

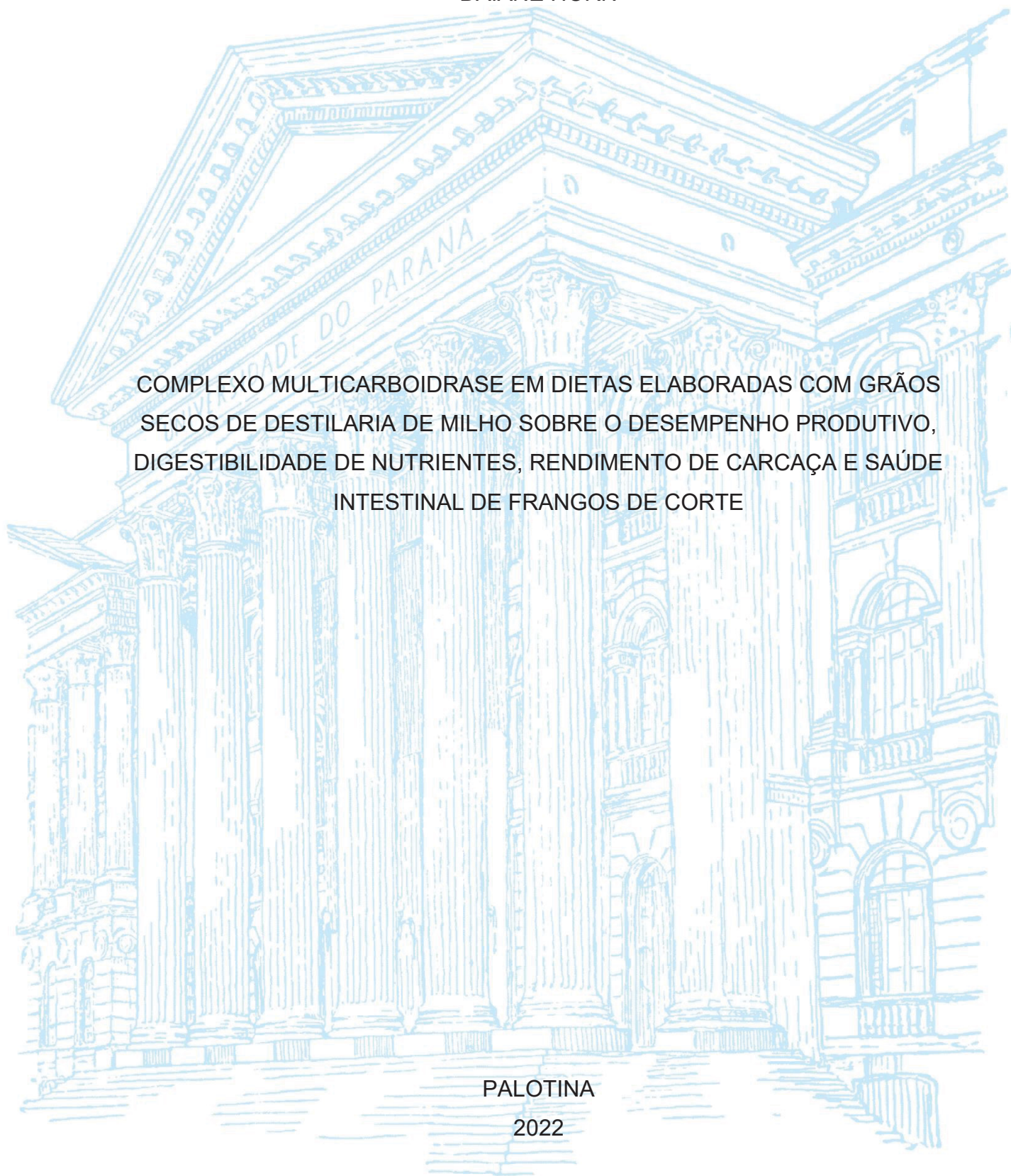
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DAIANE HORN

COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS
SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO,
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, RENDIMENTO DE CARÇA E SAÚDE
INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE

PALOTINA

2022



DAIANE HORN

COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS
SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO,
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, RENDIMENTO DE CARÇA E SAÚDE
INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, linha de pesquisa em Nutrição e Produção Avícola, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^a. Dra. Jovanir Inês Müller
Fernandes

PALOTINA

2022

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

H813

Horn, Daiane

Complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com grãos secos de destilaria de milho sobre o desempenho produtivo, digestibilidade de nutrientes, rendimento de carcaça e saúde intestinal de frangos de corte / Daiane Horn.– Palotina, PR, 2022.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.
Orientadora: Profa . Dra. Jovanir Inês Müller Fernandes.

1. Ácidos graxos. 2. Enzimas. 3. Nutrição Animal. 4. Frango de corte. I. Fernandes, Jovanir Inês Müller. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 636.5

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -
40001016077P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **DAIANE HORN** intitulada: **COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, RENDIMENTO DE CARCAÇA E SAÚDE INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE**, sob orientação da Profa. Dra. JOVANIR INÊS MÜLLER FERNANDES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 25 de Abril de 2022.

Assinatura Eletrônica

26/04/2022 21:25:42.0

JOVANIR INÊS MÜLLER FERNANDES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

26/04/2022 19:18:33.0

ALVARO MARIO BURIN JUNIOR

Avaliador Externo (55002149)

Assinatura Eletrônica

28/04/2022 10:44:05.0

DOUGLAS EMYGDIO DE FARIA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

R. Pioneiro, 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil

CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8529 - E-mail: ppgca.ufpr@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 178460

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 178460

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Daiane Horn, filha de Leonita Chiodelli Horn e Lino João Horn, nasceu na cidade de Palotina no Paraná, dia 18 de fevereiro de 1994.

Iniciou o Curso de Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, em agosto de 2012, concluído em 2017.

Em agosto de 2017 foi contratada pela C.Vale – Cooperativa Agroindustrial, onde atuou como Extensionista de Frangos de Corte, durante 4 anos.

Obteve o título de Especialista em Avicultura Industrial pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) no ano de 2020.

Em abril de 2020 iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal pela Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Em junho de 2021 assumiu o cargo de Sanitarista de Frangos de Corte na C.Vale – Cooperativa Agroindustrial.

À Deus, por nunca me deixar desanimar.
À minha querida família, que eu tanto admiro.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, o autor da vida. Devo a Ele tudo o que sou.

Aos meus pais, Lino e Leonita, por todo o apoio, carinho e pelo grande exemplo de vida que me motivou a nunca desistir dos meus sonhos.

À Prof^a Jovanir, minha mãe científica, pessoa a quem eu tenho infinita gratidão, respeito e admiração. Obrigada por sempre estar tão presente, me orientando, apoiando e incentivando desde o primeiro semestre da graduação. Eu decidi onde eu queria chegar observando o seu exemplo e dedicação com a avicultura e com tudo o que você se propõe a fazer.

Ao meu esposo Marcelo, pelo amor, cumplicidade, e principalmente por compreender a minha ausência nos momentos de estudo.

As minhas irmãs Lidiane e Andréia e também as minhas crianças Aila, Lara e Théo, por serem a fonte de renovação das minhas energias.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina pela recepção e oportunidade de realizar a pós-graduação.

Aos meus colegas de mestrado, pela parceria e amizade, tornando essa jornada muito mais leve e divertida.

Aos alunos do Laboratório de Experimentação Avícola (LEA), sem vocês esse projeto não teria se concretizado. Muito obrigada a todos pelo empenho e dedicação, vocês foram essenciais.

À C.Vale - Cooperativa Agroindustrial, por apoiar de todas as formas a realização desse projeto. Agradeço especialmente aos meus gestores Fernando e Vinicius, e aos meus colegas Anete e Cassiano por não medirem esforços em me ajudar, sempre que foi preciso.

A todos que contribuíram em alguma etapa desse projeto, meu sincero agradecimento.

Muito obrigada!!

“O coração do homem propõe o seu caminho, mas o Senhor determina os
seus passos.”

