

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
Campus Rio Verde
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**Complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação
com solúveis (DDGS) na alimentação de codornas japonesas (*Coturnix
coturnix japonica*)**

Discente: Hyalo Batista dos Santos

Orientador (a): Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

Rio Verde – GO

Setembro – 2018

**Complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação
com solúveis (DDGS) na alimentação de codornas japonesas (*Coturnix
coturnix japonica*)**

Discente: Hyalo Batista dos Santos

Orientador (a): Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde – área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO

Setembro– 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

B237c Batista dos Santos, Hyalo
Complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação com solúveis (DDGS) na alimentação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) / Hyalo Batista dos Santos; orientadora Fabiana Ramos dos Santos. -- Rio Verde, 2018.
51 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2018.

1. alimentação alternativa. 2. desempenho. 3. coturnicultura. 4. qualidade de ovos. I. Ramos dos Santos, Fabiana, orient. II. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS FORMULADAS
COM GRÃOS SECOS POR DESTILAÇÃO COM SOLÚVEIS
(DDGS) NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix coturnix japonica*)**

Autor: Hyalo Batista dos Santos
Orientadora: Fabiana Ramos dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADO em 28 de setembro de 2018.


Prof.^ª. Dr.^ª. Maria Cristina de Oliveira
Avaliadora externa
UniRV


Prof.^ª. Dr.^ª. Cibele Silva Minafra
Avaliadora interna
IF Goiano/RV


Prof.^ª. Dr.^ª. Fabiana Ramos dos Santos
Presidente da banca
IF Goiano/RV

*Dedico a minha maior incentivadora, Lúcia,
que sempre batalhou muito para minha formação
acadêmica, sendo este o seu maior sonho. Nós
consequimos mais uma vez mãe!*

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, pelo amor incondicional, paciência, compreensão, amizade, apoio emocional e financeiro. Sem você do meu lado nada disso seria possível.

Ao meu pai, por todo apoio e preocupação.

A toda minha família, pelo exemplo de união e pela torcida.

A minha melhor amiga Brendda, pela força e incentivo.

Ao Danilo, pela cumplicidade, companheirismo, e acima de tudo por estar do meu lado nos momentos mais difíceis.

A Laura do Planalto, meu braço direito na condução do experimento, e amiga que levo para vida.

Ao meu amigo Deibity, que desde o início do mestrado se mostrou como um verdadeiro irmão não medindo esforços em me ajudar.

A todos que contribuíram para execução do experimento das codornas, Laura, Deibity, Carol, Maryene, Liliane, Isadora, Flavia, Maura, Nayane, Nayara e Fernando.

A minha querida orientadora, pela amizade, ensinamentos e exemplo de profissional no qual tive muito orgulho em trabalhar.

Aos professores do programa de pós-graduação em zootecnia do IFGoiano Campus – Rio verde: Fabiana, Cibele, Katia Cylene, Ana Paula, Francisco, Adriano e Marco Antônio pelos conhecimentos transmitidos durante esses dois anos de mestrado

Por fim, meu muito obrigado a todos que acreditaram e contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Hyalo Batista dos Santos, filho de Aginaldo Batista de Souza e Lúcia Cordeiro dos Santos. Nascido em 16 de outubro de 1993 na cidade de Rondonópolis – Mato Grosso. Iniciou sua formação profissional no primeiro semestre de 2011, quando ingressou no curso superior de Zootecnia na Universidade Federal de Mato Grosso, campus Rondonópolis, concluindo seus estudos no primeiro semestre de 2016. No segundo semestre de 2016, ingressou no Programa de Pós Graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, campus Rio Verde, concluindo em setembro de 2018.

Índice

Capítulo I – Considerações iniciais	14
1. Introdução	14
2. Revisão de literatura	16
2.1. Codorna Japonesa	16
2.2. Produção de etanol de grãos e do DDGS	16
2.3. Composição nutricional do DDGS	17
2.4. DDGS como alimento alternativo na nutrição avícola	20
2.5. Inclusão de complexo enzimático em dietas formuladas com DDGS	21
3. Referências bibliográficas	24
Capítulo II– Artigo Científico – Journal of Animal and Feed Sciences	30
Complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação com solúveis (DDGS) na alimentação de codornas japonesas.	30
Resumo	30
Abstract	31
Introdução	32
Material e Métodos	33
Resultados	38
Discussão	41
Conclusão	46
Referências Bibliográficas	47

Índice de Tabelas

Tabela 1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais da fase de produção de ovos.	34
Tabela 2. Desempenho de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS) com ou sem adição de um complexo enzimático.....	38
Tabela 3. Qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS) com ou sem adição de um complexo enzimático	39
Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade de nutriente para codornas japonesas, alimentadas com diferentes níveis de inclusão de <i>Distiller Dried Grains With Solubles</i> (DDGS) e adição de um complexo enzimático	39
Tabela 5. Morfometria do trato gastrointestinal de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS) com ou sem adição de um complexo enzimático.....	40
Tabela 6. Altura de vilos (μm), profundidade de cripta (μm) e relação vilos:cripta do duodeno de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de <i>Distiller Dried Grains With Solubles</i> (DDGS) e adição de um complexo enzimático.....	40
Tabela 7. Bioquímica sérica de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de <i>Distiller Dried Grains With Solubles</i> (DDGS) e adição de um complexo enzimático.....	41
Tabela 8. Desdobramento da interação para os níveis séricos de Proteínas Totais (PT) de codornas japonesas, alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains With Solubles (DDGS) e adição de um complexo enzimático.	41

Lista de símbolos, siglas, abreviações e unidades

Símbolo	Descrição
%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
C	Cor da Gema
Ca	Cálcio
CA	Conversão Alimentar
CADz	Conversão Alimentar por dúzia de ovos
CAMS	Conversão Alimentar por massa de ovos
CDMS	Coefficiente de digestibilidade da matéria seca
CDFDN	Coefficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro
CMAMS	Coefficiente de metabolização aparente da matéria seca
CMAFDN	Coefficiente de metabolização aparente da fibra em detergente neutro
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
COL	Colesterol sérico
CR	Consumo de ração
(CR)	Cripta
CV	Coefficiente de variação
DDG	Distiller dried grains
DDGS	Distiller dried grains with solubles
E	Enzima
EC	Espessura da casca
ED	Energia Digestível
EE	Extrato etéreo
EM	Energia Metabolizável
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio
EUA	Estados Unidos da América
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
G	Gramas
GE	Gravidade Específica

ID	Intestino delgado
IG	Intestino Grosso
Kcal	Quilocalorias
KG	Quilogramas
L	Litros
Mg	Miligramas
Mm	Mililitros
MO	Matéria orgânica
Mo	Massa de ovos
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
P	Fósforo
PO	Peso do ovo
PP	Percentual de postura
PB	Proteína bruta
PPM	Partes por milhão
PNA _s	Polissacarídeos não amiláceos
PROD.O	Produção de ovos
Prov+Moela	Proventrículo+Moela
PT	Proteínas totais
RPM	Rotações por minuto
TGI	Trato gastrointestinal
TGI(cm)	Comprimento do trato gastrointestinal
TRI	Triglicerídeos séricos
UH	Unidade Haugh
UI	Unidades internacionais
VI	Vilosidades intestinais
VI/CR	Relação altura do vilo cripta
WDG	Wet Distillers grains
WDGS	Wet Distillers grains with solubles

RESUMO

SANTOS, Hyalo Batista. Complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação com solúveis (DDGS) na alimentação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, 2018. 53p.

Antecedentes: A utilização de coprodutos da agroindústria como o DDGS com adição de enzimas exógenas na alimentação das codornas pode ser uma forma de reduzir os custos de produção sem deixar de suprir com eficiência a exigência nutricional dos animais. **Objetivo:** avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático Allzyme[®] SSF E (Alltech) em dietas formuladas com níveis crescentes de DDGS na produção de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*). **Métodos:** Utilizou-se 380 codornas japonesas com 72 dias de idade. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2 (0, 10, 20 e 30% de inclusão de DDGS; com ou sem complexo enzimático), com seis repetições de 8 aves cada. Avaliou-se, o desempenho, qualidade de ovos, desenvolvimento digestivo, bioquímica sérica, aproveitamento nutricional das dietas e histomorfometria duodenal. **Resultados:** Não se observou diferenças na maioria das variáveis de desempenho avaliados. Entretanto, houve efeito linear decrescente para as características de consumo, peso e massa de ovos. A inclusão de DDGS não afetou os parâmetros de qualidade interna (Unidade Haugh e índice gema) e qualidade externa (Densidade específica e espessura da casca) dos ovos das codornas. Os níveis de A* e B* da coloração da gema foram aumentados pela adição de DDGS. Não houve efeito do DDGS sobre as características morfométricas, exceto para peso do fígado. O perfil sérico bioquímico e a histomorfometria duodenal não foram influenciados pelos fatores avaliados. Não houve efeito da suplementação enzimática sobre a digestibilidade dos nutrientes. Entretanto, maiores CDMS e CDFDN foram obtidos com inclusão máxima de 15,95% e 18,67%, respectivamente. **Conclusão:** A inclusão de até 30% de DDGS sem o uso de complexo enzimático melhora a coloração da gema e não afeta o desempenho, parâmetros de qualidade externa e interna dos ovos, morfometria do trato gastrointestinal e bioquímica sérica das codornas japonesas.

Palavras chave: alimentação alternativa, desempenho, coturnicultura, qualidade de ovos

ABSTRACT

SANTOS, Hyalo Batista. Enzymatic complex in diets formulated with corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) in the feeding of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Dissertation (MSc in Animal Science), Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Rio Verde Campus, Goiás State, Brazil, 2018. 53p.

Background: The use of agro-industrial co-products, such as DDGS, with the addition of exogenous enzymes in quail feed can be a way of reducing production costs and efficiently meeting the nutritional requirements of animals. **Objective:** The objective was to evaluate the inclusion effect of the enzymatic complex Allzyme® SSF E (Alltech) on diets formulated with DDGS in the laying quail (*Coturnix coturnix japonica*) production. **Methods:** There were used 380 Japanese quails at 72 days of age. The experiment was carried out in a 4 x 2 factorial scheme (0, 10, 20 and 30% DDGS inclusion, with or without enzymatic complex), with six replicates of 8 birds each. Performance, egg quality, digestive development, biochemistry, nutritional use of diets and duodenal histomorphometry were evaluated. **Results:** The performance changes evaluated are not detected. However, there was a decreasing linear effect for consumption, weight and egg mass characteristics. The DDGS inclusion did not affect the internal quality parameters (Haugh Unit and yolk index) and external quality (specific density and shell thickness) of quail eggs. The levels of A * and B * of the yolk staining were increased by the DDGS addition. There is no DDGS effect on morphometric characteristics, except for liver weight. The serum and histomorphometric duodenal profile were not significantly influenced by the evaluated factors. There was no enzymatic supplementation effect on nutrient digestibility. However, higher CDMS and CDFDN were found with the highest inclusion of 15.95% and 18.67%, respectively. **Conclusion:** The DDGS inclusion until 30% without the enzymatic complex improves the egg quality and internal egg expression, gastrointestinal tract morphometry and biochemistry of Japanese quails.

Key words: Alternative foods, performance, coturniculture, egg quality

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

Em função do potencial das codornas para a produção de ovos, do baixo investimento inicial e rápido retorno de capital financeiro investido na atividade, a sua exploração comercial tem apresentado desenvolvimento bastante acentuado nos últimos tempos (Santos, 2013). Entretanto, apesar da coturnicultura ser uma atividade pecuária em expansão, faz-se necessárias tecnologias que fomentem economicamente a produção destes animais.

A utilização de coprodutos industriais nas rações tem sido uma medida economicamente viável para a avicultura intensiva, uma vez que o gasto com alimentação alcança proporções que podem chegar a 75% do custo total, tornando necessária a busca por alternativas alimentares que supram com eficiência a exigência nutricional dos animais, nas diferentes fases de produção (Freitas, 2005).

O DDGS (Distiller Dried Grains with Solubles) é o resíduo da fermentação do amido do milho, trigo, cevada, sorgo ou mistura de todos esses, pelas leveduras e enzimas selecionadas para produzir o etanol e o dióxido de carbono (AAFCO, 2007).

Em virtude de suas características nutricionais favoráveis a alimentação animal, como boa concentração de aminoácidos essenciais, elevado teor proteico, baixo custo em relação aos ingredientes convencionais, o DDGS passou a ser de grande importância na inclusão em dietas para diversas espécies animais em substituição parcial ao milho e soja nos Estados Unidos (Lumpkins et al. 2005). Porém, ainda é pouco conhecido e utilizado no Brasil (Silva, 2015).

