedstuffs*, v.33, n.33, p.18-24, 1961.
- SILVA, M.C.A.; CAROLINO, A.C.X.G.; LITZ, F.H. et al. Sorgo grão inteiro na ração pré-inicial de pintinhos de corte e os efeitos sobre o desenvolvimento corporal e do tubo gastrintestinal. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, v.10, n.18, p.2769-2782, 2014.
- SILVA, S. *Matérias-primas para produção de ração: perguntas e respostas*. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 2013. 249p.
- SILVERSIDES, F.G.; TWIZEYIMANA, F.; VILLENEUVE, P. A study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poultry Science Journal*, v.72, n.4, p.760-764, 1993.
- SUCKEVERIS, D.; MUÑOZ, J.A.; DEMUNER, L.F. et al. Internal quality of laying hen eggs fed on protease at different storage and stocking conditions. *Act. Scient. Anim. Sc.*, Maringá, v.37, n.4, p.373-379, 2015.
- TANDOĞAN, M.I.; CICEK, H.I. Technical Performance and Cost Analysis of Broiler Production in Turkey. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* v.18, n.1, 2016.
- TRUONG, H.H.; NEILSON, K.A.; MCINERNEY, B.V. et al. Performance of broiler chickens offered nutritionally-equivalent diets based on two red grain sorghums with quantified kafirin concentrations as intact pellets or re-ground mash following steam-pelleting at 65 or 97°C conditioning temperatures. *Anim. Nut.*, v.1, p.220–228, 2015.
- USDA - United States Department of Agriculture. Egg - Grading Manual. Agricultural Handbook Number 75. 2000. Washington, D.C, Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT11094176/PDF>>. Acessado em: 21 jun. 2019.

CAPÍTULO III

(Redigido de acordo com as normas do periódico “CIÊNCIA RURAL”)

Protease em dietas base sorgo grão inteiro ou moído para frangos de corte

Protease in whole grain or ground sorghum diets for broilers

Sâmela Keila Almeida dos Santos^{1*}, Keila Faria Ferreira², Flávia de Sousa Gomes Crosara¹,
Fernanda Heloísa Litz³, Bárbara Carolina Gomes Riberiro⁴, Leandro Santana Soares da
Silva⁵, João Paulo Rodrigues Bueno⁶, Evandro de Abreu Fernandes⁷

Resumo: Objetivou-se avaliar a inclusão da exoenzima protease em dietas para frangos de corte à base de sorgo grão moído e inteiro sobre o desempenho, digestibilidade e valor energético das rações. Na análise de desempenho utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos com 10 repetições, cada boxe com 20 aves (machos e fêmeas), totalizando 800 aves da linhagem Cobb Slow. Os tratamentos foram ração base: sorgo grão moído (SM), sorgo grão inteiro (SI), sorgo grão moído com protease (SMP) e sorgo grão inteiro com protease (SIP). Aos 23 dias de idade iniciou-se o ensaio de digestibilidade, em gaiolas, envolvendo quatro tratamentos (SM, SI, SMP e SIP) com seis repetições, duas aves por gaiola, totalizando 48 aves. O teste realizado de coleta total de excretas, com duração de cinco dias e três dias de adaptação à gaiola de digestibilidade, determinou em laboratório os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e digestibilidade do extrato etéreo (DEE) das dietas. Aos 28 e 42 dias de idade foram determinados o consumo de ração (CR), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA). Não houve diferença no CR aos 28 dias de idade e a melhor CA foi observada nas aves que se alimentaram com ração SIP. Os tratamentos SM, SMP e SIP apresentaram animais mais pesados aos 28 dias do que as aves alimentadas com ração SI. Aos 42 dias de idade não houve diferença no desempenho das aves em nenhum dos tratamentos. Não houve diferenças para as variáveis EMA, EMAn e DEE, mas a maior DPB foi proporcionada pela ração SMP. O sorgo grão moído e inteiro com protease influencia no desempenho zootécnico de frangos de corte proporcionando melhora na digestibilidade da proteína bruta da ração.

Palavras-chave: kafirina, cisteína, conversão alimentar, energia, prolamina.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the inclusion of exoenzyme protease in diets for broilers based on ground whole grain sorghum on performance, digestibility and

metabolizable energy. The performance analysis used a completely randomized design, composed of four treatments with 10 repetitions, each box with 20 birds (males and females), totaling 800 birds of the Cobb Slow strain. The treatments were basic ration: ground grain sorghum (SM), whole grain sorghum (SI), ground grain sorghum with protease (SMP) and whole grain sorghum with protease (SIP). At 23 days of age, the digestibility test was started, in cages, involving four treatments (SM, SI, SMP and SIP) with six replications, two birds per cage, totaling 48 birds. The test of total excreta collection, lasting five days and three days of adaptation to the digestibility cage, determined in the laboratory the values of apparent metabolizable energy (EMA), apparent metabolizable energy corrected by the nitrogen balance (EMAn), digestibility of crude protein (DPB) and digestibility of ether extract (DEE) of diets. At 28 and 42 days of age, feed intake (CR), live weight (PV) and feed conversion (AC) were determined. There was no difference in CR at 28 days of age and the best CA was observed in birds that fed SIP feed. The SM, SMP and SIP treatments presented heavier animals at 28 days than the birds fed SI feed. At 42 days of age, there was no difference in the performance of the birds in any of the treatments. There were no differences for the variables EMA, EMAn and DEE, but the highest BPD was provided by the SMP diet. The ground and whole grain sorghum with protease influences the zootechnical performance of broilers, providing improvement in the digestibility of crude protein of the feed.

Key-words: kafirin, cysteine, feed conversion, energy, prolamine.

INTRODUÇÃO

As enzimas são aditivos importantes utilizados nas rações avícolas e há muito tempo pesquisa-se seus efeitos no processo digestivo dos animais. A suplementação das rações com enzimas favorece a digestibilidade dos nutrientes, reduz ou elimina fatores anti-nutricionais reduzindo o desperdício, maximizando os resultados zootécnicos e econômicos.

Enzimas são definidas como proteínas funcionais que agem estimulando ou acelerando as taxas de reações químicas específicas no animal (MORAIS & LIMA, 2020). Na produção animal, as enzimas desempenham funções nutricionais, econômicas, de saúde e meio ambiente (ALAGAWANY et al., 2018). Na avicultura, as enzimas exógenas têm papel

importante na utilização de ingredientes alternativos aos usualmente utilizados na nutrição animal como o milho e o farelo de soja, que são alimentos demandados nos mais variados segmentos da indústria e econômicos. Em razão da sazonalidade e da condição de *comodities*, o milho e a soja têm comportamentos de preços muitas vezes altos comprometendo os resultados da produção de frangos, dando assim a oportunidade do uso do sorgo na alimentação. Nesse cenário da indústria avícola, os custos com alimentação no setor chegam a aproximadamente 75% dos custos totais de produção (KAWU et al., 2019).