Provérbios 16:9

RESUMO

Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça, digestibilidade de nutrientes e saúde intestinal em frangos de corte. Foram utilizados 2016 pintos de um dia de idade, distribuídos em esquema fatorial 4×2 (4 níveis de inclusão de DDGS $\times$ com e sem complexo multcarboidrase). Para avaliação do desempenho produtivo, as aves e as sobras de ração foram pesadas semanalmente. Aos 21 dias foram retiradas 96 aves do aviário experimental e realocadas em gaiolas de metabolismo, distribuídas em 8 tratamentos com 6 repetições, para a realização do ensaio de digestibilidade, utilizando-se o método de coleta total de excretas. Aos 28 dias, essas aves foram sacrificadas para coleta de material para avaliação da morfometria intestinal e AGCC no ceco. Aos 43 dias, 48 aves por tratamento foram utilizadas para a realização do rendimento de carcaça e cortes comerciais. Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância, posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e análise de regressão dos níveis de DDGS, utilizando-se o SAS. O peso vivo e o ganho de peso diminuíram linearmente em função do nível de DDGS adicionado nas dietas nos períodos de 1 a 7, 1 a 14 e 1 a 21 dias, independente da adição ou não das enzimas na dieta. A suplementação com o complexo enzimático possibilitou a inclusão de 8,01% de DDGS, sem prejudicar a conversão alimentar no período de 1 a 42 dias, entretanto, nas dietas sem suplementação enzimática a inclusão de níveis acima de 6,88% prejudicou esse índice. A inclusão de DDGS na dieta reduziu linearmente o CDMS, CDPB e o CDEE, assim como, a relação vilo:cripta e a área de absorção da mucosa do jejuno e íleo de aves suplementados ou não com complexo enzimático. A EMA e EMAn declinaram em função da adição de DDGS na dieta de aves que não foram suplementadas com enzimas. A concentração de ácido acético no ceco foi maior para as aves que receberam dieta suplementada com enzimas, quando comparadas ao grupo isento de suplementação. O rendimento da carcaça piorou em função da inclusão de DDGS na dieta, independente da suplementação enzimática. O peso relativo de carcaça, peito, pernas, asas e gordura abdominal não foi influenciado pela suplementação com complexo multcarboidrase, mesmo na dieta sem inclusão de DDGS. Conclui-se que a suplementação com complexo multcarboidrase aumentou a concentração de ácido acético no ceco, melhorou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente ácido, mas não resultou em melhor desempenho produtivo e rendimento de carcaça. A inclusão de DDGS na dieta resultou em menor área de absorção da mucosa do jejuno e íleo, reduziu o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. Portanto, para o uso mais seguro de DDGS em dietas de frangos de corte é necessário o desenvolvimento de melhorias na padronização e qualidade desse produto.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta; enzimas; milho; polissacarídeos não amiláceos; qualidade intestinal.

ABSTRACT

This study was designed to determine the effect of a multicarbohydase complex supplementation in diets elaborated with different levels of corn distillers' dried grains with solubles (DDGS) inclusion on productive performance, carcass yield, nutrient digestibility and intestinal health in broilers. Were used 2,016 day-old male broiler chickens, assigned to a 4 × 2 factorial arrangement (4 levels of inclusion of DDGS × with and without a multicarbohydase complex). To assess performance, birds and feed leftovers were weighed weekly. At 21 days of age, 96 birds were removed from the experimental poultry house (2 birds per experimental unit) and relocated in metabolism cages, distributed in one of 8 treatments with 6 repetitions, for the digestibility assay, using the method of total collection of excreta. At 28 days, these birds were sacrificed to collect material for evaluation of intestinal morphometry and SCFA in the cecum. At 43 days, 48 birds per treatment were used for carcass yield and commercial cuts. Data was subjected to analysis of variance at 5% significance; subsequently, the means were compared by the Tukey test and regression analysis of the DDGS levels, using SAS software. Body weight and body weight gain decreased linearly as a function of the level of DDGS added to the diets in periods 1 to 7, 1 to 14 and 1 to 21 days, regardless of the multicarbohydase complex inclusion. Supplementation with the enzyme complex allowed an inclusion of 8.01% of DDGS, without impairing feed conversion in the period from 1 to 42 days, but in diets without enzyme supplementation, the inclusion of levels above 6.88% impaired this index. The inclusion of DDGS in the diet linearly reduced the CDMS, CDPB and CDEE, as well as the villus:crypt ratio and the absorption area of the mucosa of the jejunum and ileum of birds supplemented or not with the enzyme complex. AME and AMEn declined as a function of the addition of DDGS in the diet of birds that were not supplemented with enzymes. The concentration of acetic acid in the cecum was higher for birds that received a diet supplemented with enzymes, when compared to the group without supplementation. The carcass yield worsened due to the inclusion of DDGS in the diet, regardless of enzyme supplementation. The relative weight of carcass, breast, legs, wings and abdominal fat was not influenced by the multicarbohydase complex supplementation, even in the diet without the inclusion of DDGS. The multicarbohydase complex increased the concentration of acetic acid in the cecum, improved the digestibility of dry matter, crude protein and acid detergent fiber, but did not result in better productive performance and carcass yield. The inclusion of DDGS in the diet resulted in a smaller area of absorption of the mucosa of the jejunum and ileum, reduced the coefficient of digestibility of dry matter, crude protein and ether extract. Therefore for the safer use of DDGS in broiler diets, it is necessary to develop improvements in the standardization and quality of this product.

Key-words: short chain fatty acids; enzymes; corn; non-starch polysaccharides; intestinal quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Fluxograma da produção de etanol de milho pelo método de moagem seca.
Fonte: Adaptado de Chatzifragkou e Charalampopoulos (2018).....23
- Figura 2 - Estrutura do milho *flint* e dentado. FONTE: Biomatrix, 2020.....26

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 1

Gráfico 1 - Ganho de peso de 1 a 7 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	56
Gráfico 2 - Conversão alimentar de 1 a 7 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	56
Gráfico 3 - Ganho de peso de 1 a 14 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	56
Gráfico 4 - Conversão alimentar de 1 a 14 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	57
Gráfico 5 - Ganho de peso de 1 a 21 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	57
Gráfico 6 - Conversão alimentar de 1 a 21 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	57
Gráfico 7 - Ganho de peso de 1 a 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	58
Gráfico 8 - Conversão alimentar de 1 a 28 dias de frangos de corte sem suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. ..	59
Gráfico 9 - Conversão alimentar de 1 a 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	59
Gráfico 10 - Ganho de peso de 1 a 35 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	60
Gráfico 11 - Conversão alimentar de 1 a 35 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	61
Gráfico 12 - Ganho de peso de 1 a 42 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	61
Gráfico 13 - Conversão alimentar de 1 a 42 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	61
Gráfico 14 - Conversão alimentar de 1 a 42 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	62
Gráfico 15 - Peso da carcaça aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	69
Gráfico 16 - Peso da carcaça aos 43 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	69

Gráfico 17 - Peso do peito aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	70
Gráfico 18 - Peso do peito aos 43 dias de frangos de corte sem suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	70
Gráfico 19 - Peso das pernas aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	70
Gráfico 20 - Peso das pernas aos 43 dias de frangos de corte sem suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	71
Gráfico 21 - Peso das asas aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	71
Gráfico 22 - Gordura abdominal aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	71
Gráfico 23 - Rendimento de carcaça aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	74
Gráfico 24 - Rendimento de carcaça aos 43 dias de frangos de corte não suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	74
Gráfico 25 - Rendimento de asas aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	74
Gráfico 26 - Rendimento de asas aos 43 dias de frangos de corte não suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	75
Gráfico 27 - Rendimento do peito aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	75
Gráfico 28 - Rendimento de pernas aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	75

CAPÍTULO 2

Gráfico 1 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA) aos 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	95
Gráfico 2 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA) aos 28 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	96
Gráfico 3 - Valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) aos 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	96

Gráfico 4 - Valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) aos 28 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	96
Gráfico 5 - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN) aos 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	97
Gráfico 6 - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro aos 28 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	97
Gráfico 7 - Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	97
Gráfico 8 - Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	98
Gráfico 9 - Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	98
Gráfico 10 - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido (CDFDA) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	98
Gráfico 11 - Concentração de ácido propanóico em conteúdo cecal aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	101
Gráfico 12 - Profundidade da cripta da mucosa do duodeno aos 28 dias de frangos de corte não suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	104
Gráfico 13 - Relação vilo:cripta da mucosa do duodeno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	104
Gráfico 14 - Comprimento do vilo da mucosa do jejuno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	106
Gráfico 15 - Relação vilo:cripta da mucosa do jejuno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	106
Gráfico 16 - Área de absorção da mucosa do jejuno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.	106