Apesar de ainda controversos, existem diversos estudos com a finalidade de adequar os níveis de inclusão de DDGS as dietas para frangos de corte e poedeiras. Entretanto, as informações sobre o efeito da utilização de DDGS na alimentação de codornas são escassas, principalmente com enfoque na fase de produção de ovos, e torna necessária a produção de dados científicos relevantes que fomentem a indústria coturnícola acerca da utilização eficiente desse coproduto.

Como qualquer ingrediente, o DDGS apresenta limitações que precisam ser melhoradas para que sua utilização na dieta das aves seja viável. Um dos principais limitantes do DDGS na dieta de não ruminantes é sua elevada concentração em polissacarídeos não amiláceos (PNA's). Isso ocorre, porque durante a fermentação do grão, o amido é retirado da matéria-prima, assim, os nutrientes restantes são recuperados numa forma até três vezes mais

concentrada (Salim et al. 2010). Assim, a quantidade de polissacarídeos não amiláceos (PNA's) no DDGS também é significativamente aumentada se comparada com a matéria-prima utilizada. (Babcock et al., 2008).

Os PNA's não podem ser digeridos de forma eficiente pelas aves, uma vez que as mesmas não produzem as enzimas necessárias para este processo, podendo causar desequilíbrio da microflora e interferir na absorção dos nutrientes (Penz, 1998).

Considerando as adversidades que possam impedir a utilização do DDGS na nutrição das codornas, um dos caminhos a seguir, seria a adição de enzimas exógenas com o objetivo de aumentar a digestibilidade da proteína e diminuir os efeitos negativos dos PNAs na nutrição de aves.

Dessa forma, a adição de um complexo enzimático que promova o melhor aproveitamento do DDGS pode ser uma alternativa para elevar os níveis de inclusão deste coproduto em dietas de codornas e conseqüentemente reduzir os custos de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Codorna Japonesa

A codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) surgiu no Japão, em 1910, pelo cruzamento entre as codornas europeia (*Coturnix coturnix coturnix*) e espécies selvagens. Após serem submetidas à seleção e melhoramento durante séculos pelos japoneses, a codorna utilizada no Brasil (*Coturnix coturnix japonica*) para produção de ovos, possui altos índices de produtividade (80-95% de postura). Esta ave produz, em média, cerca de trezentos ovos por ciclo produtivo que dura em média 12 meses (Albino & Barreto, 2003).

Segundo Oliveira et al. (2002), o ciclo reprodutivo curto em postura regular, a boa fertilidade e a precocidade sexual, fêmeas aos 42 dias e machos aos 55-60 dias, para atingir a maturidade sexual, constituem as principais características da codorna japonesa, tornando a produção de ovos o setor mais representativo da atividade.

Devido sua rusticidade a codorna pode ser criada sob condições de calor (UMIGI et al., 2012), tolerando temperaturas mais elevadas, podendo ser uma boa opção de criação para as regiões mais quentes do Brasil, como o Centro-Oeste (Macleod & Dabhuta, 1997). Todos esses fatores contribuem para que esta atividade requeira baixo investimento inicial e consequentemente rápido retorno do capital empregado (Murakami & Furlan, 2002).

Na exploração de codornas para postura, a alimentação é um dos fatores responsáveis pelo desempenho das aves e representa o maior custo da atividade 70%. As codornas são aves altamente produtivas, que produzem ovos que atingem quase 10% do seu peso vivo, exigindo, portanto, o fornecimento adequado de nutrientes que permitam atender suas necessidades de manutenção e do seu elevado potencial produtivo (Murakami & Ariki, 1998).

2.2 Produção de etanol de grãos e do DDGS

A fim de diminuir a dependência do petróleo e melhorar questões ambientais, a produção de biocombustíveis em especial o etanol tem aumentado rapidamente em todo o mundo (Schone et al., 2017).

Quando cereais são empregados na produção de etanol, o principal resíduo deste procedimento de transformação é o DDGS (dried distillers grains with solubles) que em

português é chamado de resíduo seco de destilaria com solúveis e corresponde a aproximadamente 30% do cereal empregado (Shone, 2015).

A formação de DDGS ocorre após a produção do etanol, em que o milho é convertido em álcool por meio da moagem seca. Na moagem seca, após passar pelas seis etapas de processamento (moagem, maceração, cozimento, hidrólise enzimática, fermentação e destilação), acontece a etapa de peneiramento em que ocorre a separação da parte sólida conhecida com “WDG” (Wet distillers grains) da fração líquida conhecida como “solúveis”. (Alves et al., 2012; USGC, 2012).

A parte sólida é enviada aos secadores em que se deve obter entre 14 a 10% de umidade no produto final para que ele possa ser comercializado. Esse produto é conhecido como DDG (Dried Distillers Grain) ou Grãos destilados secos. A solução líquida obtida é usualmente reciclada reaproveitando a água e nutrientes e pode ser adicionada novamente a parte sólida originando os “WDGs” (Wet Distillers Grains with Solubles). O Produto final da secagem definitiva do WDGs é o DDGs (Grippa, 2012).

O emprego do milho como matéria-prima para a produção de etanol apresenta rendimento industrial de 460 L de etanol anidro e 380 kg de DDGS por cada tonelada de grão seco inserido no sistema (Wyman, 1996).

Segundo Silveira (2012) nos EUA, inicialmente, o etanol se caracterizava como o produto mais importante, apesar do processo também produzir DDGS e óleo. Entretanto, a partir de 2013 o DDGS passou a ganhar relevância, uma vez que a falta de proteína vegetal devido ao baixo estoque de soja aumentou a sua demanda, tornando-o mais importante economicamente que o etanol. Dessa forma o mercado interno dos EUA passou a demandar muito DDGS sendo que hoje ele já compõe 25% da ração de suínos, e 20% da ração de bovinos no país e tem crescido mais a cada ano.

Produzir etanol a partir do milho, dadas as vantagens competitivas da cana-de-açúcar, era uma realidade distante do agronegócio brasileiro. Contudo, pela necessidade de rotação de cultura entre milho e soja no Brasil, a tendência é ter uma oferta muito grande de milho pelos próximos anos, impulsionando toda indústria de aves e suínos, além de viabilizar o uso do milho para gerar combustível (SNA, 2017).

2.3 Composição nutricional do DDGS

O DDGS é uma fonte de proteína, aminoácidos, energia, fósforo e outros nutrientes para as aves, entretanto, o principal problema do seu uso é a grande variabilidade na sua composição nutricional e qualidade (Lumpikins et al., 2005).

Muitos fatores influenciam as características físicas e nutricionais do DDGS tais como a seleção de grãos, proporção de solúvel adicionado ao DDGS antes do processo de secagem bem como a eficiência na obtenção de etanol a partir do amido, temperatura e a duração da secagem (Spiehs et al., 2002 ; Martinez-Amezcuca et al., 2007). Segundo Tjardes e Wright (2002), geralmente os coprodutos de destilaria de milho devem ter cor brilhante do dourado ao marrom e ter cheiro parecido com o cheiro de cerveja.

O DDGS apresenta alto teor de proteína bruta (27-32% PB), elevado teor de fibra bruta (7-9 % FB), fração lipídica em torno de (8-12% EE), alto valor energético digestível (3.870 – 4.050 Kcal de ED/Kg), bem como, alto valor energético metabolizável (3670 – 3840 Kcal de EM/Kg). Conta ainda com aporte relativamente bom de alguns aminoácidos como lisina (0,61-1,06%), arginina (1,01-1,48%), triptofano (0,18-0,28%) e metionina (0,54-0,76%). Outro nutriente que chama a atenção neste coproduto é a quantidade de fósforo presente (0,42-0,99%) (Spiehs et al., 2002).

Na produção do etanol de milho, após a fermentação do amido restam basicamente fibra, proteína e gordura. Em razão da remoção do amido, os nutrientes presentes ficam concentrados e a proteína do milho que antes era em torno de 9,3 a 9,4 % é elevada para aproximadamente 31% após a geração do DDGS, elevando o coproduto da condição energética para proteica. Sendo assim a produção em escala industrial do etanol de milho pode mudar um paradigma, em que a proteína da ração deixaria de ser mais cara que a energia (Klopfenstein et al., 2008).

Os diferentes tipos de DDGS são classificados de acordo com o seu teor proteico, acima de 39% de proteína bruta o DDGS é classificado como de alta proteína (*DDGS high protein*), enquanto abaixo de 38% este é classificado como DDGS de baixa gordura (*DDGS low-fat*). O DDGS de alta proteína é produzido quando o farelo e o gérmen são retirados, o endosperma é direcionado para fermentação e produção do etanol, porém, este coproduto contém menor teor lipídico (Singh et al., 2005; Gibson e Karges, 2006)

Na literatura é relatado correlação entre a intensidade de cor do DDGS e a composição de aminoácidos, em que amostras mais claras apresentam maior conteúdo de aminoácidos que as amostras mais escuras. Isso se deve ao fato de que durante o processo de secagem, o DDGS pode passar por aquecimento excessivo levando a perdas do conteúdo de aminoácidos (Urriola et al., 2009).

A fase de aquecimento pode atingir temperaturas de 120°C a 560°C dependendo da usina de etanol, sendo este o principal fator que culmina para a variação da digestibilidade dos nutrientes neste coproduto (Shurson e Noll, 2005).

Spiehs et al. (2002) compararam a variabilidade da composição e da digestibilidade de nutrientes de DDGS provenientes de 10 diferentes fábricas modernas nos EUA, com a composição de DDGS publicada pelo NRC (1998) e amostras proveniente de fábricas antigas. Os autores identificaram que o DDGS proveniente das fábricas modernas apresentava mais energia, fósforo, lisina, metionina e treonina do que o DDGS proveniente de fábricas antigas.

O DDGS de alta qualidade apresenta energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) semelhantes ou maiores que as do milho (Spiehs et al., 2002). Quanto às fibras, o DDGS possui teor mais elevado de fibra em detergente neutro (FDN) do que em detergente ácido (FDA). Caracterizando-se assim como um coproduto de alta concentração de hemicelulose (Silva, 2015).

Outro aspecto importante na avaliação nutricional do DDGS é sua composição de macro e microminerais, como o fósforo (Ribeiro, 2010). O DDGS corresponde aproximadamente a 1/3 do valor total do milho utilizado na produção do etanol, já que os outros 2/3 são transformados em álcool e dióxido de carbono, portanto, as concentrações de minerais devem ser elevadas (três vezes àquelas do milho) e podendo tornar uma limitação no uso da alimentação animal (Shurson et al., 2008; Salim et al., 2010).

Quanto a composição de pigmentantes presentes no DDGS, após a remoção do amido ocorre aumento na concentração de xantofila cujo conteúdo de 17 mg/kg chega a 30 mg/kg. (NRC, 1994).

A deposição de carotenoides na pele, gema de ovo ou tecido adiposo causa coloração amarelada tornando-os mais atraentes e aceitáveis pelos consumidores (Perez-Vendrell et al., 2001; Leeson e Caston, 2004).

Roberson et al. (2005) ao avaliarem o conteúdo de xantofilas de duas amostras diferentes de DDGS uma mais clara e outra escura determinaram conteúdo de xantofilas de 29,75 ppm na amostra de DDGS mais clara e apenas 3,48 ppm para a amostra mais escura, demonstrando mais uma vez a influência da temperatura e tempo de secagem sobre a variabilidade dos nutrientes presentes no DDGS.

Salim et al. (2010) analisaram 16 amostras de DDGS provenientes dos Estados Unidos e revelaram que a concentração média de xantofilas e caroteno foi 36,72 e 8,58 ppm respectivamente. Segundo este autor, o DDGS pode ser usado em substituição a soja em dietas comerciais como uma boa fonte desses pigmentos, uma vez que a soja não fornece tipos e quantidades suficientes de xantofilas para gema do ovo e pele das aves.

2.4 DDGS como alimento alternativo na nutrição avícola

Pesquisas realizadas nos últimos anos com o intuito de verificar qual nível ideal de DDGS na dieta das aves resultariam em melhor desempenho e características de carcaça, ainda apresentam resultados contraditórios e não fornecem uma informação precisa a respeito do nível adequado a se utilizar (Waldroup et al., 2007; Choi et al., 2008; Corzo et al., 2009; Loar et al., 2010; Shone, 2015).

Salim et al. (2010) observaram que o DDGS pode ser incluído até o nível de 25% dieta de frangos de corte sem prejudicar o ganho de peso e ingestão alimentar. Swiatkiewicz et al. (2014), verificaram que a adição de 12% de DDGS de milho na fase inicial e 18% na fase final de criação (21 a 42 dias de idade) não afetou o desempenho dos frangos de corte. Entretanto Loar e Corzo (2011) avaliando os efeitos no desempenho de frangos de zero a 14 dias de idade alimentados com diferentes níveis de DDGS (8, 16, 24 e 32%) concluíram que a inclusão a partir de 24% reduziu o ganho de peso, piorou a conversão alimentar e aumentou a mortalidade.