Nesse contexto, o sorgo como um alimento energético, rico em amido e muito semelhante ao milho grão pode substituí-lo nas rações para aves (LITZ et al., 2020). Semelhante ao milho, no endosperma do grão de sorgo encontram-se os grânulos de amidos envoltos por uma malha composta por um grupo de proteínas denominadas kafirina (54,7%), além de glutelina (30,8%), albumina (7,5%) e globulina (7,0%) (VIRUPAKSHA; SASTRY, 1968; ALI et al., 2009). Comparativamente ao milho, o coeficiente de digestibilidade da proteína do sorgo no tubo gástrico entérico da ave é normalmente dificultado pela presença da kafirina. Como aproximadamente 80% do endosperma é recoberto por proteína (BRYDEN et al., 2009), o acesso ao amido é dificultado pela característica hidrofóbica da kafirina, rica em pontes de enxofre (BEAN et al., 2016).

Tendo em vista esses aspectos do sorgo, a utilização de proteases pode contribuir com a digestibilidade dos nutrientes do grão, com consequente melhora no desempenho dos frangos de corte e diminuição dos custos de produção. Aliado à essa suplementação, há a estratégia de uso do grão inteiro nas rações de frangos de corte (FERNANDES et al., 2013; SILVA et al., 2014; LITZ et al., 2020) desde o alojamento até o abate com produtividades econômica e zootécnica viáveis. Desta forma, objetivou-se avaliar a adição de protease em rações base sorgo grão inteiro ou moído para frangos de corte, sobre o desempenho, digestibilidade e valor energético das rações.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de acordo com os padrões éticos e aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais da Universidade Federal de Uberlândia - CEUA-UFU (074/18), sendo conduzido na Granja de Experimentação de aves da UFU (AVIEX-UFU), de abril à maio de 2019. As aves foram alojadas num galpão convencional, telado com cortinas de plástico aviário, uma campânula a gás para cada quatro boxes, ventiladores e aspersores, contendo 40 boxes ($1,10 \times 1,30 \text{ m}^2$) equipados com um bebedouro infantil tipo copo de pressão para a fase inicial e um bebedouro pendular e comedouro tubular de 25kg (piso forrado com serragem de madeira).

Num delineamento experimental inteiramente casualizado, foram alojadas 800 aves machos e fêmeas (50:50) da linhagem Cobb Slow, com um dia de idade e criados até 42º dia, divididos em quatro tratamentos com dez repetições cada, contendo cada boxe um total de 20 aves (densidade 14 aves/m^2), totalizando 200 aves por tratamento. Os tratamentos foram assim distribuídos: ração à base de sorgo grão moído (SM) (Diâmetro geométrico médio - DGM= $817\mu\text{m}$), ração à base de sorgo inteiro (SI) (DGM= $1813 \mu\text{m}$), ração à base de sorgo moído com protease (SMP) (DGM= $798\mu\text{m}$) e ração a base de sorgo inteiro com protease (SIP) (DGM= $1879 \mu\text{m}$). O programa alimentar constou de quatro fases: ração pré-inicial (1-7 dias), inicial (8-14 dias), crescimento (15-35 dias) e ração abate (36-42 dias) (Tab. 1). As aves receberam ração e água potável *ad libitum*. As rações foram formuladas à base de sorgo livre tanino, farelo de soja, sendo estas isoenergéticas e isonutrientes, com níveis nutricionais propostos por DSM Nutritional Products Ltda com inclusão de Ronozyme_ProAct®, como matriz nutricional nos tratamentos com a inclusão de enzima.

As práticas de manejo e programa de luz, em todas as fases de criação, seguiram o modelo praticado na granja experimental que se assemelham à avicultura industrial da região.

O programa de luz natural/artificial constou de duas horas de escuro nas duas primeiras semanas, quatro horas de escuro na terceira semana, uma hora de escuro até a sexta semana.

Tabela 1 - Ingredientes, composição percentual e valores nutricionais calculados das rações a base de sorgo moído ou inteiro (SM e SI) e com protease (SMP e SIP) para frangos de corte nas fases pré-inicial (1-7 dias), inicial (8-14 dias), crescimento (15-35 dias) e abate (36-42 dias)

Ingredientes	SM ¹ e SI ² (%)				SMP ⁴ e SIP ⁵ (%)			
	Pré-Inicial	Inicial	Cresc. ³	Abate	Pré-Inicial	Inicial	Cresc.	Abate
Sorgo 8,5	55,53	57,12	61,87	63,69	56,89	59,30	63,22	65,05
Farelo Soja 46,5	37,90	35,70	30,50	28,20	36,70	33,70	29,30	27,00
Óleo Soja	2,90	4,00	4,90	5,70	2,80	3,80	4,80	5,60
Calcário 38	0,96	0,94	0,78	0,74	0,96	0,95	0,79	0,74
Fosfato Bicálcico	1,17	0,86	0,68	0,53	1,18	0,88	0,69	0,54
Sal Comum	0,51	0,48	0,43	0,41	0,51	0,48	0,43	0,41
Protease ⁶	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02
Fitase ⁷	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
DL-Metionina	0,38	0,35	0,30	0,27	0,35	0,33	0,27	0,23
L-Lisina HCl 99	0,29	0,23	0,24	0,21	0,27	0,24	0,22	0,19
L-Treonina 98,5	0,11	0,08	0,08	0,06	0,08	0,054	0,04	0,03
Premix Min. ⁸	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix Vit. ⁹	0,13	0,13	0,10	0,07	0,13	0,13	0,10	0,07
Cloreto Colina 60	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Nutrientes calculados (%)								
Energia Met.(Kcal/kg)	2959	3048	3151	3220	2961	3050	3153	3222
Proteína Bruta	22,68	21,69	19,66	18,68	22,84	21,59	19,81	18,84
Cálcio	0,97	0,88	0,76	0,69	0,96	0,88	0,76	0,69
Fósforo Fítico	0,18	0,18	0,16	0,15	0,17	0,16	0,15	0,14
Fósforo disponível	0,48	0,42	0,38	0,35	0,48	0,42	0,38	0,35
Sódio	0,22	0,21	0,19	0,18	0,22	0,20	0,18	0,18
Cloro	0,36	0,34	0,31	0,29	0,35	0,33	0,30	0,29
Lisina Dig.	1,29	1,19	1,08	0,99	1,29	1,19	1,08	0,99
Metionina Dig.	0,66	0,62	0,55	0,51	0,64	0,61	0,53	0,48
Met+Cis Dig.	0,96	0,91	0,82	0,76	0,96	0,92	0,81	0,75
Treonina Dig.	0,84	0,78	0,71	0,67	0,84	0,77	0,71	0,67
Triptofano Dig.	0,25	0,24	0,22	0,21	0,25	0,23	0,21	0,20
Arginina Dig.	1,36	1,29	1,15	1,08	1,35	1,27	1,14	1,07

¹Ração base sorgo moído. ²Ração base sorgo inteiro. ³Crescimento. ⁴Ração base sorgo moído com protease. ⁵Ração base sorgo inteiro com protease. ⁶Ronozyme_ProAct®. ⁷Ronozyme Hipfos®. ⁸Premix Mineral, níveis de garantia por quilograma do produto: Ferro (min) 100g, Cobre (min) 20g, Manganês (min) 130g, Zinco (min) 130g, Iodo (min) 2000mg. Matriz Nutricional ⁹Premix Vitaminico, níveis de garantia por quilograma do produto: Vitamina A (min) 11.000.000 U.I., Vitamina D3 (min) 4.000.000 U.I., Vitamina E (min) 55.000 U.I., Vitamina K3 (min) 3.000mg, Vitamina B1 (min) 2.300mg, Vitamina B2 (min) 7.000mg, Ácido Pantotênico (min) 12g, Vitamina B6 (min) 4.000mg, Vitamina B12 (min) 25.000mcg, Ácido Nicotínico (min) 60g, Ácido Fólico (min) 2.000mg, Biotina (min) 250mg, Selênio (min) 300mg.