Gráfico 17 - Comprimento do vilo da mucosa do íleo aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS..... 108

Gráfico 18 - Relação vilo:cripta da mucosa do íleo aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS..... 108

Gráfico 19 - Área de absorção da mucosa do íleo aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS..... 108

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Composição bromatológica e de micotoxinas do DDGS.....	51
Tabela 2 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase inicial.....	51
Tabela 3 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase de crescimento.	52
Tabela 4 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase final.	53
Tabela 5 - Desempenho produtivo de 1 a 7 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	62
Tabela 6 - Desempenho produtivo de 1 a 14 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	62
Tabela 7 - Desempenho produtivo de 1 a 21 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	63
Tabela 8 - Desempenho produtivo de 1 a 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	63
Tabela 9 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para conversão alimentar de 1 a 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	63
Tabela 10 - Desempenho produtivo de 1 a 35 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	64
Tabela 11 - Desempenho produtivo de 1 a 42 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	64
Tabela 12 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para Conversão alimentar de 1 a 42 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	64
Tabela 13 - Rendimento de carcaça e de cortes comerciais (pesos absolutos) aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	67
Tabela 14 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para peso absoluto de carcaça, peito e pernas aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	68
Tabela 15 - Rendimento de carcaça e de cortes comerciais (pesos relativos) aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.....	72

Tabela 16 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para peso relativo de carcaça e asas aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 73

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Composição bromatológica e de micotoxinas do DDGS. 87

Tabela 2 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase inicial. 88

Tabela 3 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase de crescimento. 89

Tabela 4 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da fibra detergente neutro (CDFDN), da fibra em detergente ácido (CDFDA), do cálcio (CDCa) e do fósforo (CDP) avaliados entre 21 e 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 94

Tabela 5 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para valores de EMA, EMAn e coeficiente de digestibilidade da FDN avaliados entre 21 e 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 95

Tabela 6 - Determinação da concentração de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (mmol/kg) do conteúdo cecal de frangos de corte aos 28 dias de idade suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 101

Tabela 7 - Morfometria da mucosa intestinal do duodeno avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 103

Tabela 8 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para profundidade da cripta da mucosa do duodeno avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 104

Tabela 9 - Morfometria da mucosa intestinal do jejuno avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 105

Tabela 10 - Morfometria da mucosa intestinal do íleo avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS. 107

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS – DDGS.....	22
2.1.1 Importância e processamento	22
2.1.2 Composição nutricional e desafios para o uso na nutrição animal	24
2.2 POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS – PNAS	27
2.3 ENZIMAS	29
2.3.1 Carboidrases	31
2.3.2 Proteases	33
2.3.3 Fitases.....	33
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
4 OBJETIVOS.....	45
4.1 OBJETIVO GERAL	45
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	45
CAPÍTULO 1 - COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E RENDIMENTO DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE	46
INTRODUÇÃO	48
MATERIAL E MÉTODOS	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
CONCLUSÃO.....	77
REFERÊNCIAS.....	77
CAPÍTULO 2 - COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E SAÚDE INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE	81
INTRODUÇÃO	84
MATERIAL E MÉTODOS	86
RESUTADOS E DISCUSSÃO.....	92
CONCLUSÃO.....	110
REFERÊNCIAS.....	110

1 INTRODUÇÃO GERAL

A nutrição é um fator determinante para o bom crescimento e desenvolvimento dos frangos de corte, garantindo a eficiência da cadeia produtiva avícola juntamente com os avanços relacionados a genética, ambiência e sanidade. Segundo o relatório da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2021) no ano de 2020 o Brasil manteve a posição de maior exportador mundial de carne de frango, com 4,2 milhões de toneladas. Além disso, destacou-se como o terceiro maior produtor, superado apenas pelos Estados Unidos (EUA) e China.

No que se refere a produção de grãos, o Brasil também é destaque, ocupando o terceiro lugar no *ranking* de maior produtor mundial de milho e primeiro lugar na produção e exportação de soja no ano de 2020, conforme apontado pela USDA - United State Department of Agriculture (2021).

O maior custo de produção na avicultura brasileira é representado pela nutrição, que atualmente corresponde a 75% do custo da atividade (CIAS, 2021). As dietas dos animais são formuladas utilizando como base o milho e o farelo de soja, matérias-primas com excelente qualidade nutricional (ROSTAGNO, 2017), porém que sofrem oscilações frequentes nos preços de mercado (XU & ZHANG, 2021) o que interfere diretamente na rentabilidade da atividade.

Com a finalidade de reduzir os custos com nutrição e os impactos ambientais, sem afetar a produtividade, os nutricionistas procuram cada vez mais por alimentos alternativos ou subprodutos da indústria para substituir parcial ou totalmente ingredientes como o milho e o farelo de soja. Entre essas alternativas encontram-se os grãos secos de destilaria (DDG - *Distillers Dried Grains*) e os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS - *Distillers Dried Grains with Solubles*) que são coprodutos resultantes da produção de etanol através da fermentação do milho (PAHM *et al.*, 2009), e que devido ao alto teor de proteína, podem ser utilizados em substituição parcial do farelo de soja nas dietas (LIU, 2011; DAMASCENO *et al.*, 2020).

Com o crescimento da demanda mundial por biocombustíveis, impulsionado pela necessidade de preservação dos recursos naturais não renováveis, é visível o aumento da produção do etanol de milho, além da produção do etanol tradicional através da cana de açúcar, em usinas/destilarias chamadas *flex* (ECKERT *et al.*, 2018). Seguindo a mesma tendência, a produção DDGS também aumentou, e o

interesse científico no desenvolvimento de estudos relacionados a sua utilização na alimentação animal (CUEVAS *et al.*, 2012; SCHONE *et al.*, 2017; LATORRE *et al.*, 2017; DAMASCENO *et al.*, 2020).

Os grãos secos de destilaria são fontes importantes de proteína bruta, aminoácidos, fósforo e outros nutrientes, que acabam concentrando-se após o processo de fermentação do milho nas destilarias, em que o amido presente nos grãos é convertido em álcool etílico e gás carbônico (CO₂) (SWIATKIEWICZ & KORELESKI, 2008).

De acordo Swiatkiewicz e colaboradores (2016), a fibra presente nos grãos de milho não é convertida em etanol durante o processo de fermentação, portanto, a quantidade de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) presente nesses coprodutos também é maior quando comparado aos grãos antes do processamento.

Os PNAs representam um grupo de fibras amplamente conhecidas pela baixa digestibilidade e efeitos antinutricionais, e quando estão presentes nas dietas das aves resultam em aumento da viscosidade da digesta e encapsulamento de outros nutrientes, tornando-os indisponíveis para digestão e absorção (WARD, 2021).

Alguns autores relataram que a inclusão de 15 a 20% de DDGS nas dietas de frangos de corte, não resultou em efeitos negativos no desempenho produtivo dos animais (WANG *et al.*, 2008; MIN *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2018). Por outro lado, Campasino e colaboradores (2015) observaram um efeito prejudicial no desempenho com inclusão de diferentes níveis de DDGS em dietas de frangos de corte, e mencionam que a grande variação no valor nutricional do DDGS é uma preocupação para o uso desse subproduto em dietas de aves, pois pode diminuir a utilização de nutrientes.

Latorre *et al.* (2017) observaram que dietas formuladas com DDGS resultaram na redução da relação vilo:cripta na mucosa intestinal e atribuíram a maior presença de fibra insolúvel na dieta. O fornecimento de dietas com alto teor de fibras pode resultar na maior viscosidade da digesta, o que danifica as vilosidades intestinais, reduzindo o comprimento das mesmas e prejudicando a absorção dos nutrientes (RAKOWSKA *et al.*, 1993; MATHLOUTHI *et al.*, 2002).