Em galinhas poedeiras o uso de 15% de DDGS não teve nenhum efeito sobre o peso do ovo, cor da gema e qualidade interna e externa do ovo. O mesmo autor relata que este coproduto tem provado ser um ingrediente aceitável para esses animais, além de contribuir na formulação da ração por possuir um baixo custo (Parsons et al., 2006).

Swiatkiwicz e Koreleski (2006) estudaram o efeito de maiores taxas de inclusão de DDGS no desempenho de poedeiras marrons da linhagem Lohmann observaram que não houve efeito significativo na produção de ovos até o nível de 20% para a primeira fase de produção (26-43). Entretanto a produção de ovos foi afetada negativamente para as aves que receberam a dieta com 20% de DDGS na segunda fase de produção (44-68 semanas).

Cheon et al. (2008) avaliando a inclusão de 0, 10, 15 e 20% de DDGS em dietas de poedeiras Hy-line Brown não observaram diferenças estatísticas no consumo de ração, taxa de postura, massa total de ovos, peso médio do ovo e taxa de conversão alimentar. Os mesmos autores também não observaram diferenças nas análises de qualidade dos ovos, apenas para coloração da gema com efeito linear crescente.

Além dos fatores produtivos, outra variável a ser observada com a alteração dos ingredientes de ração para os animais é o metabolismo da ave. Os constituintes bioquímicos do sangue refletem as respostas fisiológicas decorrentes de fatores internos (idade e sexo) e externos (alimentação e ambiente) e podem fornecer informações do metabolismo e da saúde dos animais (Yari et al., 2014).

Bor-Ling et al. (2011) observaram que os níveis de DDGS (0, 6, 12 e 18%) não influenciaram a proteína total e os triglicérides do plasma das poedeiras, enquanto o colesterol foi significativamente aumentado quando utilizadas dietas com 12 e 18%. Jiang et al. (2013) avaliando o nível de inclusão de 0, 10 e 20% de DDGS para poedeiras concluíram que níveis de 10 e 20% de DDGS aumentaram significativamente o teor de P no soro em comparação com 0% DDGS.

Embora a coturnicultura seja uma atividade que vem ganhando destaque no setor avícola nos últimos tempos, são poucos os trabalhos científicos com o objetivo de adequar os níveis de inclusão de DDGS as dietas para codornas, principalmente trabalhos relacionados ao período de produção de ovos.

Konca et al. (2011) avaliando a inclusão de diferentes níveis (0, 10, 20 e 30%) de DDGS nas formulações para codornas japonesas no período de 35 dias recomendam a inclusão de até 30% de DDGS sem que haja efeito negativo para rendimento de carcaça, órgãos internos e características do sistema gastrointestinal

Karadagloglu et al. (2015) avaliando diferentes níveis de inclusão (5, 10 e 15%) de DDGS sobre o desempenho, qualidade de carcaça, parâmetros sanguíneos e estrutura histológica do íleo terminal em codornas japonesas até 35 dias de idade recomendam o nível de até 15% de DDGS sem que haja efeito negativo sobre as variáveis analisadas.

2.5 Inclusão de complexo enzimático em dietas formuladas com DDGS.

Acredita-se que o uso do DDGS para animais não ruminantes apresenta como principal desvantagem a elevada concentração de PNAs que é de 3 a 3,5 vezes maior, em relação ao grão (Pedersen et al., 2014). Os animais não ruminantes, incluindo as codornas têm capacidade limitada para utilizar PNAs, logo dietas com altos níveis de inclusão deste coproduto poderia limitar sua utilização na alimentação (Adeola & Cowieson, 2011).

Os polissacarídeos não amiláceos compreendem uma ampla classe de polissacarídeos como celulose, hemicelulose, quitina e pectinas, fazem parte da parede celular e consistem principalmente de pentoses, rafinose, estaquiase, beta-glucanos e pentosanas como as arabinoxilanas. (Pedersen et al., 2014; Brito et al., 2008).

O motivo de suas propriedades antinutricionais está na elevada capacidade de ligar-se a grandes quantidades de água, resultando em aumento da viscosidade do conteúdo intestinal, além de reduzir a energia do alimento, podendo prejudicar a utilização de todos os outros nutrientes (Brito et al., 2008; Conte et al., 2003).

A presença dos PNA's insolúveis (celulose, lignina e algumas hemiceluloses) na dieta das aves provoca aumento na taxa de passagem, uma vez que a ação mecânica da fibra sobre a

parede do lúmen digestivo aumenta a motilidade do TGI. Com isso, diminui-se o período de ação enzimática sobre o alimento e a absorção de nutrientes pelos vilos intestinais, podendo haver ainda a encapsulação de proteínas, lipídeos e minerais pela fibra resultando em menor aproveitamento nutricional (Warpechowski, 1996; Pluske et al. 1996; Andriquetto, 2002; Montagne et al., 2003; Hopwood et al., 2004)

Assim, a utilização de enzimas exógenas se torna importante, pois estas hidrolizam os polissacarídeos não amiláceos que podem ser potencialmente utilizados pelo animal, aumentando, por exemplo, a utilização de energia. Outra consequência importante desta utilização é a redução do impacto negativo destes resíduos não digeridos sobre a viscosidade da digesta (Brito et al., 2008).

As enzimas digestivas são proteínas que atuam como catalizadores biológicos sobre substratos específicos, acelerando as reações, aumentando assim, a digestibilidade de nutrientes específicos das matérias-primas ou da ração como um todo (Zanella, 1998).

As aves são capazes de produzir certas enzimas digestivas, como a amilase para digerir o amido e as proteases para digerir as proteínas, porém, elas não produzem as enzimas necessárias para a degradação da fibra, presente na maioria dos alimentos. (Campestrini, 2005).

Desta forma a adição de um complexo enzimático que promova o melhor aproveitamento do DDGS pode ser uma alternativa para elevar os níveis de inclusão deste coproduto em dietas de codornas e conseqüentemente reduzir os custos de produção.

Na literatura, trabalhos acerca da utilização de complexo enzimático em dietas à base de DDGS para poedeiras e frangos de corte já são uma realidade e demonstram em sua maioria efeito positivo da suplementação enzimática sobre o desempenho desses animais (Liu et al., 2011; Barekatin et al., 2013; Swiatkiewicz et al., 2014). Entretanto, trabalhos sobre o efeito da adição de enzimas em dietas contendo DDGS para codornas são limitadas.

Barekatin et al., (2013) observaram que a suplementação com xilanase ou protease, em dietas contendo 0, 15 ou 30% de DDGS de sorgo melhorou a conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte. Romero et al., (2013) determinaram maior coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos (CDIAA) e EMAn em dietas formuladas à base de milho e farelo de soja com inclusão de sete ou 10 % de DDGS de milho suplementadas com xilanase e amilase. Os autores verificaram que os efeitos sobre o CDIAA e EMAn das dietas foram incrementados quando além das carboidrases, uma protease foi incluída “on top” na ração.

Liu et al. (2011), em experiência com frangos de corte constataram que a utilização da dose de 2400 UI de xilanase/Kg de ração adicionada a dietas contendo 10 ou 20% de DDGS

de milho, influência de forma positiva o desempenho e a digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta e hemicelulose do DDGS de milho.

Em um estudo recente com frangos de corte (Swiatkiewicz et al., 2014) observaram que a adição de xilanase em combinação com fitase para uma dieta rica em DDGS afetou positivamente o desempenho, a digestibilidade da MS e MO (matéria orgânica), e retenção de Ca e P.

Em contraste, Min et al. (2011) relataram que uma preparação enzimática comercial de carboidrase adicionada a uma dieta rica em DDGS (30%) para frangos de corte não teve influência no desempenho ou na utilização dietética do N e energia. Os autores relataram que a falta de efeito desta enzima poderia ser explicada pela idade relativamente avançada dos frangos utilizados no ensaio, uma vez que o efeito da enzima exógena é mais pronunciado durante a primeira fase do período de criação (Olukosi et al., 2007).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeola, O.; Cowieson A. J. 2011. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*. 89:3189-3218
- Albino, L.F.T.; Barreto, S.L.T. Codornas: criação de codornas para produção de ovos e carne. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 289p.
- Alves, J. O; Zhuo, C.; Levendis, Y. A. & Tenório, J.A.S. 2012. Síntese de nano materiais de carbono a partir do resíduo de milho (DDGS). *Química Nova*, 35:1534-1537
- Andriguetto, J. M.; Perly, L.; Minardi, I.; Gemael, A.; Flemming, J. S.; Souza, G. A.; Filho, A. B. 2002. *Nutrição Animal*. São Paulo. Nobel, v.1, 396p.
- Association of American Feed Control Officials (AAFCO), 2007. AAFCO. Official Publication. Reference Manual Oxford, In: AAFCO
- Babcock, B. A., Hays, D. J. and Lawrence J. D. 2008. Using Distillers Grains in the U.S. and international livestock and poultry industry. Midwest agribusiness Trade Research and Information Center. First edition, (Ames, Iowa, USA).
- Barekatin, M. R.; Antipatis, C.; Choct, M. and Iji, P. A. 2013. Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with solubles. *Animal Feed Science and Technology* 182:71– 81.
- Bor-Ling, S., A.L. Hsu and Y.K. Chen, 2011. Effects of corn distiller's dried grains with soluble on the productive performance and egg quality of laying hens. Department of Animal Science, National Chia-Yi University and AGAPE Nutrition Consultant, Taiwan.
- Brito, M.S; Oliveira, C.F.S; Silva, T.R.G; Lima, R.B; Morais, S.N; Silva, J.H.V. 2008. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos-revisão. *Acta Veterinária Brasilica*. 2:111-117,
- Campestrini, E.; Silva, V. T. M.; Appet, M. D. 2005 Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2(6):254-267.
- Cheon, Y.J.; Lee, H.L.; Shin, M.H; Jang, A.; Lee S.K.; et al. 2008. Effects of corn distiller's dried grains with solubles on production and egg quality in laying hens Asian-Aust. *Journal of Animal Science*, 21: 1318-1323.
- Choi, H.S. et al. 2008. Nutritive and Economic Values of Corn Distiller's Dried Grains with Solubles in Broiler Diets. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*. 21(3)414 - 419.
- Conte A.J., Teixeira A.S., Fialho E.T., Schoulten NA. & Bertechini A.G. 2003. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de

Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:1147-1156.

Corzo, A. et al. 2009. The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science*, 88:432-439.

Freitas A.R. 2005. Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3)786-795.

Gibson, M. L. and K. Karges. 2006. By-products from non-food agriculture: Technicalities of nutrition and quality. *Recent Advances in Animal Nutrition*, pp. 209-227. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Grippa, M. J. C. 2012. Planta flex no mato grosso. Pós-graduação MBA: Universidade Federal do Paraná. 61p.

Hopwood D. G.; Pethick, D.W.; Pluske, J.R.; Hampson, D. J. 2004. Addition of pearl barley to a rice based diet for newly weaned piglets increased the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post – weaning colibacillosis, *British Journal of Nutrition*, 92:419-427,

Jiang, W., L. Zhang and A. Shan, 2013. The effect of vitamin E on laying performance and egg quality in laying hens fed corn dried distillers grains with solubles. *Poultry Science*, 92: 2956-2964.

Karadagoglu, O.; Şahin, T.; Sari, M.; Ögün, M.; Bingöl, S. A. 2015. Effects of different levels of corn distillers dried grains with solubles on growth performance, carcass quality, some blood parameters and histologic structure, of terminal ileum in quails. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 166, 9-10. 253-258.

Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E. and Bremer, V. R. 2008. Use of Distillers Co-products in Diets Fed to Beef Cattle. In: Babcock B. A.; Hays D. J.; Lawrence J. D. Using distillers grains in the U.S and international livestock and poultry industry. Midwest agribusiness Trade Research and Information Center. Ames, Iowa, USA.

Konca, Y; Kikpinar, F; Mert, S. 2011. Effects of corn distillers dried grain with solubles (DDGS) on carcass, meat quality and intestinal organ traits in japanese quails. *Animal Science*, 54:39.

Leeson, S. and L. Caston, 2004. Enrichment of eggs with lutein. *Poultry Science*, 83: 1709-1712.

Liu, N.; Ru, Y. J.; Tang, D. F.; Xu, T. S. and Partridge, G. G. 2011. Effects of corn distillers dried grains with solubles and xylanase on growth performance and digestibility of diet components in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 163, 260-266.