Aos 28 e 42 dias de idade realizou-se a pesagem de todas as aves dentro de cada tratamento avaliando o consumo de ração e a mortalidade que foi acompanhada do peso de cada ave morta. Calculou-se o peso vivo (PV), consumo de ração (CR), conversão alimentar e mortalidade.

Aos 21 dias de idade, com a transição para a ração de crescimento foi iniciado um teste para cálculo de digestibilidade e energia metabolizável das rações baseado no método de coleta total de excretas (SIBBALD; SLINGER, 1961). Num delineamento inteiramente casualizado, com aves com peso médio dentro de cada tratamento alojadas duas a duas em gaiolas de teste metabólico, perfazendo quatro tratamentos (SM, SI, SMP e SIP) e seis repetições por tratamento. Após três dias de adaptação às gaiolas e a dieta, iniciou-se a coleta de excretas por cinco dias consecutivos.

Pesou-se uma quantidade fixa de ração no início do teste e ao final determinou-se o consumo total de ração. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia e conservadas em freezer. Ao final do teste as excretas foram descongeladas e junto a uma amostra das rações foram enviadas ao Laboratório de Análise de Ração e Matéria Prima (LAMRA) da UFU para as análises conforme procedimentos bromatológicos do Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (BRASIL, 2009). Os cálculos de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) foram determinados a partir das análises de energia bruta das rações e excretas, por meio de Bomba Calorítrica IKA C2000 basic (MATTERSON et al., 1965). As mesmas análises foram realizadas nas rações para posterior cálculo da digestibilidade da proteína bruta (DPB) e digestibilidade do extrato etéreo (DEE) pela equação:

$$\text{Digestibilidade aparente} = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})}{\text{nutriente ingerido}} \times 100$$

As variáveis foram verificadas quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, tratando-se de dados normais foram submetidos à análise de variância

(ANAVA) e as médias dos tratamentos comparadas ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 28 dias de idade, a variável consumo de ração (CR) (Tabela 2) mostrou-se semelhante tanto para as diferentes granulometrias, sorgo grão moído ou inteiro (SM e SI), como para as aves que receberam rações sem ou com adição de protease (SMP e SIP). As aves que receberam dieta SM obtiveram peso vivo (PV) superior, entretanto mostrou-se igual às dietas com inclusão de protease. A conversão alimentar foi melhor das aves que se alimentaram de dietas sorgo grão inteiro com protease, que se igualou as dietas à base de sorgo moído. Aos 42 dias de idade, o consumo de ração, peso vivo e conversão alimentar das aves entre os tratamentos foi igual.

Os resultados encontrados no presente estudo se assemelham aos encontrado por LITZ et al. (2020), que aos 28 dias observaram menor peso vivo em aves alimentadas com dietas à base de sorgo grão inteiro em comparação à rações base sorgo ou milho moído. A protease adicionada no tratamento SIP igualou o peso vivo das aves com o tratamento SM e proporcionou melhor conversão alimentar demonstrando o potencial de utilização da enzima protease em rações sorgo grão inteiro. Além disso, a utilização do sorgo na forma de grão inteiro é uma vantagem econômica, pois dispensa a utilização de moinho na fabricação de rações, podendo apresentar uma economia no custo de industrialização de rações fareladas entre 25 a 30% (DOZIER et al., 2002).

Ressalta-se que a melhor conversão alimentar aos 28 dias de idade coube às aves que consumiram rações sorgo grão inteiro com protease (SIP) que se equiparou à rações à base de sorgo moído. Como demonstrado por SILVA et al. (2014), SILVA et al. (2015) e LITZ et al. (2020), o sorgo inteiro nas dietas incrementa o peso da moela e intestino, influenciando na digestão do alimento. Se considerar esse incremento em conjunto com a protease na ração SIP

este pode ter proporcionado melhor CA observada no presente estudo. CARDINAL et al. (2019) ao estudarem o efeito da protease em rações à base de milho para frangos de corte observaram melhor conversão alimentar, resultados que corroboram com o presente estudo. CARVALHO et al. (2015) não observaram diferenças nesses parâmetros de desempenho em frangos de corte com 21 dias de idade e concluíram que nesta idade a granulometria das rações não comprometeu o desempenho.

Tabela 2. Consumo de ração (CR), peso vivo (PV) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte (lote misto) aos 28 e 42 dias de idade, alimentados com rações à base de sorgo moído (SM), sorgo inteiro (SI), sorgo moído com protease (SMP) e sorgo inteiro com protease (SIP)

Desempenho aos 28 dias de idade			
TMT ¹	CR (kg)	PV (kg)	CA (kg:kg)
SM	2,428	1,820a	1,35ab
SI	2,403	1,735b	1,39b
SMP	2,478	1,772ab	1,39b
SIP	2,301	1,801ab	1,28a
P-valor	0,24	0,02	<0,01
CV%	6,21	2,53	4,09
Desempenho aos 42 dias de idade			
TMT	CR (kg)	PV (kg)	CA (kg:kg)
SM	3,199	4,532	1,42
SI	3,162	4,315	1,38
SMP	3,154	4,529	1,44
SIP	3,209	4,393	1,37
P-valor	0,635	0,291	0,22
CV%	2,73	4,45	4,57

¹Tratamento. *Médias seguidas de letras distintas na coluna difere-se entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

O grão inteiro na ração é responsável pelo maior desenvolvimento do sistema digestório, induzindo modificações na parte superior. A moela, órgão responsável por triturar os alimentos e que também pode ser responsável por modificações no intestino e no trato digestório (SILVA et al., 2014), ao entrar em contato com o grão inteiro incrementa sua massa muscular o que resulta em aumento do tempo de residência do alimento na mesma,

podendo influenciar na área de superfície de absorção do intestino, o que sugeri um aumento na taxa de digestão dos alimentos da dieta (FARUK, 2010), comportamento que possivelmente influenciou nos resultados de desempenho dos frangos de corte aos 28 dias de idade.

Aos 42 dias de idade tanto a forma física da ração quanto a adição da exoenzima protease proporcionaram desempenho igual nas aves. Quanto à granulometria, este estudo se assemelha ao estudo de LITZ et al. (2020), que não encontraram diferenças no desempenho de frangos de corte aos 40 dias de idade entre o sorgo moído e inteiro, porém CARVALHO et al. (2015), concluíram que a conversão alimentar foi melhor nas aves alimentadas com rações à base de sorgo grão inteiro do que as que receberam rações sorgo grão moído, diferindo do presente estudo. Este desempenho semelhante entre os tratamentos reafirma a hipótese de que no frango de corte as rações base grão de sorgo inteiro podem ser introduzidas desde o momento do alojamento, e mesmo que na fase intermediária encontre um menor ganho de peso ou conversão alimentar, ele atinge o peso de abate igual às aves alimentadas com rações fareladas de sorgo. Este comportamento tem um viés econômico importante no custo final de produção do frango, além de reduzir diretamente o custo da ração. Observa-se ainda que a inclusão da exoenzima protease, com participação ativa na composição nutricional das rações à base de sorgo é um aditivo importante, pois maximiza a oferta nutricional do sorgo para a ave, reduzindo ainda mais o custo de participação deste cereal nas rações de frangos de corte.