Diante disso, o uso de enzimas hidrolisantes de PNAs pode ser um importante mecanismo para melhorar o valor nutricional de dietas contendo alto teor de DDGS (CAMPASINO *et al.*, 2015; PEDERSEN, 2015), contribuindo para maior

disponibilidade de energia, melhor desempenho e saúde intestinal dos animais (SLOMINSKI, 2011).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS – DDGS

2.1.1 Importância e processamento

A produção de etanol a partir do milho é cada vez mais relevante no Brasil, principalmente devido ao aumento da demanda mundial por biocombustíveis, impulsionado pela necessidade de preservação dos recursos naturais não renováveis e redução da emissão de gases de efeito estufa (ECKERT *et al.*, 2018).

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo, responsável por aproximadamente 30% da produção mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, cuja produção corresponde a 54% (RFA, 2021). Importante destacar que o milho é a principal matéria-prima para a produção de etanol nos EUA, enquanto no Brasil, apesar do crescimento do uso do milho para esse fim, a maior parte do etanol ainda é proveniente do processamento da cana-de-açúcar (SILVA & SCUSSEL, 2016).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), estima-se que até 2030 a produção mundial de etanol alcance o patamar de 132 bilhões de litros, sendo que o maior aumento no consumo e produção desse biocombustível deve ocorrer no Brasil (OECD/FAO, 2020).

Além das questões ambientais, o crescimento da produção de etanol de milho no Brasil está relacionado a possibilidade de integração industrial com o processamento da cana-de-açúcar (usinas *flex*) e com o avanço da produção animal, para onde alguns coprodutos originados do processo são destinados. As usinas *flex* são um ponto chave no processo, pois possibilitam a produção do etanol, mesmo durante a entressafra da cana-de-açúcar, utilizando como matéria-prima o milho (SILVA *et al.*, 2020), reduzindo a dependência do petróleo nesse período e o impacto negativo ao meio ambiente.

Além das usinas *flex*, existem outros dois modelos de usinas para produção de etanol de milho: as usinas *flex full*, muito semelhante ao modelo anterior, porém apresentam equipamentos adicionais específicos para o milho, podendo produzir etanol de milho e cana-de-açúcar simultaneamente, e as usinas *full*, que produzem o combustível utilizando apenas o milho como matéria-prima (NEVES *et al.*, 2021).

De acordo com Alves *et al.* (2012) a produção de etanol a partir de grãos de cereais pode ser realizada por dois processos distintos: moagem úmida ou moagem seca. Na moagem úmida, a principal diferença é o acréscimo de uma etapa de acondicionamento, em que é incorporada água aos grãos com o objetivo de melhorar a eficiência na separação do amido, gérmen e fibras. Atualmente, o método de moagem seca é o mais utilizado devido ao menor investimento e maior rendimento na produção de etanol (KIM & DALE, 2009).

O método de moagem seca inicia-se com a limpeza, moagem dos grãos e posterior inclusão de água e α -amilase (liquefação) para ocorrer a quebra das ligações α -1,4 glicosídicas, iniciando a hidrólise dos carboidratos (Figura 1). Em seguida, realiza-se a cocção a 90-105°C, para eliminação de microrganismos, e resfria-se novamente até aproximadamente 32°C para adição da glicoamilase, que atua na conversão de dextrina em glicose (sacarificação), completando a hidrólise do amido (El-Hack *et al.*, 2015).

Após a etapa de sacarificação ocorre a fermentação da glicose em etanol, através do uso de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) e, na sequência, o etanol é purificado (destilação e desidratação) e os componentes não fermentáveis, como as proteínas, lipídeos, fibras, minerais e vitaminas são centrifugados para separação da fração sólida, que constituem os grãos destilados, da fração líquida, que compõem os destilados solúveis (EL-HACK *et al.*, 2015).

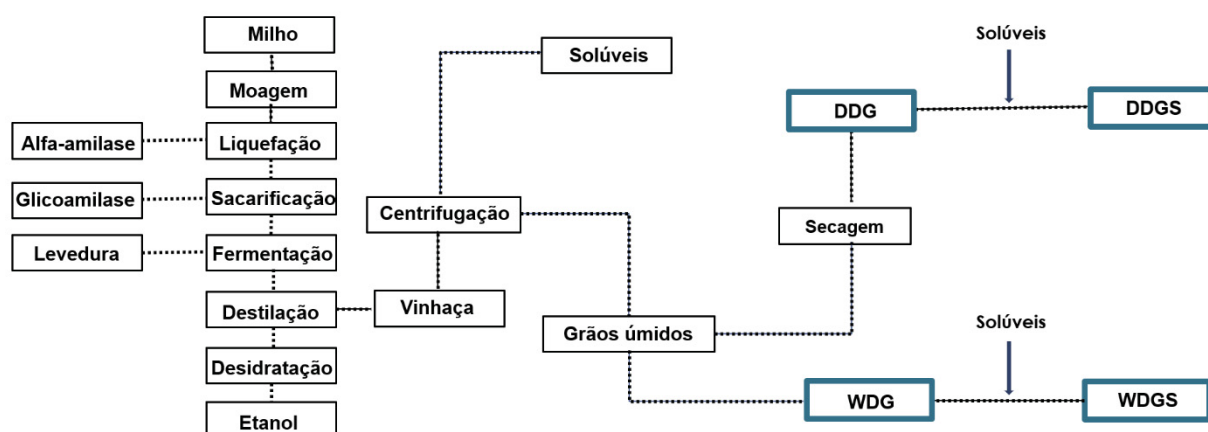


Figura 1 - Fluxograma da produção de etanol de milho pelo método de moagem seca. Fonte: Adaptado de Chatzifragkou e Charalampopoulos (2018).

Os grãos destilados úmidos podem ser comercializados com ou sem solúveis (WDG - *Wet Distillers Grains* ou WDGS - *Wet Distillers Grains with Solubles*), ou ainda podem ser submetidos a secagem, com ou sem a adição de solúveis (DDGS - *Distillers Dried Grains with Solubles* ou DDG - *Distillers Dried Grains*).

De acordo com Neves *et al.* (2021) para cada tonelada de milho processada são produzidos aproximadamente 425 litros de etanol, 312 kg de DDGS, 12,5 kg de óleo de milho e 150 MWh de eletricidade, em que aproximadamente 90 MWh são consumidos pela planta de produção.

Diante disso, considera-se que a produção de etanol de milho no Brasil está cada vez mais inserida no modelo de economia circular, uma vez que os produtos gerados durante o processo produtivo, como o DDGS, podem ser destinados a alimentação animal, fortalecendo a agropecuária e agroindústrias. Além disso, o processo geralmente resulta em energia excedente que pode ser comercializada para o sistema nacional de energia elétrica (NEVES *et al.*, 2021).

2.1.2 Composição nutricional e desafios para o uso na nutrição animal

A composição nutricional dos grãos secos de destilaria varia conforme a literatura consultada, principalmente porque é dependente da qualidade da matéria-prima original. Geralmente a concentração dos nutrientes não fermentáveis, como as proteínas, lipídios e minerais aumentam três vezes em relação ao encontrado na matéria-prima (LIU, 2011).

Outros fatores influenciam nessa ampla variação da composição nutricional do DDGS, como os diferentes métodos de processamento dos grãos entre as usinas, tempo e temperatura de secagem, quantidade de solúveis adicionada, eficiência da fermentação do amido durante a produção do etanol, entre outros fatores (LEWANDROWSKI *et al.*, 2019). Por estes motivos, recomenda-se que seja realizada a análise físico-química dos grãos secos de destilaria rotineiramente, possibilitando os ajustes para o balanceamento adequado das dietas, conforme a composição do produto utilizado (VALENTIM *et al.*, 2021).

Estudos realizados por Rosentrater (2018) demonstraram que o DDGS apresenta em sua composição nutricional aproximadamente 30% de proteína, 10% de gordura, 40% de fibra em detergente neutro, 4% de amido e 6% de cinzas. Para Tjardes & Wright (2002) a composição nutricional do DDGS pode variar entre 25-32%

de proteína bruta (PB), 8-10% de gordura, 39-45% de fibra em detergente neutro (FDN), 85-90% de nutrientes digestíveis totais (NDT), 0,17-0,26% de cálcio (Ca) e 0,78-1,08% de fósforo (P).