- Loar, R.E., Moritz, J.S., Donaldson, J.R., Corzo, A. 2010. Effects of feeding distillers dried grains with solubles to broilers from 0 to 28 days posthatch on broiler performance, feed manufacturing efficiency, and selected intestinal characteristics. *Poultry Science*. 89(10): 2242-2250.
- Loar, R. E. and Corzo, A. 2011. Effects of varying levels of distillers dried grains with solubles on growth performance of broiler chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13:279-281.
- Lumpkins, B.; Batal, A. & Dale, N. 2005. Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *Journal Applied Poultry Science*, 14:25-31.
- Macleod, M. G.; Dabhuta, L. A. 1997. Diet selection by Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in relation to ambient temperature and metabolic rate. *British Poultry Science*, 38:586-589.
- Martinez-Amezcuca , C. , C. M. Parsons , V. Singh , R. Srinivasan , and G. S. Murthy. 2007. Nutritional characteristics of corn distillers dried grains with solubles as affected by the amounts of grains versus solubles and different processing techniques. *Poultry Science*. 86:2624 – 2630.
- Min, Y. N.; Liu, F. Z.; Karimi, A.; Coto, C.; Lu, C.; Yan, F. and Waldroup, P. W. 2011. Effect of Rovabio? Max AP on performance, energy and nitrogen digestibility of diets high in distillers dried grains with solubles (DDGS) in broilers. *International Journal of Poultry Science* 10:796-803.
- Montagne, L.; Pluske, J. R.; Hampson, D. J. 2009. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in Young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108: 95-117.
- Murakami, A.E.; Arikki, J. *Produção de codorna japonesa*. Jaboticabal: Funep, 1998. 79p.
- Murakami, A. E.; Furlan, A. C. 2002. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, p.113-120.
- NRC (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC, National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press. 93 pp.,
- Oliveira, B.L. 2002. Manejo Racional e produtividade das codornas (*Coturnix coturnix japonica*). In: *Simpósio Internacional de Coturnicultura*, 01, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2002. p.77-84.

Olukosi, o. A.; cowieson, a. J.; adeola, o. 2007. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually and in combination in broilers. *Poultry Science*, Champaign, 86:77-78.

Parson, C. M; Martinez, C; Sing, H, V; Radhakrisman, S.; Noll, S; Nutritional value of conventional and modified DDGS. jor poltry. In: Multi State Poultry Nutrition and Feeding Conference, 2006, Indianapolis. Proceedings... Indianapolis: Purdue University Conference Division, 2006. 7p.

Pedersen, M. B.; Dalsgaard, S.; Knudsen, K. E. B.; Yu, S. and Laerke, H. N. 2014. Compositional profile and variation of Distillers Dried Grains with Solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*, 197:130-141.

Penz Júnior A.M. 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu-SP. p.165-178.

Perez-Vendrell, A.M., J.M. Hernandez, L. Llaurodo, J. Schierle and J. Brufau, 2001. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poultry Science*, 80:320-326.

Pluske, J. R.; Siba, P. M.; Pethick, D. W.; Durmica A.; Mulan, B. P.; Hampson, D. J. 1996. The incidence of swine dysentery in pigs can be reduced by feeding diets that limit the amount of fermentable substrate entering the large intestine. *Journal of Nutrition*, 126:2920-2933,

Ribeiro, A. M. L.; Henn, J. D. e Silva, G. L. 2010. Alimentos alternativos para suínos em crescimento e terminação. *Acta Scientiae Veterinariae*, 38(Supl 1):61-71.

Roberson, K.D., J.L. Kalbfleisch, W. Pan and R.A. Charbeneau, 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. *International Journal of Poultry Science*, 4: 44-51.

Romero, L.F.; Parsons, C.M.; Utterback, P.L.; Plumstead, P.W. e Ravindran, V. 2013. Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and AMEn in young broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 181:35-44.

Salim, H. M.; Kruk, Z. A. and Lee, B. D. 2010. Nutritive value of corn distillers dried grains with solubles as an ingredient of poultry diets: a review. *World's Poultry Science Journal*, 66:411-432.

Santos. L. M., et al. 2013. Digestibilidade de nutrientes e desempenho de codornas japonesas suplementadas com ácidos orgânicos após pico de postura. Tese. (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais.

Shone, R.A. 2015. Resíduo seco da destilaria com solúveis na alimentação de frangos de corte. Dissertação de mestrado: Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 57p.

Shone, R. A.; Nunes, R. V.; Frank, R.; Eyng, C.; Castilha, L. D. 2017. Resíduo seco de destilaria com solúveis (DDGS) na alimentação de frangos de corte (22-42 dias). Revista Ciência Agrônômica, 48(3): 548-557.

Shurson, J.; Johnston, L.; Baidoo, S. & Whitney, M. 2008. Use of dried distillers grains with soluble (DDGS) in swine diets. University of Minnesota, 144-15.

Shurson, J. and NOLL, S. 2005. Feed and Alternative Uses for DDGs. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Louis, Missouri, v. Energy FRO.

Singh, V. et al. 2005. Comparison of modified dry-grind corn processes for fermentation characteristics and DDGS composition. Cereal Chemistry, 82:187-190.

Silva, J. R. 2015. Resíduo seco de destilaria contendo solúveis (DDGS), com e sem xilanase, na alimentação de cães. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) –Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Silveira. G. 2012. Etanol de milho no Brasil, 2012. Disponível em: <http://blogs.ruralbr/sojaporglaubersilveira/2012/01/16/etanol-de-milho-no-brasil> acesso em 12/05/2014.

SNA – Sociedade Nacional de Agricultura. 2017. Disponível em: <http://www.sna.agr.br/etanol-de-milho-sera-o-proximo-combustivel-do-seu-carro/> Acesso em: 15 jul.2018.

Spiehs, M. J.; Whitney, M. H. and Shurson, G. C. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. Journal of Animal Science, 80:2639-2645.

Swiatkiewicz, S.; Arczewska-Wlosek, A. and Jozefiak, D. 2014. Feed enzymes, probiotic, or chitosan can improve the nutritional efficacy of broiler chicken diets containing a high level of distillers dried grains with solubles. Livestock Science, 163:110-119.

Swiatkiwicz, S. and J. Koreleski, 2006. Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. J. Animal Feed Science, 15:253-260.

Tjardes, J. E Wright, C. 2002. Feeding corn distiller's coproducts to beef cattle. Extension Extra, August, South Dakota State University Cooperative Extension Service, Dept. of Animal and Range Sciences. p.1-5.

Umigi, R. T.; Barreto, S. L. T.; Reis, R. S.; Mesquita Filho, R. M. Araújo, M. S. 2012. Níveis de treonina digestível para codornas japonesas na fase de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, MG. ISSN 0102-0935 64: 658-664.

Urriola, P. E. and Stein, H. H. 2014. Effects of distillers dried grains with soluble on the digestibility of energy, DM, AA, and fiber, and intestinal transit time in a corn soybean meal diet fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 87: 145-157.

USGC, U.S Grains Council. (2012). *A guide to distiller's dried grains with solubles (DDGS)*. Third Edition.

Waldroup, P.W., Z. Wang, C. Coto, S. Cerrate and F. YAN., 2007. Development of a standardized nutrient matrix for corn distillers dried grains with solubles. *Int. Journal Poultry Science.*, 6: 478-483.

Warpechowski, M. B. 1996. Efeito da fibra isolável da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de aves intactas, sectomizadas e fistuladas no íleo terminal. Porto Alegre, 1996, 125p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,

Wyman, C. E. 1996. *Handbook on bioethanol: production and utilization*, Applied Energy Technology Series, Taylor & Francis, Washington.

Yari P., Yaghobfar A., Aghdamshahryar H., Ebrahim-Nezhad Y. & Mirzaie-Goudarzi S. 2014. Productive and serum biological responses of broiler chicks to use of different patterns of diet formulation. *Int. J. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 4(3):459-464.

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

CAPÍTULO II – Artigo Científico

Artigo científico elaborado segundo as normas da revista científica – Journal of Animal and Feed Sciences.

Complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação com solúveis (DDGS) na alimentação de codornas japonesas

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do complexo enzimático Allzyme® SSF E (Alltech) em dietas formuladas com níveis crescentes de DDGS na produção de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*). Utilizou-se 380 codornas japonesas com 72 dias de idade. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2 (0, 10, 20 e 30% de inclusão de DDGS; com ou sem complexo enzimático), com seis repetições de 8 aves cada. Avaliou-se, o desempenho, qualidade de ovos, desenvolvimento digestivo, bioquímica sérica, aproveitamento nutricional das dietas e histomorfometria duodenal. Não se observou diferenças na maioria das variáveis de desempenho avaliados. Entretanto, houve efeito linear decrescente para as características de consumo, peso e massa de ovos. A inclusão de DDGS não afetou os parâmetros de qualidade interna (Unidade Haugh e índice gema) e qualidade externa (Densidade específica e espessura da casca) dos ovos das codornas. Os níveis de A* e B* da coloração da gema foram aumentados pela adição de DDGS. Não houve efeito do DDGS sobre as características morfométricas, exceto para peso do fígado. O perfil sérico bioquímico e a histomorfometria duodenal não foram influenciados pelos fatores avaliados. Não houve efeito da suplementação enzimática sobre a digestibilidade dos nutrientes. Entretanto, maiores CDMS e CDFDN foram obtidos com inclusão máxima de 15,95% e 18,67%, respectivamente. A inclusão de até 30% de DDGS sem o uso de complexo enzimático melhora a coloração da gema e não afeta o desempenho, parâmetros de qualidade externa e interna dos ovos, morfometria do trato gastrointestinal e bioquímica sérica das codornas japonesas.

Palavras-Chaves: Bioquímica Sérica, Etanol de milho, Histomorfometria duodenal, Qualidade de ovos.

Enzymatic complex in diets formulated with corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) in the feeding of Japanese quail

ABSTRACT : The objective was to evaluate the inclusion effect of the enzymatic complex Allzyme® SSF E (Alltech) on diets formulated with DDGS in the laying quail (*Coturnix coturnix japonica*) production. There were used 380 Japanese quails at 72 days of age. The experiment was carried out in a 4 x 2 factorial scheme (0, 10, 20 and 30% DDGS inclusion, with or without enzymatic complex), with six replicates of 8 birds each. Performance, egg quality, digestive development, biochemistry, nutritional use of diets and duodenal histomorphometry were evaluated. No differences were observed in most evaluated performance variables. However, there was a linear decreasing effect for the consumption, weight and egg mass characteristics. The DDGS inclusion did not affect the internal quality parameters (Haugh Unit and yolk index) and external quality (specific density and shell thickness) of quail eggs. The levels of A * and B * of the yolk staining were increased by the DDGS addition. There is no DDGS effect on morphometric characteristics, except for liver weight. The serum and histomorphometric duodenal profile were not significantly influenced by the evaluated factors. There was no effect of enzymatic supplementation on nutrient digestibility. However, higher CDMS and CDFDN were found with the highest inclusion of 15.95% and 18.67%, respectively. The DDGS inclusion until 30% without the enzymatic complex improves the egg quality and internal egg expression, gastrointestinal tract morphometry and biochemistry of Japanese quails.

Key words: Serum biochemistry, Corn ethanol, Duodenal histomorphometry, Egg quality.

INTRODUÇÃO

As rações para aves no Brasil são compostas basicamente por milho e farelo de soja. Entretanto, os constantes aumentos nos preços destes insumos geram crescente busca de alternativas alimentares que não prejudiquem o desempenho animal e reduzam o custo de produção.

O Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS), é o resíduo da fermentação do amido do milho, trigo, cevada, sorgo ou mistura de todos esses, pelas leveduras e enzimas selecionadas para produzir o etanol e o dióxido de carbono (AAFCO, 2007). Este coproduto apresenta considerável fonte de aminoácidos, energia, fósforo e outros nutrientes (Lumpkins; Batal; Dale, 2004), além de apresentar valor médio de energia e proteína bruta similar ao do farelo de soja, tendo como limitantes apenas os aminoácidos triptofano, arginina e lisina (Penz Júnior; Gianfelice, 2008).

Entretanto, o principal limitante do seu uso em dietas para aves está na elevada concentração em polissacarídeos não amiláceos (PNA's), além de ser um ingrediente que possui grande variabilidade na composição nutricional e na qualidade pela influência de alguns fatores como: composição nutricional da matéria-prima utilizada, proporção de solúvel adicionado ao DDGS no secador antes da secagem, eficiência de conversão do amido em etanol e a temperatura e duração da secagem (Olentine, 1986; Martinez-Amezcuca et al. 2007)

Ward et al. (2008) analisando diversas amostras de DDGS de milho observaram que o DDGS de milho possui cerca de 23,1% de PNAs totais, sendo a maior parte cerca de 80% na forma insolúvel que aumenta a motilidade do TGI e reduz o tempo de ação das enzimas endógenas sobre a digesta e a absorção de nutrientes pelos vilos intestinais, podendo haver ainda a encapsulação de proteínas, lipídeos e minerais pela fibra, o que resulta em menor aproveitamento nutricional.