Aos 28 dias de idade, os valores de energia metabolizável aparente e corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA e EMAn) foram iguais entre as quatro rações de crescimento testadas (Tabela 3). Para a variável digestibilidade da proteína bruta (DPB) observa-se que o tratamento grão moído com protease (SMP) se destacou entre os demais tratamentos, enquanto o sorgo moído e o sorgo inteiro com protease foram também iguais entre si, para esta variável, restando apenas o menor resultado para DPB àquele tratamento com o grão

inteiro. Em relação a digestibilidade do extrato etéreo (DEE), tanto a granulometria da ração (SM e SI) quanto a adição ou não de protease (SMP e SIP), não influenciaram na digestibilidade, sendo seus percentuais iguais entre os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), digestibilidade da proteína bruta (DPB) e digestibilidade do extrato etéreo (DEE) das rações experimentais de frangos de corte aos 28 dias de idade

TMT ¹	EMA (kcal/kg)	EMAn (kcal/kg)	DPB (%)	DEE (%)
SM ²	3213	3033	91,41 b	96,82
SI ³	3251	3049	90,91 c	97,25
SMP ⁴	3211	3005	92,07 a	96,54
SIP ⁵	3193	3022	91,19 b	96,90
CV%	1,16	1,13	0,16	0,71
P-valor	3,31	3,13	<0,01	0,36

¹Tratamento. ²Sorgo Moído. ³Sorgo Inteiro. ⁴Sorgo Moído com Protease. ⁵Sorgo Inteiro com Protease. Médias seguidas de letras distintas na coluna difere-se entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados de EMA e a EMAn foram iguais, independente da granulometria da ração ou da adição de protease, e como estas rações foram formuladas para serem isoenergéticas, esta constatação confirma o que fora proposto em termos de energia. Este quesito permite confirmar a matriz energética da enzima protease estudada, sua atividade enzimática esperada sobre a proteína do grão favorecendo a digestibilidade do amido, assim como a presença do grão inteiro na ração que tem uma influência sobre o processo digestório. COWIESON; ADEOLA (2005), ao estudarem o efeito de um complexo enzimático composto por protease, xilanase e amilase em rações com grão moído para frangos de corte aos 28 dias, não observaram diferenças na energia das rações o que corrobora os resultados desse estudo.

O coeficiente da digestibilidade da proteína das rações estudadas se mostrou-se muito alto, acima de 90%, por outro lado, verificou-se que a inclusão de protease à ração com o sorgo moído (SMP) alcançou o melhor resultado, assim como os tratamentos com o grão moído (SM) e o grão inteiro com protease (SIP) que se igualaram. Destaca-se que em valores

absolutos, as diferenças foram muito pequenas, mas permite avaliar que a inclusão da protease concorreu efetivamente na digestibilidade da proteína do sorgo. Se compararmos as dietas utilizando o grão inteiro, a participação da enzima fez equiparar à digestibilidade com a dieta de sorgo moído (SM) e foram maiores que a dieta com o grão inteiro (SI). Por outro lado, ao incluir a protease no portfólio de alimentos da dieta com o grão moído pode-se hipotetizar que houve a associação entre o processo de moagem e a atividade de proteases internas ao tubo gástrico intestinal acrescida da protease externa, por isso mesmo uma taxa de digestibilidade maior que SIP. Esta participação enzimática na formulação com o sorgo inteiro pode ser justificada pelo maior tempo de residência na moela, expondo o grão à maiores quantidades de ácido clorídrico e pepsinogênio, influenciando no intestino delgado a atividade enzimática proporcionada pela ação das enzimas endógenas e a exógena.

MOURA et al. (2019), trabalhando com rações com adição de 40% de milho grão inteiro para frangos de corte dos 31 a 40 dias de idade, verificaram que a suplementação de complexo enzimático composto de protease, celulase e amilase aumenta a digestibilidade da proteína bruta, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

O maior diâmetro geométrico médio (DGM) da ração em conjunto com a protease pode proporcionar melhorias nas variáveis de desempenho, com maior incremento da energia e consequente melhorias na digestibilidade dos nutrientes presentes nas rações, ressaltando também a diminuição nos custos de produção (VAN BEILEN; LI, 2002).

CONCLUSÃO

A inclusão de exoenzima protease em rações base sorgo grão, para frangos de corte proporciona melhor aproveitamento dos nutrientes do sorgo, promovendo desempenho zootécnico satisfatório, podendo ainda sua utilização na forma de grão inteiro vir a reduzir o custo final das rações.

AGRADECIMENTOS

À empresa DSM, pela doação dos premix e das enzimas utilizadas, à BRF pela doação dos pintinhos e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Aprovação do Comitê de Ética em utilização de animais: CEUA/UFU 074/18.

REFERÊNCIAS

ALAGAWANY, M. et al. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 19, n. 3, Ser. n. 64, p. 157-164, 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30349560>> PMID: 30349560. PMCID: PMC6184034 Acesso em: 17 Maio 2019.

BEAN, S.R. et al. **Structure and Composition of the Sorghum Grain**. 2016. 58f. Monografia (Agronomia) – American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/agronymonogra/agronmonogr58/agronmonogr58.2014.0081?access=0&view=pdf>>. doi: 10.2134/agronmonogr58.2014.0081 Acessado em: 3 Jun. 2019.

BRYDEN, W.L. et al. A Review of the Nutritive Value of Sorghum for Broilers. **Rural Industries Research and Development Corporation**, v. 77, n. 09, p. 1-68, 2009. Disponível em: <<https://www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/09077.pdf>>. Acessado em: 28 Nov. 2019.

CARDINAL, K.M. et al. Growth performance and intestinal health of broilers fed a standard or low-protein diet with the addition of a protease. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. 1-11, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S151635982019000100524&script=sci_arttext>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/rbz4820180232> Acessado em: 8 Jan. 2020.

- 301 CARVALHO, L.S.S.; FAGUNDES, N.S.; LITZ, F.H.; SAAR, A.G.L.; FERNANDES, E.A.
 302 Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte.
 303 **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1757-1765, 2015. Disponível em: <[http://w](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/sorgo%20grao%20inteiro.pdf)
 304 [ww.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/sorgo%20grao%20inteiro.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/sorgo%20grao%20inteiro.pdf)>. Acessado em: 3
 305 Jun. 2019.
- 306 COMPÊNDIO Brasileiro de Alimentação Animal. **Guia de Métodos Analíticos**. 3ed. São
 307 Paulo: ANFAR, 2009, 383p.
- 308 COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrases, protease, and phytase have an additive
 309 beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **Poultry Science**, v. 84, n.
 310 12, p. 1860–1867, 2005. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/poultryscience>
 311 >. doi: 10.1093/ps/84.12.1860 Acessado em: 3 Jun. 2019.
- 312 DOZIER, W.A.; BEHNKE, K.; KIDD, M.T.; BRANTON, S. L. Reducing utility cost in the
 313 feed mill. *Watt Poultry USA*, v. 53, p. 40–44, 2002.
- 314 FARUK, M. U. **L'évaluation de l'alimentation mélangée et séquentielle à base de**
 315 **matières premières localement disponibles sur les performances des poules pondeuses en**
 316 **France et au Nigeria**. 2010. 200f. Tese (Doutorado em Ciências da Vida) - Université
 317 François, Tours. Disponível em:<[http://www.applis.univ-tours.fr/theses/2010/murtala.umarfar](http://www.applis.univ-tours.fr/theses/2010/murtala.umarfaruk_3426.pdf)
 318 [uk_3426.pdf](http://www.applis.univ-tours.fr/theses/2010/murtala.umarfaruk_3426.pdf)>. Acessado em: 3 Jun. 2019.
- 319 FERNANDES, E.A. et al. The use of whole grain sorghum in broiler feeds. **Brazilian**
 320 **Journal of Poultry Science**, v. 15, n. 3, p. 217-222, 2013. Disponível em:<[http://www.scielo.](http://www.scielo.br/pdf/rbca/v15n3/08.pdf)
 321 [br/pdf/rbca/v15n3/08.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbca/v15n3/08.pdf)>. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516635X2013000300008> Acessado
 322 em: 3 jun 2019.
- 323 FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.
 324 **Ciência Agrotecnica** [online], v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em:<<http://www.sciel>