Durante o processo de fermentação dos grãos, a maior parte do amido é convertido em etanol, com o auxílio das leveduras (BREGENDAHL, 2008), resultando no aumento da concentração de proteína nos coprodutos obtidos ao final do processo, agregando valor nutricional e comercial, uma vez que as leveduras possuem em sua composição aproximadamente 37,2% de proteína bruta (ROSTAGNO *et al.*, 2017). Portanto, uma cepa de levedura saudável e bem selecionada é necessária para uma fermentação eficiente, além de influenciar diretamente a qualidade do produto final (LIU, 2011).

A digestibilidade verdadeira dos aminoácidos do DDGS também pode variar consideravelmente conforme o processo empregado pela usina produtora de etanol (BATAL & DALE, 2006). De acordo com Fontaine e colaboradores (2007) o principal motivo dessa variação é o processo de secagem, porque o calor pode atuar aumentando a digestibilidade da proteína ou causando impactos negativos, quando ocorre a reação de Maillard.

A reação de Maillard é resultante de uma reação química entre os aminoácidos e açúcares redutores, tornando ambos os nutrientes indisponíveis para a digestão. Ela ocorre quando os alimentos são aquecidos na presença de umidade, em temperatura elevada e em tempo suficiente (MAILLARD, 1912).

A lisina é um dos aminoácidos mais susceptíveis a danos pelo calor, ocasionados principalmente durante o processo de secagem (FONTAINE *et al.*, 2007) e uma vez que as aves não apresentam enzimas capazes de romper a ligação entre o grupo amino da lisina e o açúcar redutor, o produto dessa reação não está disponível para a síntese proteica (BREGENDAHL, 2008).

Outro ponto importante em relação a variação na composição nutricional do DDGS, está relacionado com o tipo do grão de milho cultivado. O milho produzido no Brasil é mais vítreo (tipo duro ou *flint*) em relação ao produzido nos EUA (tipo dentado) (SANTOS *et al.*, 2015).

De acordo com Pereira Filho e colaboradores (2015) os grãos mais duros apresentam características de boa armazenagem e qualidade de germinação, o que o torna mais resistentes a deformações ou quebra mecânica durante a colheita e armazenamento. No entanto, a estrutura da matriz proteica ao redor dos grânulos de

amido, que é encontrada nos grãos *flint* dificulta a acessibilidade pelas enzimas amilolíticas (Figura 2), podendo afetar a digestibilidade dos nutrientes dos grãos (CHOCT et al., 2001).

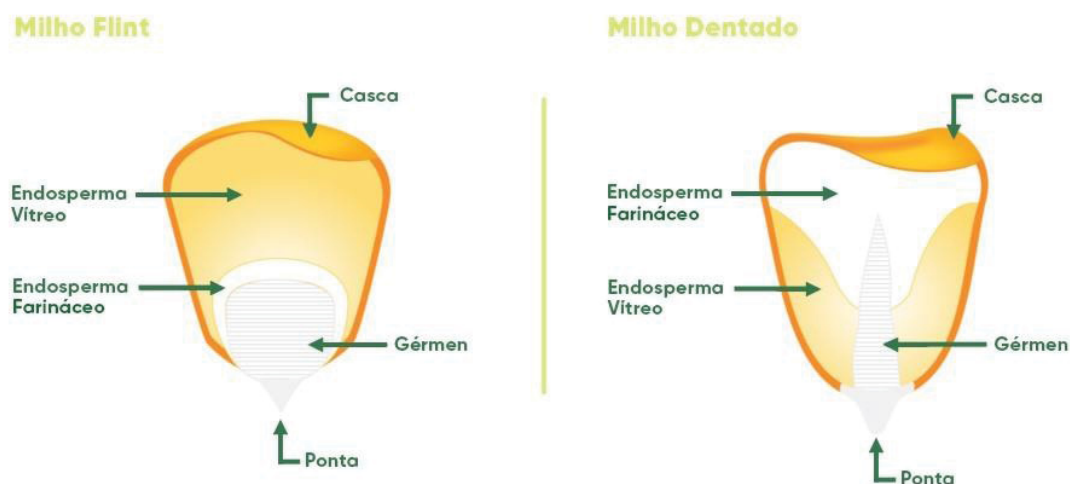


Figura 2 - Estrutura do milho *flint* e dentado. FONTE: Biomatrix, 2020

A fração fibrosa dos grãos não é convertida em etanol durante o processamento e, dessa forma, os coprodutos resultantes do processo contém, aproximadamente, três vezes mais fibra do que o grão de milho. Além disso, a maior parte da fibra contida nos coprodutos é insolúvel (35%) e apenas 6% da fibra é solúvel (STEIN & SHURSON, 2009). De acordo com Acosta e colaboradores (2020), a fração de fibra insolúvel pode aprisionar nutrientes associados à matriz da parede celular, limitando a exposição e atuação das enzimas digestivas.

Algumas usinas tem realizado um processo de separação de fibras antes da fermentação, no intuito de aumentar o rendimento da produção de etanol, e dessa forma, obtém-se um coproduto diferente (HP - DDGS – High protein DDGS), com baixo teor de fibras e alto teor de proteínas, minimizando o impacto da fibra insolúvel sobre a absorção de nutrientes e o desempenho dos animais (CORASSA et al., 2021).

A presença de micotoxinas é outro grande desafio para o uso do DDGS na nutrição animal, uma vez que os níveis desses contaminantes também se concentram nos coprodutos do milho, pois permanecem praticamente inalterados durante o processo de produção do etanol (LIU, 2011). Wu e Munkvold (2008) demonstraram

que o DDGS é frequentemente contaminado por várias micotoxinas, como a aflatoxina, zearalenona, ocratoxina e desoxinivalenol.

A exposição animal a micotoxinas presentes nos alimentos pode resultar em doença aguda e evidente ou, como ocorre na maioria dos casos, exposição crônica e subclínica, impactando diretamente no desempenho e produtividade animal (BRYDEN, 2012). Conforme relatado por Hamilton (1982) os níveis de contaminação por micotoxinas nos alimentos para animais são moderadamente baixos e insuficientes para provocar uma doença clínica, mas frequentemente resultam em perdas econômicas, devido ao impacto sobre o sistema imunológico, crescimento e produção dos animais.

No Brasil, a produção do etanol de milho é realizada a partir dos grãos excedentes, ou seja, que não são utilizados para atender ao consumo interno do país, o que torna questionável a qualidade nutricional e segurança alimentar dos grãos de destilaria, pois ainda não foram regulamentados os limites para contaminantes e padronização para esse coproduto, apenas para o milho, conforme estabelecido pela IN nº 60 de 22/12/2011 e IN nº 88, de 26/03/2021.

Além disso, devido a produção de etanol de milho ser um processo recente e em desenvolvimento no país, não existem muitas informações sobre micotoxinas em DDGS, portanto, representam um desafio para a cadeia avícola e comunidade científica (EMBRAPA, 2019), que precisam buscar soluções para minimizar a ocorrência e os impactos causados por esses contaminantes na produtividade animal.

2.2 POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS – PNAs

O termo polissacarídeos não amiláceos (PNAs) refere-se a todas as frações de carboidratos e tipos de fibra alimentar, solúvel ou insolúvel, com exceção da lignina (EBIHARA, 1982; ENGLYST & HUDSON, 1987). A fração insolúvel em água está quase totalmente indisponível para as aves, enquanto a fração solúvel é parcialmente digestível e exerce efeitos antinutricionais através de vários mecanismos (HORVATOVIĆ, 2021).

De acordo com Bailey (1973) os PNAs são classificados em três grupos principais: a celulose, polímeros não celulósicos e polissacarídeos pécticos. Essas estruturas também são conhecidas como PNAs da parede celular, uma vez que constituem 80 a 90% da parede celular das plantas.

Os PNAs apresentam ligações glicosídicas (β 1-4 e β 1-6) diferentes daquelas encontradas no amido (α 1-4 e α 1-6), portanto, são resistentes a hidrólise pelas enzimas animais, mas podem ser clivadas por enzimas sintetizadas por micro-organismos (SMITS & ANNISON, 1996).