Neste contexto a adição de enzimas digestivas exógenas pode ser uma alternativa para reduzir os efeitos negativos dos PNAs na nutrição de aves, além de reduzir o impacto negativo destes resíduos não digeridos sobre a viscosidade da digesta (Zijlstra et al., 2010)

Na literatura, trabalhos acerca da utilização de complexo enzimático em dietas à base de DDGS para poedeiras e frangos de corte já são uma realidade e demonstram em sua maioria efeito positivo da suplementação enzimática sobre o desempenho desses animais (Liu et al., 2011; Barekatin et al., 2013 ; Swiatkiewicz et al., 2014). Porém, o efeito da adição de enzimas em dietas contendo DDGS para codornas de postura ainda são limitadas.

Desta forma, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da inclusão de um complexo enzimático composto por amilase, β -glucanase, celulase, fitase, pectinase, protease e xilanase em dietas formuladas com diferentes níveis de inclusão de DDGS, sobre o desempenho, qualidade de ovos, desenvolvimento digestivo, bioquímica sérica e aproveitamento nutricional das dietas para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*).

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e ambiente de criação

O experimento teve duração de 84 dias (três ciclos de 28 dias cada) e foi conduzido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Goiás. Foram utilizadas 384 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 72 dias de idade, com peso vivo igual a $167 \pm 6,78$ g e taxa de postura de $86 \pm 9,24$ % devidamente vacinadas contra as doenças de marek, gumboro, new castle e bouba aviária. O projeto foi aprovado pela comissão de ética no uso dos animais do IFGoiano (CEUA/IFGoiano) sob o protocolo nº 4655310717.

As codornas foram distribuídas em delineamento de blocos ao acaso (sendo considerado como bloco, cada andar das baterias utilizadas constituindo assim 6 blocos) em esquema fatorial 4×2 (0, 10, 20 e 30% de inclusão de DDGS; com ou sem complexo enzimático), com seis repetições de 8 aves por parcela. Os animais receberam água e ração *ad libitum*.

As codornas foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com 38 cm de comprimento \times 40 cm de largura \times 23 cm de altura, compostas de bebedouros tipo niple e comedouros do tipo calha, além de aparador de excretas abaixo das gaiolas.

A temperatura ambiental média registrada durante o período experimental foi de $28,8$ °C \pm 2,24, com mínima de 25,2 e máxima de 32,1°C.

Rações experimentais

O DDGS utilizado apresentava coloração escura e teores de matéria seca igual de 90,67%, matéria mineral 3,04%, proteína bruta de 40,23%, extrato etéreo de 4,34%, fibra bruta de 18,27%, FDN de 61,87% e FDA 13,11%. O complexo enzimático utilizado era composto por amilase (30 U.I./g), β -glucanase (200 U.I./g), celulase (40 U.I./g), fitase (300 U.I./g), pectinase (4000 U.I./g), protease (700 U.I./g) e xilanase (100 U.I./g), de nome comercial Allzyme® SSF E da Alltech com inclusão 240 g/tonelada de ração.

As rações experimentais isonutritivas e isoenergéticas foram formuladas de acordo

com as recomendações nutricionais das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011).

Na Tabela 1 são apresentados a composição centesimal e os níveis nutricionais calculados das rações que foram utilizadas durante os três ciclos de produção de ovos.

Tabela 1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais da fase de produção de ovos.

Ingredientes (kg)	Níveis de inclusão de DDGS			
	0%	10%	20%	30%
DDGS	0,0000	10,0000	20,0000	30,0000
Milho Grão 7,86%	60,4410	58,6047	56,7684	54,9321
Soja Farelo 45%	29,6924	21,2437	12,7950	54,9321
Calcário	6,7809	6,9537	7,1065	4,3463
Fosfato Bicálcico	0,9860	0,8149	0,6438	7,2693
Óleo de Soja	0,6090	0,6421	0,6752	0,4728
DL- Metionina	0,4311	0,3993	0,3675	0,3356
L- Lisina HCL	0,3617	0,5685	0,7753	0,9822
Premix Vit/Min	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
Sal Comum	0,2576	0,2654	0,2732	0,2810
L-Treonina	0,0783	0,1220	0,1657	0,2094
L-Triptofano	0,0380	0,0717	0,1054	0,1391
Inerte	0,0240	0,0240	0,0240	0,0240
Níveis Nutricionais Calculados				
Proteína Bruta	18,9200	18,9200	18,9200	18,9200
EM Galinha (Mcal/kg)	2,8000	2,8000	2,8000	2,8000
Cálcio	2,9900	2,9900	2,9900	2,9900
Fósforo Disponível	0,3090	0,3090	0,3090	0,3090
Sódio	0,1470	0,1470	0,1470	0,1470
Lisina Digestível	1,1490	1,1490	1,1490	1,1490
Treonina Digestível	0,7010	0,7010	0,7010	0,7010
Triptofano Digestível	0,2410	0,2410	0,2410	0,2410
Ácido Linoleico	1,3959	1,4975	1,5991	1,7007

Premix Mineral Postura¹= Fibra bruta % 0,1495; Cálcio % 9,5243; Fósforo total % 6,5935; Fósforo disponível % 11,3059; Sódio % 5,9693; Arginina % 0,0262; Lisina % 0,0178; Metionina % 2,8835; Metionina + Cistina % 2,8971; Cistina % 0,0136; Triptofano % 0,0052; Glicina % 0,0234; Histidina % 0,0189; Isoleucina % 0,0200; Leucina % 0,0778; Fenilalanina % 0,0305; Tirosina % 0,0212; Treonina % 0,1696; Valina % 0,0277; Alanina % 0,0470m Mineral % 71,6626; Fenilal+Tirosina % 0,0517; Acido Linoleico % 0,0840; Cobre ppm 666,6666; Ferro ppm 1.666,2500; Manganês ppm 3.830,6670; Zinco ppm 3.333,7500; Iodo ppm 66,7333; Selenio ppm 13,2917; Ca-P % 0,842;. Premix Vitamínico Postura²= Vit A ui/g 406,0000; Vit D3 ui/g 171,0680; Vit E ppm 2.247,5000; Vit K ppm 94,2238; Vit B1 (tiamina) ppm 106,5866; Vit B2 (Riboflavina) ppm 417,6000; Vit B6 (Piridoxina) ppm 181,2036; Vit B12 (Cianocobala) ppm 1,5370; Ácido Fólico ppm 133,3420; Ácido Nicotínico ppm 1.348,5000; Ac. Pantotênico ppm 681,5001; Biotina ppm 9,7150; Colina ppm 13.277,8500; Antioxidante ppm 3.507,2500; Tilosina ppm 1.837,0000; Eq. ácido-base meq/kg 1.918,8490; Umidade % 1,9907.

Desempenho e qualidade de ovos

Ao início e final de cada ciclo de produção, as aves e rações foram pesadas e os ovos, coletados diariamente para mensuração dos parâmetros de desempenho: produção de ovos, consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar por massa de ovos produzidos (kg/kg de ovo), conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dúzia de ovos), massa de ovo por ave por dia (g/ave/dia), e percentual de postura (%/ave/dia).

Para determinação do preço da ração foram utilizados apenas os valores por quilo das matérias-primas utilizadas e o preço atualizado destas na região, no período de realização do experimento, que foram: milho, R\$ 0,51; farelo de soja, R\$ 1,23; DDGS, R\$ 0,70 (Agrolink, 2018; Mfrural, 2018)

As mensurações de qualidade interna do ovo (índice gema e Unidade Haugh) e medidas de qualidade externa do ovo (peso, gravidade específica e espessura de casca) foram realizadas no início e no final de cada ciclo de produção, através da amostragem aleatória de três ovos/unidade experimental.

Para esta avaliação, foi feita a pesagem individual dos ovos e em seguida, a determinação da gravidade específica. A técnica utilizada foi da imersão dos ovos em soluções salinas com densidade variando de 1,0650 a 1,0950 kg/L, a um gradiente de 0,0025 determinado através de um densímetro INCOTERM 5854.

O albúmen e a chalaza aderidos à gema foram retirados manualmente e a gema pesada. A casca do ovo, com membranas, foi lavada em água corrente e seca em estufa de ventilação forçada por 24 horas a 105°C para posterior pesagem.

Após a pesagem dos ovos estes foram quebrados e seu conteúdo, (clara+gema), colocados numa superfície de vidro plana e nivelada, obtendo-se a medida da altura do albúmen (mm), por meio da leitura do valor indicado pelo paquímetro digital. De posse dos valores de peso do ovo (g) e altura do albúmen (mm), foi então utilizada a fórmula: $UH = 100 \log (h + 7,57 - 1,7W^{0,37})$ em que: h = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g). O índice de gema foi obtido dividindo-se a altura da gema (mm) pelo valor do seu respectivo diâmetro (mm) (Romanoff e Romanoff, 1963).

Depois de realizado o procedimento para pesagem das cascas dos ovos, foi mensurada a espessura em três pontos na linha mediana do ovo e calculada a média aritmética expressa em milímetros.

Para a mensuração da cor da gema foi utilizado colorímetro calibrado de acordo com Bible & Singha (1993) realizada em ovos logo após a coleta. Foram avaliados três parâmetros de cor: L*, a* e b*. O valor de a* caracteriza coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*), o valor b* indica coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*).

O valor L nos fornece a luminosidade, variando do branco (L=100) ao preto (L=0) (Harder, 2005)

Morfometria do trato gastrintestinal e histomorfometria duodenal

Para a análise da morfometria do trato gastrintestinal (TGI), histomorfometria duodenal e perfil sérico bioquímico, ao final de cada ciclo de produção, uma ave por parcela foi abatida por secção da artéria carótida e veias jugular e após, eviscerada.

Para a realização da morfometria dos órgãos do sistema digestório, foram mensurados: o comprimento do TGI desde a inserção da boca até a comunicação do intestino grosso com a cloaca (cm), o peso dos órgãos (g): proventrículo + moela, pâncreas, intestino delgado, intestino grosso e fígado. Com estas medidas foi determinado o peso relativo (%) dos órgãos digestivos, calculados em porcentagem do peso vivo da ave.

Para a análise da histomorfometria intestinal, segmentos do duodeno com aproximadamente 2,0 cm de comprimento foram cuidadosamente coletados, lavados em água destilada, identificados, armazenados em solução de formol tamponado por 24 horas e, em seguida mantidos em álcool 70%, até a confecção das lâminas. As variáveis estudadas foram altura das vilosidades intestinais (VI), profundidade das criptas (CR) (20 leituras por lâmina) e a relação altura do vilo/cripta (VI/CR). As medidas das VI foram feitas a partir da região basal coincidente com a porção superior das criptas até ao ápice das VI. A CR será tomada a partir da região basal das vilosidades até a sua delimitação com a muscular da mucosa, segundo metodologia descrita por Marchini et al. (2009).

Para a montagem das lâminas, os cortes intestinais foram desidratados em série crescente de etanol, diafanizados em xilol e incluídos em parafina. Em seguida, foram realizados cortes multisseriados de 6 µm de espessura, destes foram escolhidos seis cortes de cada segmento, dispostos em lâmina de vidro, corados em hematoxilina-eosina e cobertos com lamínula de vidro.

As análises morfométricas da mucosa intestinal foram feitas pelas imagens obtidas em aumentos de 4x com o auxílio de um microscópio ótico acoplado a um sistema analisador de imagens da Leica (Image-Pro Plus versão 6.0).

Perfil bioquímico sérico

Durante o abate, também foram colhidos dois mL de sangue, que em seguida foram centrifugados a 5.000 rpm por 10 minutos. O soro (sobrenadante) separado foi colhido em microtubo tipo *eppendorf* e congelado. O descongelamento das amostras para análise ocorreu a temperatura ambiente. As análises bioquímicas foram realizadas em triplicata através de kits

específicos para determinação do cálcio, fósforo, proteína total, triglicérides e colesterol total séricos em espectrofotômetro BEL Photonics UV – M51.

Coefficientes de digestibilidade

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e do FDN (CDFDN) foi utilizado o método de coleta parcial de excretas, conforme proposto por Sakomura e Rostagno (2016). Celite®, uma fonte de sílica foi adicionado à todas as dietas experimentais em nível de 1% como indicador indigestível.