- o.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S141370542014000200001&g=pt&nrm=is&tlng=en
>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001> Acessado em: 3 jun 2019.
- KAWU, Y.U. et al. Performance and Economics of Production of Broiler Chickens Fed Dietary Levels of Gayamba Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.) as Replacement for Red Sorghum (*Sorghum bicolor*). **Nigerian Journal of Animal Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 72-84, 2019. Disponível em: <<http://njast.com.ng/index.php/home/article/view/25>>. Acessado em: 07 Jan. 2020.
- LITZ, F.H. **Biodisponibilização do fósforo, incremento de energia e digestibilidade de nutrientes na dieta de frangos de corte contendo exoenzima fitase**. 2013. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: < <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13079/1/BiodisponibilizacaoFosforoIncremento.pdf>>. doi: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13079> Acessado em: 3 Jun. 2019.
- LITZ, F.H. et al. Parâmetros zootécnicos e desenvolvimento da moela de frangos de corte em dietas de sorgo grão e a inclusão de carotenoides. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, n.2, p.607-614, 2020.
- MATTERSON, L. D. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Hartford, CT: Res. Rep. Connecticut, Agricultural Experiment Station, n. 07, 1965. 11 p.
- MORAIS, M.V.M.; LIMA, H.J.D. Técnicas nutricionais para a redução do impacto ambiental da produção intensiva de animais não ruminantes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. 1-26, 2020. Disponível em: <<https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/article/download/1560/1396>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i1.15601> Acessado em: 25 Jan 2020.
- MOURA, F.A.S. et al. Complexos enzimáticos sobre a energia metabolizável e digestibilidade dos nutrientes do milho para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 3, p. 990-996, 2019. Disponível em: <

350 <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v71n3/0102-0935-abmvz-71-03-990.pdf> >. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10021> Acessado em: 07 Jan. 2020.

351

352 SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. Measuring available energy in poultry feeds. **Feedstuffs**, v.

353 33, n. 33, p. 18-24, 1961.

354 SILVA, M.C.A. et al. Effects of sorghum on broilers gastrointestinal tract. **Brazilian Journal**

355 **of Poultry Science**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 95-102, 2015. Disponível

356 em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbca/v17n1/1516-635X-rbca-17-01-00095.pdf>>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x170195-102> Acessado em: 3 Jun. 2019.

357

358 SILVA, M.C.A. et al. Sorgo grão inteiro na ração pré-inicial de pintinhos de corte e os efeitos

359 sobre o desenvolvimento corporal e do tubo gastrintestinal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro

360 Científico Conhecer, v. 10, n. 18, p. 2769-2782, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/sorgo.pdf>>. Acessado em: 3 Jun. 2019.

361

362 VAN BEILEN, J.B.; LI, Z. Enzyme technology : an overview. **Current Opinion in**

363 **Biotechnology**, v. 13, n. 4, p. 338-34, 2002. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12323356>>. doi: 10.1016/S0958-1669(02)00334-8 Acessado em: 3 Jun. 2019.

364

365 VIRUPAKSHA, T.K.; SASTRY, L.V.S. Studies on the protein content and amino acid

366 composition of some varieties of grain sorghum. **Journal of Agricultural and Food**

367 **Chemistry**, v.16, p.199-203, 1968.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de protease às rações base sorgo grão inteiro nas dietas para galinhas poedeiras e frangos de corte melhora os parâmetros de desempenho das aves. A protease em conjunto com o sorgo grão na forma inteiro proporciona melhor qualidade de ovos em galinhas poedeiras da linhagem Dekalb White, além de trazer benefícios em relação aos custos de produção das rações por não necessitar da moagem do grão.

A utilização de dietas à base de sorgo grão inteiro e ou grão moido com exoenzima protease proporciona maior digestibilidade da proteína bruta em galinhas poedeiras e em frangos de corte, o que demonstra seu uso em rações base sorgo para aves.

ANEXO A

Protocolo de aprovação do Comitê de Ética (CEUA-UFU)



Universidade Federal de Uberlândia

– Comissão de Ética na Utilização de Animais –



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “Substituição do milho pelo sorgo em diferentes granulometrias na dieta de galinhas poedeiras”, protocolo nº 085/18, sob a responsabilidade de **Evandro de Abreu Fernandes** – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi APROVADA pela COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS (CEUA) da UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, em reunião 28 de setembro de 2018.

(We certify that the project entitled “Substituição do milho pelo sorgo em diferentes granulometrias na dieta de galinhas poedeiras”, protocol 085/18, under the responsibility of – Evandro de Abreu Fernandes involving the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata, for purposes of scientific research - is in accordance with the provisions of Law nº 11.794, of October 8th, 2008, of Decree nº 6.899 of July 15th, 2009, and the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA) and it was approved for ETHICS COMMISSION ON ANIMAL USE (CEUA) from FEDERAL UNIVERSITY OF UBERLÂNDIA, in meeting of September 28th, 2018).

Vigência do Projeto	Início: 22/10/2018 Término: 18/12/2018
Espécie/Linhagem/Grupos Taxonômicos	<i>Gallus gallus</i> - galinhas
Número de animais	200
Peso/Idade	82 semanas/ 1,640 Kg
Sexo	Fêmea
Origem/Local	AVIEX – Granja de Pesquisa Aves – Fazenda do Glória
Local onde serão mantidos os animais:	Aviário

Uberlândia, 10 de outubro de 2018

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão
Coordenador da CEUA/UFU

ANEXO B

Protocolo de aprovação do Comitê de Ética (CEUA-UFU)



Universidade Federal de Uberlândia

– Comissão de Ética na Utilização de Animais –



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Protease e Probiótico em dietas à base de sorgo e milho na nutrição frangos de corte", protocolo nº 074/18, sob a responsabilidade de Evandro de Abreu Fernandes – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi APROVADA pela COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS (CEUA) da UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, em reunião 28 de setembro de 2018.