A hemicelulose, gomas e pectinas pertencem ao grupo dos PNAs solúveis e, quando estão presentes no trato gastrointestinal provocam o aumento da viscosidade do quimo, devido à grande capacidade de absorção de água, além de reduzir o trânsito intestinal e aumentar o volume da digesta, comprometendo a ação enzimática realizada pelas enzimas digestivas e prejudicando a absorção e o aproveitamento dos nutrientes, o que resulta em impacto direto no desempenho dos animais (TAVERNARI *et al.*, 2008).

A presença de PNAs solúveis nas dietas pode resultar em outros efeitos indesejáveis, como a baixa tensão de oxigênio associada a redução do trânsito intestinal, que favorece o crescimento de bactérias patogênicas (LANGHOUT, 1998; OWUSU-ASIEDU *et al.*, 2006), desequilibrando a microflora intestinal, podendo prejudicar o desempenho e a saúde das aves (CHOCT *et al.*, 1996).

Por outro lado, a inclusão de 3 a 5% de fibras insolúveis na dieta, como celulose e lignina, tornou-se conhecida por melhorar o metabolismo dos nutrientes, através da capacidade de modulação das secreções gástricas do proventrículo e da atividade muscular da moela (SACRANIE *et al.*, 2012; SVIHUS, 2011). De acordo com Hetland *et al.* (2004) esses componentes não digestíveis regulam positivamente a digestão, aumentando a digestibilidade de amido, proteína e outros nutrientes, de forma a compensar a hidrólise reduzida das ligações glicosídicas entre os carboidratos.

A inclusão de alguns ingredientes alternativos nas dietas como fonte de proteína ou energia geralmente é acompanhada por um aumento nos níveis de PNAs e conseqüentemente, diminuição da digestibilidade dos nutrientes e redução no desempenho e produção dos animais (CHOCT *et al.*, 1992; GLAMOČIĆ *et al.*, 2011; HORVATOVIĆ *et al.*, 2015).

O DDGS possui aproximadamente três vezes mais fibras do que o grão de milho, sendo a maior parte insolúvel (35%) e 6% fibra solúvel (STEIN & SHURSON, 2009). De acordo com Bindelle *et al.* (2008), o conteúdo de fibra dietética presente no DDGS pode afetar diretamente a fisiologia digestiva do animal, devido a interação com

a microbiota intestinal, aumento da taxa de passagem do alimento e comprometimento da digestibilidade dos nutrientes.

A quantidade elevada de fibra presente no DDGS resulta em uso limitado desse coproduto em dietas para aves e suínos. Por isso, várias tecnologias têm sido desenvolvidas com a finalidade de melhorar o rendimento do etanol e reduzir os impactos dos coprodutos nas dietas dos animais, entre elas, o fracionamento dos grãos de milho em três componentes: endosperma, gérmen e farelo (CHATZIFRAGKOU & CHARALAMPOPOULOS, 2018), em que o farelo é removido da linha de produção, pois é composto principalmente por fibras (PATERNIANI *et al.*, 1987). Esse processo torna o DDGS um produto com menor teor de fibras e maior teor de proteínas e cinzas (CHATZIFRAGKOU & CHARALAMPOPOULOS, 2018), melhorando a utilização pelos animais monogástricos.

O uso de enzimas exógenas também é uma alternativa para minimizar os impactos da fibra na dieta de aves e suínos formuladas com DDGS, melhorando a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes e reduzindo os custos com nutrição. Essas enzimas liberam por hidrólise componentes da parede celular, permitindo maior acesso das enzimas endógenas sobre os nutrientes, proporcionando maior absorção pelo epitélio intestinal devido à redução na viscosidade da digesta e liberação de nutrientes contidos no interior celular (CHOCT *et al.*, 2010).

2.3 ENZIMAS

As enzimas são proteínas globulares que atuam de forma altamente específica com seus substratos e conduzem todos os processos de catálise, acelerando as reações químicas ao reduzirem a energia de ativação necessária para que elas ocorram (CHAMPE & HARVERY, 1989; TORTORA & GRABOWSKI, 2002).

A atuação das enzimas exógenas também é influenciada pela sua taxa de inclusão na dieta, pela idade dos animais e pelo tipo de dieta utilizada (COWIESON *et al.*, 2019). Além disso, a qualidade nutricional dos ingredientes das rações é indispensável, para que os nutrientes tornem-se disponíveis para a digestão e absorção, após a hidrólise enzimática das fibras.

De acordo com Pariza & Cook (2010), a utilização de enzimas a nível industrial iniciou há mais de 100 anos, com a produção da enzima α -amilase através de uma cepa fúngica selecionada da espécie *Aspergillus oryzae*. As enzimas mais comumente

utilizadas nas dietas das aves são as β -glucanases, xilanases, fitases, proteases, lipases e galactosidases, que atuam sobre polissacarídeos não amiláceos, melhorando a digestibilidade dos nutrientes (ORDOÑEZ *et al.*, 2018; BEDFORD & COWIESON, 2020).

Conforme relatado por Campestrini e colaboradores (2005), as enzimas exógenas caracterizam-se pela capacidade de aumentar a disponibilidade de polissacarídeos de reserva, lipídios e proteínas, que se encontram indisponíveis para a atuação das enzimas endógenas, protegidas pelos polissacarídeos da parede celular. Dessa forma, minimizam os impactos provocados pelos PNAs presentes nos ingredientes das dietas e melhoram o aproveitamento e a digestibilidade dos nutrientes, com papel importante principalmente em animais jovens, que apresentam o sistema enzimático imaturo.

O organismo das aves consegue produzir enzimas digestivas que degradam o amido e proteínas dietéticas (amilases e proteases, respectivamente). No entanto, não produzem enzimas que atuam sobre a degradação das fibras, que estão presentes na maioria dos alimentos (CAMPESTRINI *et al.*, 2005). Estudos demonstram efeito positivo da utilização de enzimas ou complexos enzimáticos em dietas contendo DDGS (LIU, 2011; ROMERO *et al.*, 2013; SWIATKIEWICZ *et al.*, 2014). Outros pesquisadores demonstraram que a utilização de carboidrases em dietas formuladas com 30% DDGS não resultou em melhoria de desempenho dos animais (MIN *et al.*, 2011).

Guimarães e colaboradores (2009) ressaltam que nem sempre a suplementação de enzimas digestivas resultará em efeitos positivos, uma vez que a eficácia depende de alguns fatores, como a utilização da enzima na dosagem correta, presença do substrato específico na dieta e de condições ideais de pH e temperatura para expressarem sua atividade catalítica. Por isso, ao utilizar-se enzimas de forma estratégica, é necessário atentar-se para a disponibilidade do substrato, capacidade de aproveitamento dos resíduos da hidrólise enzimática e custo-benefício (ORDOÑEZ *et al.*, 2018).

A crescente limitação do uso de antibióticos promotores de crescimento na produção animal intensificou a busca por outras estratégias nutricionais capazes de garantir a integridade e saúde do intestino, para a manutenção dos índices produtivos diante dos constantes desafios enfrentados pela cadeia avícola. Entre essas

alternativas encontram-se os prebióticos, probióticos, ácidos orgânicos, óleos essenciais e enzimas exógenas.

Além de maximizar o aproveitamento dos nutrientes da dieta, as enzimas exógenas reduzem a proliferação de microrganismos indesejáveis no intestino, devido a menor presença de alimento mal digerido, e consequentemente reduz a inflamação intestinal (KOGUT *et al.*, 2018; DAL PONT *et al.*, 2020). Como efeito adicional, os produtos resultantes da hidrólise dos nutrientes podem promover a saúde intestinal através da modulação da microbiota (CRAIG *et al.*, 2020).

2.3.1 Carboidrases

As carboidrases são enzimas que degradam carboidratos através da hidrólise das ligações glicosídicas entre as unidades monoméricas (FERREIRA *et al.*, 2015). A classe das carboidrases é extensa e fazem parte desse grupo as amilases, β -glucanases, β -mananases, celulasas, pectinases e xilanases (MUNIR & MAQSOOD, 2013).