O período de coleta foi realizado do 128º a 133º dia de vida dos animais. Sob cada gaiola foi instalada uma bandeja de alumínio coberta com plástico para o recebimento das excretas. As amostras de excretas foram coletadas às 8h00m e 15h00m em cada dia e acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados por gaiola, repetição e congeladas. Posteriormente, as excretas foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do IFGoiano – Rio Verde, para realização das análises de matéria seca e fibra em detergente neutro segundo Silva e Queiroz, (2002). A cinza ácida insolúvel, fração indigerível presente nas dietas e digestas, foi determinada segundo a metodologia descrita por Carvalho et al. (2013). Com os resultados laboratoriais os coeficientes de metabolização aparente da matéria seca (CMAMS) e fibra em detergente neutro (CMAFDN) foram calculados segundo Sakomura e Rostagno (2016).

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de resíduo (normalidade, homogeneidade) dos erros, utilizando os testes de Shapiro-wilk e Levene respectivamente considerando o seguinte modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \omega_k + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado para a variável em estudo referente a k-ésima repetição da combinação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

μ = representa uma constante comum a todas observações;

ω_k = efeito do k-ésimo bloco na observação Y_{ijk} ;

α_i = efeito do i-ésimo nível de inclusão de DDGS no valor observado em Y_{ijk} ;

β_j = efeito do j-ésimo nível de inclusão ou não de enzimas exógenas no valor

observado em Y_{ijk} ;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

ε_{ijk} = é o erro experimental da parcela que recebe o nível i do fator A e o nível j do fator B na repetição k.

Com a finalidade de determinar o melhor nível de inclusão de DDGS (com ou sem enzima), após a análise de variância, foi realizado a análise de regressão polinomial testando os modelos linear e quadrático. Os dados foram avaliados, utilizando como ferramenta estatística o software livre R-Project.

RESULTADOS

Não houve interação significativa ($p>0,05$) entre os níveis de DDGS x Enzima para as características de desempenho, qualidade de ovos, aproveitamento nutricional, morfometria do trato gastrointestinal e histomorfometria duodenal das codornas (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6). A adição de DDGS não afetou a produção de ovos, percentual de postura e a conversão alimentar (por kg ou dúzia de ovos). Porém, foi observado efeito linear decrescente para as características de consumo, peso e massa de ovos (Tabela 2).

A adição de enzimas não afetou o desempenho das codornas alimentadas ou não com DDGS (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS) com ou sem adição de um complexo enzimático.

Variáveis*	DDGS (%)				Enzima (E)		Probabilidades ($p<0,05$)			CV (%)
	0	10	20	30	Com	Sem	DDGS	E	DDGS x E	
PROD O	173,22	168,83	168,13	168,12	169,66	169,55	0,6251	0,9443	0,3876	6,52
CR(g/ave/dia) ¹	24,25	24,53	24,53	22,39	24,55	23,63	0,0130	0,0837	0,5087	8,17
PO (g) ²	10,47	10,35	10,27	9,85	10,19	10,30	0,0000	0,3217	0,1819	2,14
PP (%)	89,02	89,61	87,70	88,97	89,46	88,11	0,8168	0,3331	0,4925	5,57
CADz (g/ dz)	0,336	0,329	0,353	0,311	0,339	0,326	0,0529	0,1646	0,9159	10,76
CAM (g/g)	2,66	2,65	2,87	2,64	2,76	2,65	0,1912	0,1483	0,8430	10,55
MO (/ave/dia) ³	9,54	9,65	9,13	8,91	9,36	9,25	0,0022	0,2450	0,4633	4,82

¹Efeito Linear: $Consumo=0,0252-0,00007DDGS$ $R^2 = 0,72$

²Efeito Linear: $Peso\ do\ ovo=10,5338-0,0192DDGS$ $R^2 = 0,91$

³Efeito Linear: $Massa\ de\ ovos=9,6727-0,0240DDGS$ $R^2 = 0,86$

*PROD O: Produção de ovos; CR(g/ave/dia): Consumo de ração; PO (g): Peso do ovo; PP (%): Percentual de postura; CADz (g/ dz): Conversão alimentar por dúzia de ovos; CAM (g/g): Conversão alimentar por massa de ovos; MO (/ave/dia): Massa de ovos

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância.

A inclusão de DDGS não afetou os parâmetros de qualidade interna (Unidade Haugh e índice gema) e qualidade externa (Densidade específica e espessura da casca) dos ovos das codornas. Entretanto, o aumento dos níveis de DDGS na ração resultou em resposta linear decrescente ao peso do ovo e aumentou linearmente os níveis de A* e B* na coloração da gema. A adição do complexo enzimático aumentou 5,89% o parâmetro B* da coloração da gema (Tabela 3).

Tabela 3. Qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS) com ou sem adição de um complexo enzimático

Variáveis*	DDGS (%)				Enzima (E)		Probabilidades (p<0,05)			CV (%)
	0	10	20	30	Com	Sem	DDGS	E	DDGS x E	
PO (g) ¹	11,34	10,86	11,14	10,58	11,05	10,87	0,0306	0,1773	0,7846	4,18
GE (g/cm)	1,073	1,070	1,069	1,071	1,071	1,070	0,4581	0,4521	0,2270	0,55
IG	0,41	0,40	0,42	0,38	0,40	0,41	0,0826	0,2677	0,6916	7,66
UH	87,16	86,46	86,16	86,37	85,97	87,09	0,8387	0,1795	0,8816	3,28
EC (mm)	0,193	0,189	0,193	0,195	0,192	0,193	0,7797	0,6496	0,5980	7,33
L*	39,50	39,76	39,36	38,78	39,92	38,72	0,8482	0,1284	0,6834	6,93
A* ²	2,40	3,67	4,65	4,83	4,02	3,73	0,0000	0,2510	0,4414	20,7
B* ³	38,98	40,56	42,59	42,85	42,58 ^a	40,21 ^b	0,0075	0,0103	0,7660	6,61

¹Efeito Linear: Peso do Ovo = $11,2626 - 0,0237DDGS$

$R^2 = 0,82$

²Efeito Linear: A* = $2,6514 + 0,0828DDGS$

$R^2 = 0,92$

³Efeito Linear: B* = $39,3208 + 0,1295DDGS$

$R^2 = 0,87$

*PO(g): Peso do ovo; GE: Gravidade específica; IG: Índice gema; UH: Unidade haugh; EC(μm): Espessura da Casca; C: Cor da gema

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância.

A suplementação enzimática não afetou a digestibilidade dos nutrientes, entretanto, o efeito quadrático para CMAMS e CMAFDN apontou que máxima metabolização destes nutrientes com a inclusão máxima de 15,95% e 18,67% de DDGS, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade de nutriente para codornas japonesas, alimentadas com diferentes níveis de inclusão de *Distiller Dried Grains With Solubles* (DDGS) e adição de um complexo enzimático.

Variáveis*	DDGS (%)				Enzima (E)		Probabilidades (p<0,05)			CV (%)
	0	10	20	30	Com	Sem	DDGS	E	DDGS x E	
CDMS ¹	34,09	39,42	50,03	33,85	40,21	38,48	0,0151	0,6503	0,5832	33,35
CDIFDN ²	45,49	56,21	65,22	55,15	57,01	54,02	0,0114	0,3570	0,2886	19,96

¹Efeito Quadrático: CDIMS = $32,4896 + 1,7120DDGS - 0,0537DDGS^2$

$R^2 = 0,70$

²Efeito Quadrático: CDIFDN = $44,6277 + 1,9383DDGS - 0,0519DDGS^2$

$R^2 = 0,92$

*CDIMS: Coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDIFDN: Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro;

A inclusão de DDGS nas rações afetou apenas o peso relativo do fígado das codornas. O efeito quadrático demonstrou que a inclusão de até 3,67% de DDGS elevou o peso deste órgão (Tabela 5).

A utilização do complexo enzimático também não afetou as variáveis morfométricas analisadas. (Tabela 5).

Tabela 5. Morfometria do trato gastrointestinal de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de Distiller Dried Grains with Solubles (DDGS) com ou sem adição de um complexo enzimático

Variáveis*	DDGS (%)				Enzima (E)		Probabilidades (p<0,05)			CV (%)
	0	10	20	30	Com	Sem	DDGS	E	DDGS x E	
TGI(cm)	96,01	91,55	94,86	91,63	92,21	94,98	0,0916	0,0955	0,2150	5,98
PV+Moela(%)	2,63	2,78	2,69	2,75	2,69	2,74	0,5101	0,5289	0,3762	9,37
ID(%)	3,10	2,85	2,82	2,82	2,90	2,86	0,1347	0,7671	0,9262	9,39
IG(%)	4,57	4,32	4,58	4,62	4,53	4,51	0,5713	0,8731	0,3554	12,55
Pâncreas(%)	0,23	0,25	0,27	0,26	0,25	0,25	0,3094	0,8783	0,9376	18,94
Fígado(%) ¹	3,14	3,47	3,20	3,69	3,31	3,40	0,0085	0,4082	0,6038	10,92

Os dados percentuais correspondem ao peso relativo do órgão em relação ao peso vivo da ave

¹Efeito Quadrático: Fígado = $3,2108+0,0022DDGS+0,0003DDGS^2$ $R^2 = 0,55$

*TGI (cm): Comprimento do Trato Gastrintestinal; PV+Moela: Pró-ventrículo + Moela; ID: Intestino Delgado; IG: Intestino Grosso

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância

Tanto o DDGS quanto a suplementação enzimática não influenciaram estatisticamente a altura de vilos (µm), profundidade de cripta (µm) e relação vilos:cripta do duodeno das codornas japonesas. (Tabela 6).

Tabela 6. Altura de vilos (µm), profundidade de cripta (µm) e relação vilos:cripta do duodeno de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de *Distiller Dried Grains With Solubles* (DDGS) e adição de um complexo enzimático.

Variáveis*	DDGS (%)				Enzima (E)		Probabilidades (p<0,05)			CV (%)
	0	10	20	30	Com	Sem	DDGS	E	DDGS x E	
Vilos(µm)	206,43	215,19	223,33	189,65	206,62	210,67	0,4872	0,7999	0,7913	26,31
Cripta(µm)	82,23	71,25	82,20	77,63	82,25	74,41	0,5577	0,2139	0,2138	27,40
Relação V:C	2,60	3,08	3,02	2,59	2,56	3,08	0,4732	0,0822	0,6714	35,43

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Da mesma forma, os fatores avaliados não afetaram os níveis séricos das codornas japonesas. (Tabela 7). Porém, houve interação significativa ($P>0,05$) entre os níveis de DDGS x Enzima apenas para os níveis séricos de proteínas totais (PT) das codornas (Tabela 7).

Tabela 7. Bioquímica sérica de codornas japonesas alimentados com diferentes níveis de inclusão de *Distiller Dried Grains With Solubles* (DDGS) e adição de um complexo enzimático.

Variáveis*	DDGS (%)				Enzima (E)		Probabilidades (p<0,05)			CV (%)
	0	10	20	30	Com	Sem	DDGS	E	DDGS x E	
Ca(mg/dL)	11,31	11,16	11,27	11,47	11,37	11,24	0,7178	0,5058	0,5475	5,84
P(mmol/L)	7,12	7,23	6,84	7,81	7,08	7,42	0,2930	0,2847	0,1854	15,37
CA/P	1,58	1,61	1,57	1,52	1,62	1,52	0,8517	0,2199	0,0535	15,52
PT(g/dL)**	5,71	5,28	5,32	5,66	5,25	5,68	0,1418	0,1304	0,0343	14,10
COL(mg/dL)	163,14	156,61	167,00	167,50	161,61	164,93	0,2297	0,4596	0,1354	8,33
TRI(mg/dL)	172,52	186,74	176,04	181,04	174,84	183,75	0,7952	0,3748	0,2936	19,15

Ca: cálcio; P: fósforo; PT: proteínas totais; COL: colesterol Total; TRI: triglicérides

** Interação significativa

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Com o desdobramento da interação DDGS x Enzima para os teores de PT, nota-se que houve efeito para os níveis de DDGS apenas nas dietas que foram incluídas o complexo enzimático. Nestas rações, o efeito quadrático demonstrou que a inclusão de 17,3% de DDGS resultou no máximo nível de PT sérica. A utilização de enzimas resultou em menor proporção de PT no sangue somente nas rações preparadas com 10% de DDGS (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação para os níveis séricos de Proteínas Totais (PT) de codornas japonesas, alimentadas com diferentes níveis de inclusão de *Distiller Dried Grains With Solubles* (DDGS) e adição de um complexo enzimático.