(We certify that the project entitled intitulado "Protease e Probiótico em dietas à base de sorgo e milho na nutrição frangos de corte", protocol 074/18, under the responsibility of Evandro de Abreu Fernandes involving the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata, for purposes of scientific research - is in accordance with the provisions of Law nº 11.794, of October 8th, 2008, of Decree nº 6.899 of July 15th, 2009, and the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA) and it was approved for ETHICS COMMISSION ON ANIMAL USE (CEUA) from FEDERAL UNIVERSITY OF UBERLÂNDIA, in meeting of september 28th, 2018).

Vigência do Projeto	Início: 18/02/2019 Término: 18/04/2019
Espécie/Linhagem/Grupos Taxonômicos	Ave/ Cobb
Número de animais	800
Peso/Idade	45g/ 01 dia
Sexo	Macho
Origem/Local	Granja de pesquisa: AVIEX, fazenda do Glória, FAMEV-UFU.
Local onde serão mantidos os animais:	Granja de Experimentação de Aves – AVIEX, na fazenda do Glória, Faculdade de Medicina Veterinária da UFU (aviário).

Uberlândia, 11 de dezembro de 2018

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão
Coordenador da CEUA/UFU

ANEXO C

Normas do periódico “ Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia”



ISSN 1678-4162 online version

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Editorial Policy](#)
- [Reproduction of published articles](#)
- [General Guidelines](#)
- [Ethics Committee](#)
- [Types of articles accepted for publication](#)
- [Preparation of texts for publication](#)
- [Text formatting](#)
- [Sections of an article](#)
- [Submission and publication fees](#)
- [Recourses and diligences](#)

Editorial Policy

The **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** (Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science), ISSN 1678-4162 (online), is edited by FEPMVZ Editora, CNPJ: 16.629.388/0001-24, and is destined to the publication of scientific articles on the themes of veterinary medicine, animal husbandry, technology and inspection of products of animal origin, aquaculture and related fields.

The articles sent for publication are submitted to approval by the Editorial Body, with aid from area specialists (rapporteurs). The articles which need reviewing or corrections will be returned to the authors. Those accepted for publication become property of **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (ABMVZ)**, cited as *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* The authors are responsible for the concepts and information contained in the articles. It is mandatory that they be original, unique, and destined exclusively to **ABMVZ**.

Reproduction of published articles

The reproduction of any published article is allowed as long as it is properly referenced. The results may not be commercially used.

The submission and protocol of articles is done exclusively online, at the address <<http://mc04.manuscriptcentral.com/abmvz-scielo>>.

Copies will not be provided. The articles are available at the following address: www.scielo.br/abmvz

General Guidelines

- All article protocolling is done exclusively by the online Scielo publication system – ScholarOne, at <http://mc04.manuscriptcentral.com/abmvz-scielo>, and it is necessary to register at the website.
- Read “[STEP BY STEP – ARTICLE SUBMISSION SYSTEM THROUGH SCHOLARONE](#)”
- All communication between the several authors in the process of evaluation and publication (authors, reviewers and editors) will be done exclusively in electronic form through the System, and the author is automatically informed, via email, of any change in the article status.
- Pictures, figures, and drawings must be inserted in the text, and, when requested by the editorial team, must be sent separately, in a jpg file in high resolution (at least 300dpi), zipped, inserted under “Figure or Image” (step 2).
- It is the exclusive responsibility of the one submitting the article to certify that the authors are aware of and agree with the inclusion of their names in the submission.
- **ABMVZ** will communicate electronically with each author regarding their participation in the article. If at least one author does not agree with their participation as an author, the article will be considered a waiver by one author and the protocol will end.

It is mandatory to attach a pdf copy of the Certificate of approval for the research project which originated the article, issued by CEUA (Comitê de Ética no Uso de Animais – Ethics Committee for the Use of Animals) in your institution, according to Law 11794/2008. The document must be attached to “Ethics Committee” (step 2). We clarify that the number of the Approval Certificate must

be mentioned in the Material and Methods section.

Ethics Committee

Types of articles accepted for publication

Scientific article

This is a complete report of an experimental work. It is based on the premise that the results are posterior to the planning of the research.

Text sections: Title (Portuguese and English), Authors and Affiliation (only on the “Title Page – step 2), Resumo, Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion (or Results and Discussion), Conclusions, Acknowledgements (when applicable), and References.

The number of pages must not exceed 15, including tables, figures **and References**.

The number of References must not exceed 30.

Case report

Mainly contemplating the medical areas where the result precedes the interest in its disclosure or the occurrence of the results is not planned.

Text sections: Title (Portuguese and English), Authors and Affiliation (only on the “Title Page” step 2), Resumo, Abstract, Introduction, Casuistry, Discussion and Conclusions (when pertinent), Acknowledgements (when applicable), and References.

The number of pages must not exceed 10, including tables and figures.

The number of References must not exceed 12.

Communication

A brief report of partial results of an experimental work, worthy of publication, although insufficient or not consistent enough to constitute a scientific article.

The text, with a title in Portuguese and English, Authors and Affiliation (Only on the “Title Page”, step 2) must be compact, with no distinction of text sections specified for “scientific article”, although it must follow that order. When the communication is written in Portuguese it must contain an “Abstract”, and when written in English it must contain a “Resumo”.

The number of pages must not exceed 8, including tables and figures.

The number of References must not exceed 12.

Preparation of texts for publication

The articles must be written in Portuguese or English, in an impersonal manner.

Text formatting

- The text must **NOT** contain sub items in any section and must be presented in Microsoft Word and attached as a “Main Document” (step 2), in A4 format, with a 3cm margin (superior, inferior, left, and right), in Times New Roman font, size 12, and 1.5 spacing in all pages and sections of the article (from the title to the references), **with numbered lines**.
- Do not use footnotes. References to companies and products, for instance, should come in parenthesis in the body of the text, in the following order: name of product, substance, company, and country.

Sections of an article

Title. In Portuguese and in English. Must contemplate the essence of the article and not go beyond 50 words.

Authors and Affiliation. Authors and Affiliation. The names of the authors are placed below the title, with the ORCID number and with identification of the institution to which they belong. The corresponding author and their email must be indicated with an asterisk, only in the “Title Page” (step 2) in Word.

Resumo and Abstract. Must be the same presented in the registration, with up to 200 words and one paragraph. Do not repeat the text and do not add literature revision. Include the main numerical results, mentioning them without explanation, when applicable. Each sentence must contain a complete information.

Palavras-chave and Keywords. Up to five and at least two*.

* in the submission use only the Keyword (step 3) and in the body of the article mention the keyword (English) and palavra-chave (Portuguese), regardless of the language the article is submitted in.

Introduction. Brief explanation in which the problem, its pertinence and relevance, and the aims of the work are established. It must contain few references, sufficient to define it.

Material and Methods. Mention the experimental design, the material involved, the description of the methods used or correctly reference the methods already published. In the work that involves animals and/or genetically modified organisms there must be the number of the CEUA approval Certificate. (verify the Ethics Committee Item).

Results. Present the results found in a clear and objective manner.

Table. Group of alphanumerical data ordered in lines and columns. Use horizontal lines in separating headers and at the end of the table. The title of the table receives the word Table, followed by an Arabic numeral and period (ex.: Table 1.). In the text the table must be referred to as Tab, followed by a period and order number (ex.: Tab. 1), even when referring to several tables (ex.: Tab. 1, 2, and 3). It may be presented with simple spacing and a font below size 12 (the smallest accepted size is 8). The Table legend must contain only that which is indispensable for its understanding. The tables must be inserted in the body of the text, preferably after the first citation.