O uso comercial das carboidrases exógenas em formulações de rações para frangos de corte teve início no final da década de 80, com a finalidade de melhorar a digestibilidade dos nutrientes e aumentar o aproveitamento da energia, tanto da estrutura fibrosa presente nos PNAs insolúveis, quanto no gel viscoso formado pelos PNAs solúveis (FERREIRA *et al.*, 2015), reduzindo os impactos negativos das dietas ricas em fibra sobre o desempenho dos animais e qualidade da cama (RAZA *et al.*, 2019).

De acordo com Waititu *et al.* (2014), a combinação de enzimas (carboidrase, fitase e protease) em dietas contendo 5% de DDGS, melhorou a taxa de conversão alimentar e diminuiu a viscosidade da digesta em frangos de corte, mas não influenciou no ganho de peso.

Wickramasuriya *et al.* (2019) observaram que a suplementação da dieta com multcarboidrases resultou em melhor digestibilidade dos nutrientes, desempenho e eficiência alimentar em frangos de corte e indicam o uso das enzimas nas dietas desde a fase inicial até os 35 dias de idade.

As amilases degradam o amido em açúcares simples disponibilizando rapidamente à digestão no intestino delgado, melhorando a utilização do nutriente, com consequente melhoria no crescimento e desempenho dos animais

(STEFANELLO *et al.*, 2015). Alguns trabalhos realizados em frangos de corte demonstram que a suplementação de α -amilase pode melhorar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica e do amido, aumentando a energia metabolizável e melhorando o desempenho (GRACIA *et al.*, 2003; KACZMAREK *et al.*, 2014).

As xilanases são enzimas que atuam na degradação das principais moléculas que compõem os PNAs, como os arabinoxilanos, tornando-os mais digestíveis. Além disso, melhoram a utilização de outros nutrientes da dieta, como as proteínas, que são liberadas após o rompimento da estrutura da parede celular (ESMAEILPOUR *et al.*, 2011).

Outro efeito benéfico do uso das xilanases nas dietas é que a hidrólise dos arabinoxilanos resulta na produção de xilo-oligossacarídeos (COLLINS *et al.*, 2005), estruturas aproveitadas por bactérias benéficas, como os *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, aumentando a proliferação desses grupos bacterianos e reduzindo a prevalência de bactérias patogênicas, como o *Clostridium perfringens* (THAMMARUTWASIK *et al.*, 2009; SUN *et al.*, 2015; RAZA *et al.*, 2019). A fermentação dos xilo-oligossacarídeos pelas bactérias intestinais resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que atuam como fonte de energia e influenciam a composição e atividade da microbiota intestinal e o desempenho das aves (DE MAESSCHALCK *et al.*, 2015).

Os β -glucanos e arabinoxilanos tem como principal característica o aumento da viscosidade da digesta, portanto, tornou-se uma prática comum utilizar as β -glucanases e xilanases nas dietas de frangos de corte, principalmente quando formuladas a base de cevada, que contém níveis ainda mais elevados desses PNAs (FUENTE *et al.*, 1995; KARUNARATNE *et al.*, 2017). Essas enzimas reduzem os impactos dos PNAs sobre o desempenho e digestibilidade, além de resultarem na modificação da população microbiana intestinal (KALDHUSDAL & HOFSHAGEN, 1992 ; MATHLOUTHI *et al.*, 2002).

Os β -mananos também são polissacarídeos não amiláceos presentes em todos os ingredientes vegetais, no entanto, além de aumentarem a viscosidade da digesta, são moléculas grandes e semelhante às encontradas na parede celular de algumas bactérias. Devido a essa característica, são facilmente reconhecidas pelo sistema imune inato dos animais e resultam na ativação imunológica e em gasto energético (ANDERSON & HSIAO, 2009).

A enzima β -mananase promove a hidrólise desta molécula, diminuindo seu peso molecular e consequentemente a exposição na corrente sanguínea. Esses fatores reduzem a carga do sistema imune, sendo assim, a energia, antes gasta no processo imunológico, agora é direcionada para a produtividade (JACKSON *et al.*, 2003).

Os benefícios da suplementação das dietas com β -mananase foram relatados por Latorre *et al.* (2015), que observaram ação moduladora da enzima sobre a microbiota intestinal de frangos de corte desafiados com *Clostridium perfringens*. Latham *et al.* (2017) também observaram efeito benéfico da utilização de β -mananase na redução da viscosidade intestinal e melhoria de desempenho de frangos de corte que receberam dietas suplementadas com a enzima.

2.3.2 Proteases

As proteases ou enzimas proteolíticas caracterizam-se por atuarem na hidrólise das ligações peptídicas dos aminoácidos (ISAKSEN *et al.*, 2010). Bedford & Morgan (1996) afirmam que vários fatores podem comprometer a digestão das proteínas, entre eles, a presença de inibidores de proteases nos ingredientes das rações ou pela própria estrutura das proteínas, que afetam a sua taxa de degradação.

Ghazi e colaboradores (2002) relatam que diferente das proteases endógenas, que catalisam apenas a hidrólise de proteínas dietéticas e corporais, as enzimas exógenas, além de auxiliarem nessa atividade, também atuam sobre fatores antinutricionais, como lectinas e inibidores de tripsina.

A suplementação de dietas com protease podem resultar em melhor desempenho zootécnico e melhorias relacionadas a digestibilidade de aminoácidos (ANGEL *et al.*, 2011 ; LÓPEZ-IGLESIAS *et al.*, 2011). Além disso, a digestibilidade das proteínas pode ser melhorada com a inclusão de enzimas como as fitases, xilanases e proteases nas rações animais (Bedford, 2018).

2.3.3 Fitases

O fósforo (P) é considerado um dos nutrientes mais caros da dieta dos animais não-ruminantes, juntamente com a energia e a proteína (LÉTOURNEAU-MONTIMY *et al.*, 2011). A maior parte do P (50-85%) que compõem a estrutura dos vegetais

encontra-se na forma de fitato ou ácido fítico (RAVINDRAN *et al.*, 1994) que é amplamente conhecido como fator antinutricional e pela capacidade de complexar nutrientes, como proteínas, carboidratos e minerais, tornando esses nutrientes indisponíveis para digestão e absorção (SELLE *et al.*, 2009; YU *et al.*, 2012).

A fitase catalisa a reação de desfosforilação do ácido fítico em fosfato inorgânico e ésteres menores (LEI & PORRES, 2003) liberando o P e outros nutrientes para serem utilizados pelas aves (NAMKUNG & LEESON, 1999). A adição da fitase nas dietas resulta em menor custo com alimentação e redução dos danos ao meio ambiente, devido a menor excreção de fósforo pelas excretas dos animais (LIMA *et al.*, 2007) e preservação dos recursos naturais não renováveis de onde são extraídos os fosfatos (PETER & RAVINDRAN, 2007).

A suplementação das dietas de frangos de corte com níveis de fitase maiores do que os recomendados pelo setor industrial (superdose) tem demonstrado efeitos extra-fosfóricos, melhorando a solubilidade e a digestibilidade de outros nutrientes, como aminoácidos e proteínas, resultando em melhor aproveitamento da energia (COWIESON *et al.*, 2017; WALK & RAO, 2020). Outros impactos positivos da superdose de fitase são mencionados na literatura, entre eles, a restauração da atividade das enzimas digestivas (LIU *et al.*, 2008), redução dos efeitos antinutricionais do fitato (BEESON *et al.*, 2017) e liberação de inositol (WALK *et al.*, 2014).