DDGS (%)	PT (mg/dL)	
	Com	Sem
0	6,26 a	5,49 a
10	4,72 b	5,86 a
20	4,96 a	5,55 a
30	5,39 a	5,96 a

$${}^1\text{PT} = 6,1682 - 0,1696\text{DDGS} + 0,0049 \text{DDGS}^2$$

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste F, ao nível de 5% de significância.

DISCUSSÃO

O aumento da inclusão de DDGS não afetou os parâmetros de produção de ovos, percentual de postura, CA (por kg ou dúzia de ovos). Resultados semelhantes foram observados por Saeed et al. (2017) que estudando o efeito da substituição parcial da soja pelo DDGS não observaram diferenças significativas até o nível de 50% para as características de produção de ovos e percentual de postura em galinhas poedeiras. Da mesma forma, Cheon et al. (2008) em seus estudos observaram que o DDGS pode ser incluído até o nível de 20% sem afetar consumo de ração, taxa de postura, massa de ovos, peso dos ovos e conversão alimentar.

Nesta pesquisa, foi observado redução no CR das codornas com a elevação da inclusão de DDGS na dieta. Abd El-Hack et al. (2015) observou que a inclusão do DDGS na dieta até o nível de 16,5% aumentou o consumo de ração, enquanto níveis mais altos até 22% levou a depressão acentuada na ingestão. Deniz et al. (2013) relataram que a adição de 20% de DDGS no dieta de galinhas poedeiras reduz significativamente o consumo de ração. Esse fato pode ser explicado, porque o aumento da fração fibrosa na ração faz com que ocorra alta capacidade de absorção de água da fração solúvel, aumentando o volume ocupado no trato digestório e contribuindo para a redução no consumo (Rodriguez-Palenzuela et al. 1998).

Corroborando com os resultados desta pesquisa Roberson et al. (2005) avaliando o efeito de até 15% de inclusão de DDGS sobre o desempenho de galinhas poedeiras observaram que a medida que aumentou a inclusão, houve diminuições lineares no peso dos ovos (63 semanas) e massa dos ovos (51 e 53 semanas de idade). Masa'deh (2011) também observou que o peso e a massa de ovos diminuíram à medida que o nível de inclusão DDGS aumentou na dieta durante a fase I de produção de galinhas poedeiras.

Segundo Leeson & Summers (1997) a proteína, os aminoácidos e o ácido linoleico são os fatores nutricionais mais importantes que afetam o peso do ovo e, conseqüentemente, a proporção dos componentes do ovo. Como neste estudo, as codornas receberam rações formuladas para conter níveis iguais de energia metabolizável, proteína bruta, cálcio, fósforo disponível, sódio, lisina e metionina provavelmente a maior quantidade de PNAs presentes nas dietas contendo DDGS foram responsáveis por menor aproveitamento desses nutrientes. De acordo com Janssen e Carré (1989), o complexo celulolítico da parede celular dos vegetais, além de ser pouco digerido pelas aves funciona como barreira impedindo a penetração das enzimas, diminuindo a digestão dos nutrientes da ração.

É importante ressaltar que apesar do peso e massa de ovos terem reduzido em 5,92 e 6,60%, respectivamente, com a inclusão de DDGS, as outras variáveis de desempenho não foram afetadas. Além disso, observa-se nesta pesquisa que a inclusão de até 30% de DDGS diminuiu o custo de alimentação em 12%, tornando vantajoso seu uso sobre essas características.

A inclusão de DDGS não afetou os parâmetros de qualidade interna (Unidade Haugh e índice gema) corroborando com os resultados de Lumpkins et al. (2005), Świątkiewicz e Koreleski (2006), Pineda et al. (2008) e Yidiz (2018).

De acordo com o USDA (2000) os ovos são considerados de qualidade excelente (AA) quando apresentarem valores de UH superiores a 72. Nesta pesquisa é possível observar que os valores de UH são considerados como de qualidade excelente, indicando que a inclusão de DDGS até o nível de 30% não prejudica a qualidade interna dos ovos.

O índice gema é outro parâmetro utilizado para avaliar a qualidade interna do ovo, com valores médios de 0,40 a 0,42 para ovos recém-postos (Austic e Nesheim, 1990) e próximos aos obtidos neste trabalho.

Corroborando com os resultados desta pesquisa, Lumpkins et al. (2005), Swiatkiwicz and Koreleski (2006) and Jung and Batal (2009) não observaram efeito do DDGS sobre a qualidade externa dos ovos em seus trabalhos. Yidiz et al. (2018) avaliando a inclusão de até 30% de DDGS na alimentação de poedeiras com ou sem suplementação enzimática também não encontraram diferenças na espessura da casca em relação à dieta controle.

A média de gravidade específica dos ovos de codornas alimentadas com rações com inclusão de DDGS nesta pesquisa foi 1,070 g/cm³. Segundo Roll et al. (2011) os valores de gravidade específica de ovos de codorna que apresentam boa qualidade giram em torno de 1,064 a 1,072, e reflete, portanto, que o DDGS adicionado à dieta das codornas não comprometeu a boa qualidade externa dos ovos.

Foi observado efeito linear crescente da coloração da gema descrita pelas variáveis (a* e b*) indicando que o DDGS pode tornar a cor da gema mais intensa. Isso se deve ao fato de que durante a produção do etanol de milho, após a remoção do amido ocorre aumento na concentração dos nutrientes, incluindo a xantofila cujo conteúdo no milho grão é de 17 mg / kg e chega a 30 mg/kg com a formação do DDGS (NRC, 1994). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Masa'deh (2011) e Abd El - Hack e Mahgoub (2015) que observaram aumento linear da cor da gema de ovos de galinhas poedeiras à medida que se aumenta os níveis de DDGS na dieta. Roberson et al. (2005), postulou em sua pesquisa que os valores de (a*) aumentaram com a inclusão de DDGS na dieta, o mesmo autor observou que a cor da gema do ovo é alterada visualmente dentro de 1 mês quando 10% ou mais de DDGS é incluído na dieta e por 2 meses quando a inclusão é de 5%.

A adição do complexo enzimático aumentou o parâmetro B* da coloração da gema e pode ser atribuído a quantidade de fitase (300 U.I./g) presente no complexo enzimático utilizado nesta pesquisa. Soto-Salanova e Watt (1997) relataram que um dos efeitos da suplementação da enzima fitase às dietas de poedeiras é o aumento na absorção dos pigmentos. Bruneli et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas suplementadas com fitase para poedeiras comerciais observaram que as aves alimentadas com as rações contendo 1000 FTU/ kg apresentaram ovos com gemas mais alaranjadas em relação às alimentadas com rações sem fitase e atribuem este resultado possivelmente à hidrólise do ácido fítico da dieta. O ácido fítico tem propriedade despigmentante e antioxidante e é utilizado na composição de cremes clareador cutâneo (Gardoni et al., 2004).

Observou-se queda na digestibilidade dos nutrientes (CDMS, CDFDN) nas dietas quando os níveis de inclusão de DDGS ultrapassaram valores entre 15,95% a 18,67% respectivamente. A redução da digestibilidade destes nutrientes com aumento do nível de DDGS na dieta pode ser pela maior quantidade de fibra bruta presente no coproduto. Vale ressaltar que o DDGS apresenta na sua composição elevada concentração em polissacarídeos não amiláceos (PNA's), estes limitam a digestibilidade nutricional por provocar a hidratação do alimento, que eleva a viscosidade e impede a ação das enzimas (exógenas e endógenas) sobre as diversas frações alimentares reduzindo a absorção de nutrientes ao longo do trato digestivo (Hopwood et al., 2004; Warpechowski et al., 2005).

Diferente do observado no presente estudo Liu et al. (2011).; Barekatin et al. (2013).; e Swiatkiewicz et al. (2014) observaram efeito positivo da suplementação enzimática sobre o desempenho de frangos de corte e poedeiras.

Observou-se nessa pesquisa que a inclusão de DDGS na dieta não alterou o comprimento do trato gastrointestinal, assim como o peso relativo dos órgãos que o compõem indicando que níveis até 30% podem ser utilizados sem que haja prejuízos para estas variáveis.

Embora seja relatado na literatura que a ingestão de fibra afeta o peso relativo da moela e do intestino delgado em frangos e codornas (Savory and Gentle, 1976; Starck and Rahman, 2003; González – Alvorado et al., 2007; Jiménez Moreno et al., 2009; González-Alvorado et al., 2010) foi observado nesta pesquisa efeito do DDGS apenas para peso relativo do fígado.

Diferente do observado por esta pesquisa El-abd, (2013) não observaram diferenças significativas para peso relativo do fígado de codornas japonesas quando avaliando a substituição do milho por 50 e 100% de DDGS. Karadagoglu et al. (2015) avaliando a inclusão de até 15% de DDGS também não encontraram diferença significativa para peso relativo do fígado de codornas japonesas.

Quanto a morfologia da mucosa intestinal era esperado que as fontes e os níveis de fibra dietética influenciassem a altura das vilosidades, profundidade das criptas e o número de células caliciformes como relatado por alguns pesquisadores (Jin et al., 1994; Klasing, 1998; Yu and Chiou, 1997). Entretanto as variáveis morfométricas avaliadas no presente estudo apresentaram resultados semelhantes independente do nível de DDGS testado e da inclusão de enzimas.

Estes resultados podem estar relacionados com os dados de desempenho, para os quais também não se verificou diferença entre a maioria das características avaliadas. Corroborando com os resultados observados nesta pesquisa Karadagoglu et al. (2015) analisando o efeito da

inclusão de diferentes níveis de DDGS sobre a estrutura histológica do íleo terminal em codornas japonesas não observaram efeito da fibra presente no DDGS sobre a morfologia da mucosa intestinal e recomendam o nível de até 15% para esta característica.

São escassos na literatura dados sobre a morfometria das vilosidades e criptas intestinais do intestino de codornas, sendo necessário maiores pesquisas acerca deste assunto, uma vez que a fibra presente no DDGS parece não ter a mesma influência na mucosa intestinal das codornas.

A inclusão de DDGS não afetou os níveis séricos bioquímicos das codornas. Contrariando os resultados observados nesta pesquisa Karadagoglu et al., (2015) observaram que a adição de diferentes quantidades de DDGS (5, 10 e 15%) aumentaram significativamente a proteína total, gordura total, LDL e triglicerídeos em codornas japonesas no período de criação. No entanto, o colesterol total e HDL diminuíram significativamente em relação à dieta controle. Da mesma forma El-Abd (2013), observaram que a quantidade total de proteínas foi aumentada com o acréscimo de DDGS as rações de codornas.

Saeed et al. (2017) avaliando o efeito do DDGS com suplementação de vitamina E como substituto do farelo de soja na alimentação de galinhas poedeiras observaram influências significativas dos níveis de inclusão de DDGS em todos os parâmetros sanguíneos, (triglicerídeos, colesterol e fósforo) com exceção apenas do conteúdo sérico de cálcio.

A ausência de efeitos da inclusão de DDGS sobre os níveis séricos do colesterol e triglicerídeos nesta pesquisa pode ser pelo fato deste ingrediente possuir elevados níveis de fibras insolúveis. As fibras insolúveis não afetam o colesterol sérico como as fibras solúveis, porque não possuem a capacidade de se ligar a ácidos biliares ou colesterol durante a formação das micelas no intestino (Burkater et al., 2001). Assim, não previnem a sua reabsorção na circulação, causando diminuição da excreção dos ácidos biliares nas fezes (Duarte et al., 2013).

Durante a absorção, metabolismo e a excreção, o cálcio e fósforo interagem-se, e faz com que haja uma relação em torno de 2: 1, havendo pouca variação nestes valores (Scott et al., 1982). A grande quantidade de fósforo presente no DDGS (0,42-0,99%) (Spiehs et al., 2002), pode ter contribuído para a baixa relação cálcio e fósforo (1,63:1) determinada nesta pesquisa. Quando o cálcio está em excesso, pode haver interferência na disponibilidade de outros minerais, como fósforo, magnésio, manganês e zinco (Anderson et al., 1995). O mesmo ocorre quando em excesso está o fosforo, podendo causar deficiência do cálcio (Vargas Junior et al., 2003).

Observa-se ao longo desta pesquisa ausência de efeitos do complexo enzimático sobre as variáveis analisadas. Fato este que pode ser explicado pelos níveis nutricionais de tais dietas atenderem adequadamente às necessidades das aves Segundo Barbosa et al. (2012) quando complexos enzimáticos são utilizados em dietas que já atendam as necessidades das aves para máximo crescimento, a eficiência enzimática é frequentemente desconsiderada. Isto faz com que os nutrientes liberados pela ação enzimática não sejam aproveitados eficientemente pelo animal (Schang e Azcona, 2003). Nesse contexto, a redução da densidade nutricional da dieta com uso de enzimas pode trazer benefícios importantes por otimizar a eficiência das enzimas junto ao substrato.