Figure. Any illustration that presents lines and dots: drawing, picture, graphic, flow chart, scheme, etc. The legend initially receives the word Figure, followed by the Arabic numeral and period (ex.: Figure 1.) and is referred to in the text as Fig followed by a period and the order number (ex.: Fig.1), even when referring to more than one figure (ex.: Fig. 1, 2, and 3). Besides being inserted in the text, photos and images must be sent in high resolution jpg, in a zipped file, attached in the correct field in the submission screen for article registration. The figures must be inserted in the body of the text, preferably after the first citation.

Note: Every table and/or figure that has already been published must contain, below the legend, information regarding the source (author, authorization for use, date) and the corresponding reference must be in the References.

Discussion. Discuss only the results obtained in the work. (Obs.: The sections Results and Discussion may be presented as one according to the author's preference, without prejudice to the parts).

Conclusions. The conclusions must be supported by the results of the executed research and be presented in an objective manner, WITHOUT literature review, discussion, repetition of results or speculation.

Acknowledgements. Optional. Must be expressed briefly.

References. The references must be related in alphabetical order, preferring articles published in national and international magazines, and indexed. Books and thesis must be referenced as little as possible, and only when indispensable. The general ABNT norms are adopted, adapted for ABMVZ as the examples below:

How to reference:

1. Citations in the text

The indication of the source in parenthesis comes before the citation to avoid interruptions in the sequence of the text, as the examples:

- Single author: (Silva, 1971) or Silva (1971); (Anuário..., 1987/88) or Anuário... (1987/88)
- Two authors: (Lopes and Moreno, 1974) or Lopes and Moreno (1974)
- More than two authors: (Ferguson et al., 1979) or Ferguson et al. (1979)
- More than one article cited: Dunne (1967); Silva (1971); Ferguson et al. (1979) or (Dunne, 1967; Silva, 1971; Ferguson et al., 1979), always in ascending chronological order, and alphabetical order of the articles for articles of the same year.

Citation of a citation. Every effort must be made to consult the original document. In exceptional situations the reproduction of information already cited by other authors may be reproduced. In the text, cite the last name of the author of the non consulted document with the year of publication, followed by the expression cited by and the last name of the author and year of the consulted document. In the References only the consulted source should be mentioned.

Personal communication. These are not part of the References. The citation should include the last name of the author, the date of the communication and name of the Institution to which the author is linked.

2. Periodicals (up to 4 authors, cite all of them. More than 4 authors, cite 3 authors and et al.):

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. v.48, p.351, 1987-88.

FERGUSON, J.A.; REEVES, W.C.; HARDY, J.L. Studies on immunity to alphaviruses in foals. *Am. J. Vet. Res.*, v.40, p.5-10, 1979.

HOLENWEGER, J.A.; TAGLE, R.; WASERMAN, A. et al. Anestesia general del canino. *Not. Med. Vet.*, n.1, p.13-20, 1984.

3. Single publication (up to 4 authors, cite all of them. More than 4 authors, cite 3 authors and et al.):

DUNNE, H.W. (Ed). *Enfermedades del cerdo*. México: UTEHA, 1967. 981p.

LOPES, C.A.M.; MORENO, G. Aspectos bacteriológicos de ostras, mariscos e mexilhões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 14., 1974, São Paulo. *Anais...* São Paulo: [s.n.] 1974. p.97. (Resumo).

MORRIL, C.C. Infecciones por clostridios. In: DUNNE, H.W. (Ed). *Enfermedades del cerdo*. México: UTEHA, 1967. p.400-415.

NUTRIENT requirements of swine. 6.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1968. 69p.

SOUZA, C.F.A. Produtividade, qualidade e rendimentos de carcaça e de carne em bovinos de corte. 1999. 44f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

4. Electronic documents (up to 4 authors, cite all of them. More than 4 authors, cite 3 authors and et al.):

QUALITY food from animals for a global market. Washington: Association of American Veterinary Medical College, 1995. Disponível em: <<http://www.org/critcal16.htm>>. Acessado em: 27 abr. 2000.

JONHNSON, T. Indigenous people are now more combative, organized. *Miami Herald*, 1994. Disponível em: <<http://www.summit.fiu.edu/MiamiHerld-Summit-RelatedArticles/>>. Acessado em: 5 dez. 1994 **Submission and publication fees**

ONLY FOR NATIONAL ARTICLES

Submission fee: The submission fee is R\$60.00, and must be paid through a bank slip issued Conveniar electronic system <http://conveniar.fepmvz.com.br/eventos/#servicos> (it is necessary to complete the registration). Only articles with a paid submission fee will be evaluated. If the fee is not paid in up to 30 days it will be considered author waiver.

Publication fee: The publication fee is R\$150.00, page, upon the final proof of the article. The publication fee must be paid through a bank slip, and the data will be informed when the article is approved.

When the invoice information is different from the contact author's information an email must be sent to abmvz.artigo@abmvz.org.br communicating such need.

ONLY FOR INTERNATIONAL ARTICLES

Submission and Publication fee. The publication fee is US\$ 50 (fifty dollars) per page, and US\$ 50 (fifty dollars) for manuscript submission and will be billed to the corresponding author at the final proof of the article. The publication fee must be paid through a bank slip issued by the electronic article submission system. When requesting the bank slip the author will inform the data to be included in the invoice issued.

Recourses and diligences

If the author sends the answer to diligences requested by ABMVZ, or a recourse document, it must be attached in Word, in the item "Justification" (step 2), and must also be sent via email, in care of the Editorial Committee, to abmvz.artigo@abmvz.org.br.

If the article is not accepted, the author may desire to send a recourse, and this must be done via email, at abmvz.artigo@abmvz.org.br.

ANEXO D

Normas do periódico “Ciência Rural”



INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- Aim and editorial policy
- Preparation of originals

ISSN 1678-4596 online
version

Aim and editorial policy

-
1. The scope of **CIÊNCIA RURAL** is to publish original articles (full papers), short notes and reviews. Manuscripts should be submitted exclusively to **CIÊNCIA RURAL**.
-

Preparation of originals

2. *Full paper* should not contain more than 15 typed pages, reviews 20 pages, short notes should contain at most eight pages. Use double spacing throughout the text, including the Abstract and References. The pages should be numbered consecutively, beginning from the title page. The size of the print paper should be A4 210 x 297mm containing no more than 25 lines per page. The font Times New Roman 12 should be used.

In view of the *electronic publication* we will be considering *manuscripts with additional pages* beyond the above limits. However, the *approved papers that have pages beyond the number stipulated will have an additional cost for publication* (see fees).

3. *Full papers should contain the following sections* (Paper example): Title, Abstract and Key words in English and Portuguese; The journal will provide the portuguese abstract (resumo) for papers that do not involve portuguese speaking authors. Introduction (containing the respective Literature review); Materials and Methods; Results, Discussion and Conclusions; Acknowledgements; Paper presentation; Sources and Manufactures. The sections results and Discussion; or Results, Discussion and Conclusions may be combined, Declaration Of Conflicting Interests. Bioethics and Biossecurity Committee Approval are required when human or animals are involved. When genetically modified organisms are involved the approval is also needed (Model example 1, Model example 2). Should be stated before the reference section.