CONCLUSÃO

A inclusão de até 30% de DDGS sem o uso de complexo enzimático melhora a coloração da gema e não afeta o desempenho, parâmetros de qualidade externa e interna dos ovos, morfometria e histomorfometria do trato gastrointestinal e bioquímica sérica das codornas japonesas em postura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd El-Hack, M.E. and S. Mahgoub, 2015. Mitigating harmful emissions from laying hens manure and enhancing productive performance through feeding on DDGS with or without *Bacillus* spp. Proceedings of the International Conference Industrial waste and Wastewater Treatment and Valorization, May 21-23, 2015, President Hotel, Athens, Greece

Agrolink – Disponível em: <http://www.agrolink.com.br> Acesso em: 10/09/2018.

Anderson, K.E.; Harvenstein, G.B.; Brake, J., 1995. Effects of strain and rearing dietary regimens on brown-egg pullet growth and strain, rearing dietary regimens, density, and feed space effects on subsequent laying performance. *Poult Sci.* 74,1079-1092, <https://doi.org/10.3382/ps.0741079>

Association of American Feed Control Officials (AAFCO), 2007. AAFCO. Official Publication. Reference Manual Oxford, In: AAFCO.

Austic, R. E., Nesheim, M. C. Poultry production., 1990. 13 ed. Philadelphia, Estados Unidos: Lea & Febiger, 325 p.

Barbosa, N. A. R.; Sakomura, N. K.; Bonato, M. A.; Hauschild, L.; Oviedo-Rondon, E. 2012. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.42, n.8, p.1497-1502, ag0.

Barekattain, M. R.; Antipatis, C.; Choct, M. and IJI, P. A., 2013. Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with solubles. *Anim Feed Sci Technol.* 182, 71-81, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.002>

Bible, B. B.; Singha, S., 1993. Canopy position influences cielab coordinates of peach color. *Hortscience*, Alexandria, 28(10), 992-993.

Brunelli, S. R.; Pinheiro, J. R.; Fonseca, N. A. N.; Silva, C. A., 2012. Efeito de diferentes níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas suplementadas com fitase para poedeiras comerciais. *Semina: Ciênc. Agrár.* 33(5), 1991-2000, <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1991>

Burkhalter, T. M.; Merchen, N. R.; Bauer, L. L.; Murray, S. M.; Patil, A. R.; Brent Junior, J. L.; Fahey Junior, G. C., 2001. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. *J. Nutr.* 131(7), 1978-1985, <https://doi.org/10.1093/jn/131.7.1978>

Carvalho, G. B.; Dourado, L. R. B.; Lopes, J. B.; Ferreira, A. H. C.; Ribeiro, M. N.; Silva, S. R. G.; Merval, R. R.; Biagiotti, D.; Silva, F. E. S., 2013. Métodos de análise da cinza insolúvel em ácido utilizada como indicador na determinação da energia metabolizável do milho para aves. *Rev. bras. saúde prod. anim.* 14(1), 43-53, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402013000100005>.

Cheon, Y.J., H.L. Lee, M.H. Shin, A. Jang and S.K. Lee et al., 2008. Effects of corn distiller's dried grains with solubles on production and egg quality in laying hens *Asian-Aust. J. Animal Sci.* 21, 1318-1323, <https://doi.org/10.5713/ajas.2008.70301>

Deniz, G., H. Gencoglu, S.S. Gezen, I.I. Turkmen, A. Orman and C. Kara., 2013. Effects of feeding corn distiller's dried grains with solubles with and without enzyme cocktail supplementation to laying hens on performance, egg quality, selected manure parameters and feed cost. *Livest Sci.* 152, 174-181, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.013>

Duarte, C. R. A.; Murakami, A. E.; Mello, K. S.; Picoli, K. P.; Garcia, A. F. Q. M.; Ferreira, M. F. Z., 2013. Casca de soja na alimentação de codornas. *Semina: Ciênc. Agrár.* 34(6) 3057-3068, <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6p3057>

El-adb, N. M., 2013. Evaluation of using distillers dried grains with solubles (DDGS) in japanese quail diets. *World Applied Sciences Journal* 22(1), 17-21, <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.01.2957>

Gardoni, B. L. K.; Sato, M. E. O.; Pontarolo, R.; Noronha, L.; Reichert, A.; Serafini, S. Z., 2004. Avaliação clínica e morfológica da ação da hidroquinona e do ácido fítico como agentes despigmentantes. *Acta Farmaceutica Banaerense*, Buenos Aires, 23(3), 297-303.

González-alvarado, J. M. E.; Jiménez-moreno, E.; Lázaro, R.; Mateos, G. G., 2007. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive tract of broilers. *Poult Sci.* 86(8), 1705-1715, <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705>

Harder, M. N. C. Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

Hopwood D.E.; Pethick, D. W.; Pluske, J.R.; Hampson, D.J.,2004. Addition of pearl barley to a rice – based diet for newly weaned piglets increased the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post – weaning colibacillosis. *Br J. Nutr.* v 92, p 419-427, <https://doi.org/10.1079/BJN20041206>

Janssen, W. M. M. A.; Carré, B., 1989. Influence of fiber an digestibility of poultry feeds IN: COLE, D.J.A.; HARESIEN, W.(Eds) *Recent developments in poultry nutrition*. London: Butterworths, 78-93.

Jin, L.; Reynolds, L.P.; Redner, D.A. et al., 1994. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation and morphology in pigs. *J. Animal Sci.* 72, 2270-2278, <https://doi.org/10.2527/1994.7292270x>

Jung, B. and A. Batal., 2009. The nutrient digestibility of high-protein corn distillers dried grains and the effect of feeding various levels on the performance of laying hens. *J Appl Poult Res.* 18, 741-751, <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00054>

Karadagoglu, O.; Şahin, T.; Sari, M.; Öğün, M.; Bingöl , S. A., 2015. Effects of different levels of corn distillers dried grains with solubles on growth performance, carcass quality, some blood parameters and histologic structure, of terminal ilium in quails. *Rev Méd Vét.* 166, 9-10. 253-258.

Klasing, K.C., 1998. Nutricional modulation of resistance to infectious disease. *Poult Sci.* 77(8), 1119-1125, <https://doi.org/10.1093/ps/77.8.1119>

Leeson, S.; Summers, J.D., 1997. Comercial poultry nutrition. 2.ed. Ontario: University Books, 350p.

Liu, N.; Ru, Y. J.; Tang, D. F.; Xu, T. S. and Partridge, G. G. 2011. Effects of corn distillers dried grains with solubles and xylanase on growth performance and digestibility of diet components in broilers. *Anim Feed Sci Technol.* 163, 260-266, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.004>

Lumpkins, B., A. Batal and N. Dale., 2005. Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *J. Applied Poult. Res.* 14, 25-31, <https://doi.org/10.1093/japr/14.1.25>

Marchini, C. F. P.; Silva, P. L.; Nascimento, M. R. B. M.; Beletti, M. E.; Guimarães, E. C. E.; Soares, H. L., 2009. Morfometria da mucosa duodenal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Arq Bras Med Vet Zoo.* 61(2), 491-497, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352009000200029>

Martinez-Amezcuca, C., C. M. Parsons, V. Singh, R. Srinivasan, and G. S. Murthy. 2007. Nutritional characteristics of corn distillers dried grains with solubles as affected by the amounts of grains versus solubles and different processing techniques. *Poult. Sci.* 86:2624 – 2630.

Masa'deh, M.K., 2011. Dried distillers grain with solubles in laying hen and pullet rations. Ph.D. Thesis, Faculty of The Graduate College, Animal Science Department, University of Nebraska-Lincoln, USA

MFRURAL-Disponível em: <http://www.mfrural.com.br/> Acesso em: 10/07/2018.

Min, Y. N.; Liu, F. Z.; Karimi, A.; Coto, C.; Lu, C.; Yan, F. and Waldroup, P. W., 2011. Effect of Rovabio[®] Max Ap on performance, energy and nitrogen digestibility of diets high in distillers dried grains with solubles (DDGS) in broilers. *Int J Poult Sci.* 10, 796–803. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2011.796.803>

NRC., 1994. Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press, Washington, DC.

Olentine, C., 1986. Ingredient profile: Distillers feed. Proceeding of the distillers feed conference, Cincinnati, OH, 41: 13-24.

Penz Jr, A. M. e Gianfelice, M. 2008. O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de bio-combustível. *Acta Scientiae Veterinariae*, 36(1), 107-118.

Roberson, K.D., J.L. Kalbfleisch, W. Pan and R.A. Charbeneau., 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. *International Journal Poult Sci.* 4, 44-51. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2005.44.51>

Rodríguez-Palenzuela, P.; Garcia, J.; De Blas, C. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. In: Curso de Especialización Fedna, 14., 1998, Barcelona. Palestras... Barcelona: FEDNA, 1998. p. 229-239.

Roll, A.P.; Azambuja, S.; Bavaresco, C.; Pires, P.G.; Dionello, N.J.; Rutz, F., 2011. Dinâmica da qualidade de ovos durante a fase inicial reprodutiva de codornas selecionadas por peso

corporal. In: Encontro de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pelotas, 13., 2011, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPEL.

Romanoff, A.L.; Romanoff, A.J. The avian egg. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1963. 918p.

Rostagno, H. S., 2011. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 252 p.

Saeed, M.; El-Hack, M. E.; Arif, M. et al., 2017. Impacts of distillers dried grains with solubles as replacement of soybean meal plus vitamin E supplementation on production, egg quality and blood chemistry of laying hens. *Ann Anim Sci.* 17(3), 849-862. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0091>

Scott, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. 1982. Essential inorganic elements: nutrition of the chicken. 3.ed. New York: M.L Scott Associates, p.287-304.

Sakomura, N. K. E Rostagno, H. S. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep. p.283.

Silva, D. J. E Queiroz, A. C. 2002. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p.235.

Spiehs, M. J.; Whitney, M. H. and Shurson, G. C., 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Animal Sci.* 80, 2639-2645. <https://doi.org/10.2527/2002.80102639x>

Savory, C. J.; Gentle, M. J., 1976. Effects of dietary dilution with fibre on the food intake and gut dimensions of Japanese quails. *Br Poult Sci.* London, 17(6) 561-570. <https://doi.org/10.1080/00071667608416314>

Schang, M. J.; Azcona. J.O. 2003. Natural enzyme applications to optimize animal performance. In: nutritional biotechnology in the feed and food industries of alltech annual meeting, 19., 2003, Lexington. Anais... Lexington: ALLTECH, p.163-170.

Starck, J. M.; Rahmaan, G. H., 2003. Phenotypic flexibility of structure and function of the digestive system of Japanese quail. *J. Exp. Biol.* 206(11), 1887-1897, doi: <https://doi.org/10.1242/jeb.00372>

Swiatkiewicz, S.; Arczewska-Wlosek, A. and Jozefiak, D., 2014. Feed enzymes, probiotic, or chitosan can improve the nutritional efficacy of broiler chicken diets containing a high level of distillers dried grains with solubles. *Livest Sci*, 163, 110-119, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.001>

Swiatkiwicz, S. and J. Koreleski., 2006. Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. *J. Anim. Feed Sci.* 15, 253-260, DOI: 10.22358/jafs/66897/2006

USDA. United States Department of agriculture. Egg-Grading Manual. Washington. n.75, 2000. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELDEV3004502>. Acesso em: 13 jun. 2018

Vargas Junior, J. G.; Albino, L. F. T. Rostagno, H. S.; Gomes, P. C.; Cupertino, E. S.; Carvalho, D. C. O.; Nascimento, A. V., 2003. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. R. Bras. Zootec. 32(6), 1919-1926, <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000800016>

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

Ward, N.E.; ziljstra, R.T.; parsons C.; starjey C. 2008. Non-starch polysaccharide (NSP) content of U.S. commercial corn distiller's dried grains with solubles. Abstract, SPSS, Atlanta, GA.

Yildiz T, Ceylan N, Atik Z, Karademir E, Ertekin B,. 2018. Effect of corn distillers dried grains with soluble with or without xylanase supplementation in laying hen diets on performance, egg quality and intestinal viscosity. Kafkas Univ Vet Fak Derg. 24(2), 273-280, 10.9775/kvfd.2017.18832

YU, B.; CHIOU, W. S. The morphological changes of intestinal mucosa in growing rabbits. Laboratory Animals . v. 31, p. 254-263, 1997.

Zijlstra, R. T.; Owusu-Asiedu, A. and Sim- mins, P. H. 2010. Future of NSP - degrading enzymes to improve nutrient utilization of co-products and gut health in pigs. Livestock Science 134:255–257.