4. *Review Articles should contain the sections* (Paper example): Title, Abstract and Key words in English and Portuguese; The journal will provide the portuguese abstract (resumo) for papers that do not involve portuguese speaking authors. Introduction; Text; Conclusion; Acknowledgements; Sources and Manufactures when necessary, Declaration Of Conflicting Interests. Bioethics and Biossecurity Committee Approval are required when human or animals are involved. When genetically modified organisms are involved the approval is also needed (Model example 1, Model example 2). Should be written before the reference section.

5. *Short notes should contain* (Paper example): Title, Abstract and Key words in English and Portuguese; The journal will provide the portuguese abstract (resumo) for papers that do not involve portuguese speaking authors. Text (without subdivision in sections, but ordered accordingly in introduction, methodology, results, discussion; conclusion) Acknowledgements; Declaration Of Conflicting Interests; Sources and Manufactures when necessary. Bioethics and Biossecurity Committee Approval are required when human or animals are involved. When genetically modified organisms are involved the approval is also needed (Model example 1, Model example 2). Should be writtten before the reference section. The text may also include tables and figures.

6. No reprints will be supplied6. Cover letter *should contain* the following information

- a) What is the major scientific accomplishment of your study?
- b) The question your research answers?
- c) Your major experimental results and overall findings?
- d) The most important conclusions that can be drawn from your research?
- e) Any other details that will encourage the editor to send your manuscript for review?

to authors. The articles are free at www.scielo.br/cr.

7. No reprints will be supplied to authors. The articles are free at www.scielo.br/cr.

8. Describe the title in english and portuguese. Only the first letter of the title should be in capital letter except for official names. Do not use abbreviations in the title. Scientific names should be used in the title only when strictly necessary. Please use them as key words and in the other sections of the paper. Full name(s) of the authors should be written below the title, side to side, followed by number (roman numbers in superscript). These numbers which will indicate, when repeated at the bottom of the page, the affiliation and corresponding address, etc. The corresponding author be indicated and should be accompanied by full address, including the e-mail, when available.

9. Within the text, the References should be cited as follows: a. MASON (1964) observed... b. The average cited by ZONTINI & UNO (1986) was similar... c. PRESNEL et al. (1973) indicated... d. ...the congenital malformation (MOULTON, 1978).

10. Ciência Rural provide the style file for use with the *EndNote* software (is a commercial reference management software package, used to manage bibliographies and references when writing essays and articles). It is also available at that link the style file for use with the software *Mendeley*.

The Reference List should be placed at the end of the manuscript; the references should be ordered alphabetically. Please follow the following examples:

10.1. Book References:

BARHAM, J.N. Mechanical kinesiology. Saint Louis : Mosby, 1978. 509p.

MENGEL, K.; KIRBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 4 ed. Bern : International Potash Institut, 1987. 687p.

10.2. Chapter in a book:

GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. *The thyroid*. Baltimore : Willians & Wilkins, 1964. Chap. 2. p.32-48.

10.3. Chapter without authorship in a book:

COCHRAN, W.G. The stimulation of sample size. In: _____. *Sampling techniques*. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Chap. 4, p.72-90.

TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: _____. *Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte*. São Paulo: Roca, 1985. p.29-40.

10.4. Standard Journal Article

Author should add the URL to the reference and the number of identification DOI (Digital Object Identifier) as the example below:

MEWIS, I.; ULRICH, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests **Tribolium confusum** (Coleoptera: Tenebrionidae), **Tenebrio molitor** (Coleoptera: Tenebrionidae), **Sitophilus granarius** (Coleoptera: Curculionidae) and **Plodia interpunctella** (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Product Research*, Amsterdam (City optional), v.37, p.153-164, 2001. Available from: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Accessed: nov. 20, 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Two authors or more). Response of **Sitophilus oryzae** (L.), **Cryptolestes ferrugineus** (Stephens) and **Oryzaephilus surinamensis** (L.) to different concentrations of diatomaceous earth in bulk stored wheat. *Ciência Rural*, Santa Maria (City optional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-4782008000800002&lng=pt&nrm=iso>. Accessed: nov 12, 2008. doi: 10.1590/S0103-4782008000800002.

SENA, D. A. et al. Vigor tests to evaluate the physiological quality of corn seeds cv. 'Sertanejo'. *Ciência Rural*, Santa Maria , v. 47, n. 3, e20150705, 2017 . Available from:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-4782017000300151&lng=pt&nrm=iso>.

Accessed: Mar. 18, 2017. Epub 15-Dez-2016. doi: 10.1590/0103-4782cr20150705. (Electronic publication).

10.5. Theses, dissertations...

MOSCARDI, G. *Control of Anticarsia gemmatilis Hübner on soybean with a baculovirus and selected insecticides and their effect on natural epizootics of the entomogenous fungus Nomuraea rileyi (Farlow) samson*. 1977. 68f. Dissertation/Thesis (Master/PhD in Biological control and integrated pest management) - Course of Entomology, University of Florida. (Avoid this citation).

10.6. Bulletins:

ROGIK, F.A. *Indústria da lactose*. São Paulo: Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. Boletim Técnico, 20. (Avoid this citation).

10.7. Non-published paper (should be avoided when possible): Read after the text, e.g.: Comparative study about the effect of different sutures in the trachea anastomosis of dogs. Sheila Canevese Rahal authorship (in preparation).

10.8. Personal Communication (should be avoided when possible): Information in the text is identified by (Personal Communication) after the statement: e.g. ...described by Johnston (1980) (Personal Communication).

10.9. Electronic documents:

MATERA, J.M. *Afeções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico*. São Paulo : Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. CD-Rom. (Avoid this citation).

GRIFON, D.M. Arthroscopic diagnosis of elbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. *Proceedings...* Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Available from: <<http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>>. Accessed: Mar. 18, 2007 (Avoid this citation).

UFRGS. *Transgênicos*. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Available from: <<http://www.zh.com.br/especial/index.htm>>. Accessed: Mar. 18, 2001. (Avoid this citation).

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. *Maturitas*, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Available from: <<http://www.medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>>. Accessed: Mar. 18, 2007.

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRUGIA VETERINARIA, 3, 1997. Corrientes, Argentina. *Anais...* Corrientes : Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 3 1/2. Para uso em PC.

11. Illustrations, graphs, photographs will be named Figures; identified by arabic numerals (Figure 1, Figure 2, etc...). Each figure will be considered as a full page. Graphs and illustration should measure 7.5 or 16cm width. The figures may also be sent digitized in .tiff with at least 300 dpi. Tables should be identified with the word Table, ordered by Roman numerals, and cannot exceed one page should appear after the reference section. However separated.

12. The authors are responsible for all the statement and concepts contained in the article.

13. Submission requires metadata for all authors. The papers will not proceed for evaluation before the data is not provided. Exceptionally other forms can be used. Please contact Ciência Rural for additional information.

14. Articles will be published according to the order of approval.

15. Articles that are not recommended for publication will be archived. However there will be sent a message for the authors explaining why the paper was not approved.

16. Doubts can be solved by examining a previous issue of the Ciência Rural before contacting the Editorial Committee.

17. All articles will undergo a plagiarism check process using the Cross Check Program.

Evaluation criteria

All submitted papers are initially examined by the CR team and editorial board area and then sent to two ad hoc reviewers at least. Revisions are usually subjected to three consultants ad hoc.