Swiatkiewicz *et al.* (2014) observaram que a adição de fitase e xilanase em dietas com alto teor de DDGS melhorou o desempenho, a digestibilidade da matéria seca e a retenção de Ca e P. Rutherford *et al.* (2012) ao suplementarem a dieta de frangos de corte com superdose de fitase observaram melhoria na utilização dos nutrientes pelos animais, o que resultou em melhor desempenho, quando comparado ao grupo que recebeu a suplementação com a dose da enzima recomendada pela indústria.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual, 2021. Disponível em: <http://abpa-br.org/mercados/#relatorios>. Acesso em: 14 de novembro de 2021.
- ABREU, M. T.; FASSANI, E. J.; SILVEIRA, M. M. B. M.; VIVEIROS, M. P. Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, 2018.
- ACOSTA, J. A.; STEIN, H. H.; PATIENCE, J. F. Impact of increasing the levels of insoluble fiber and on the method of diet formulation measures of energy and nutrient digestibility in growing pigs. **Journal of animal science**, v. 98, n. 6, p.130, 2020.
- ALVES, J. O.; ZHUO, C.; LEVENDIS, Y. A.; TENÓRIO, J. A. S. Síntese de nanomateriais de carbono a partir do resíduo de milho (DDGS). **Química Nova**, v. 35, n. 8, p. 1534-1537, 2012.
- ANDERSON, D. M.; HSIAO, H. Y. New feed enzyme development. **New Feed Enzyme**, p. 1-28, 2009.
- ANGEL, C. R.; SAYLOR, W.; VIEIRA, S. L.; WARD, N. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7-to 22-day-old broiler chickens. **Poultry science**, v. 90, n. 10, p. 2281-2286, 2011.
- BAILEY, R. W. Structural carbohydrates. In: Chemistry and biochemistry of herbage. BUTLER, G. W.; BARTEY, R. W. **Academic Press**, p. 157-211, London: 1973.
- BATAL, A. B.; DALE, N. M. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, n. 1, p. 89-93, 2006.
- BEDFORD, M. R. The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: the role of data interpretation. **British Poultry Science**, v. 59, n. 5, p. 486-493, 2018.
- BEDFORD, M. R.; COWIESON, A. J. Matrix values for exogenous enzymes and their application in the real world. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2020.
- BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J. The use of enzymes in poultry diets. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, n. 1, p. 61-68, 1996.
- BEESON, L. A.; WALK, C. L.; BEDFORD, M. R.; OLUKOSI, O. A. Hydrolysis of phytate to its lower esters can influence the growth performance and nutrient utilization of broilers with regular or super doses of phytase. **Poultry Science**, v. 96, n. 7, p. 2243-2253, 2017.
- BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 12, p. 69-80, 2008.
- BREGENDAHL, K. Use of distillers co-products in diets fed to poultry. In: BABCOCK, B.A.; HAYES, D.J.; LAWRENCE, J.D. (Eds.) Using distillers grains in the US and international livestock and poultry industries p. 99-128, 2008.

BRYDEN, W. L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. **Animal Feed Science and Technology**, v. 173, p. 134-158, 2012.

CAMPASINO A, WILLIAMS M, LATHAM R, BAILEY C, BROWN B, LEE J. Effects of increasing dried distillers' grains with solubles and non-starch polysaccharide degrading enzyme inclusion on growth performance and energy digestibility in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 135-144, 2015.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 254-267, 2005.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Enzimas. In: Bioquímica Ilustrada, 2 ed. 1989. São Paulo: Artes médicas, p53-66. 446p.

CHATZIFRAGKOU, A.; CHARALAMPOPOULOS, D. Distiller's dried grains with solubles (DDGS) and intermediate products as starting materials in biorefinery strategies. In: Sustainable recovery and reutilization of cereal processing by-products. **Woodhead Publishing**, p. 63-86, 2018.

CHOCT, M.; BIRD, S. H.; LITTLEFIELD, P.; BALOGUN, R.; ROWE, J. B. Microstructure of grains as an indicator of nutritive value. **Animal Science**, p.223-228, 2001.

CHOCT, M.; ANNISON, G.; TRIMBLE, R. P. Soluble wheat pentosans exhibit different anti-nutritive activities in intact and cecectomized broiler chickens. **The Journal of nutrition**, v. 122, n. 12, p. 2457-2465, 1992.

CHOCT, M.; DERSJANT-LI, Y.; MCLEISH, J.; PEISKER, M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 23, n. 10, p. 1386-1398, 2010.

CHOCT, M.; HUGHES, R. J.; WANG, J.; BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British poultry science**, v. 37, n. 3, p. 609-621, 1996.

CIAS – Central de Inteligência de Aves e Suínos. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

COLLINS, T.; GERDAY, C.; FELLER, G. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. **FEMS microbiology reviews**, v. 29, n. 1, p. 3-23, 2005.

CORASSA, A.; GONÇALVES, D. B. C.; DE FREITAS, L. W.; KIEFER, C.; STRAUB, I. W. W.; ROTHMUND, V. L.; CORREA, D. Variabilidade da composição nutricional de coprodutos de etanol de milho do Brasil para suínos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, 2021.

COWIESON, A. J.; RUCKEBUSCH, J. P.; SORBARA, J. O. B.; WILSON, J. W.; GUGGENBUHL, P.; ROOS, F. F. A systematic view on the effect of phytase on ileal amino acid digestibility in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 182-194, 2017.

CRAIG, A. D.; KHATTAK, F.; HASTIE, P.; BEDFORD, M. R.; OLUKOSI, O. A. Xylanase and xylo-oligosaccharide prebiotic improve the growth performance and concentration of potentially prebiotic oligosaccharides in the ileum of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 61, n. 1, p. 70-78, 2020.

CUEVAS, A. C.; CARRILLO, C. A. E; ELIZALDE, G. S.; IRIARTE, J. M.; ROA, M. O.; GONZÁLEZ, E. A. El uso de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas sorgo-soya para pollos de engorda y gallinas de postura. **Revista mexicana de ciencias pecuarias**, v. 3, n. 3, p. 331-341, 2012.

DAL PONT, C. G.; FARNELL, M.; FARNELL, Y.; KOGUT, M. H. Dietary factors as triggers of low-grade chronic intestinal inflammation in poultry. **Microorganisms**, v. 8, n. 1, p. 139, 2020.

DAMASCENO, J. L.; ROCHA, C. S.; EYNG, C.; BROCH, J.; SAVARIS, V. D.; WACHHOLZ, L.; NUNES, R. V. Corn distillers' dried grains with solubles to feed broiler chickens from 22 to 42 D of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 3, p. 573-583, 2020.

DE MAESSCHALCK, C.; EECKHAUT, V.; MAERTENS, L.; DE LANGE, L.; MARCHAL, L.; NEZER, C.; VAN IMMERSEEL, F. The effects of xylo-oligosaccharides on performance and microbiota in broiler chickens. **Applied and environmental microbiology**, 2015.

EBIHARA, K. Comparative effects of water-soluble and water-insoluble dietary fibers on various parameters relating to glucose tolerance in rats. **Nutrition Reports International**, v. 26, p. 193-201, 1982.

ECKERT, C. T.; FRIGO, E. P.; ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; CHRIST, D.; SANTOS, W. G.; EGEWARTH, V. A. Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 3907-3912, 2018.

EL-HACK, M. E. A.; ALAGAWANY, M.; FARAG, M. R.; DHAMA. Use of maize distiller's dried grains with solubles (DDGS) in laying hen diets: trends and advances. **Asian J. Anim. Vet. Adv**, v. 10, n. 11, p. 690-707, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

ENGLYST, H. N.; HUDSON, G. J. Colorimetric method for routine measurement of dietary fibre as non-starch polysaccharides. A comparison with gas-liquid chromatography. **Food Chemistry**, v. 24, n. 1, p. 63-76, 1987.

ESMAEILPOUR, O., SHIVAZAD, M., MORAVEJ, H., AMINZADEH, S., REZAIAN, M.; VAN KRIMPEN, M. M. Effects of xylanase and citric acid on the performance, nutrient retention, and characteristics of gastrointestinal tract of broilers fed low-phosphorus wheat-based diets. **Poultry science**, v. 90, n. 9, p. 1975-1982, 2011.

FERREIRA, C. B.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A.; BRITO, J. Á. G. D.; BERTECHINI, A. G.; PINHEIRO, S. R. F. Associação de carboidratos e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de

poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 249-254, 2015.

FONTAINE, J.; ZIMMER, U.; MOUGHAN, P. J.; RUTHERFURD, S. M. Effect of heat damage in an autoclave on the reactive lysine contents of soy products and corn distillers dried grains with solubles. Use of the results to check on lysine damage in common qualities of these ingredients. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 26, p. 10737-10743, 2007.

FUENTE, J. M.; PÉREZ, P.; VILLAMIDE, M. J. Effect of dietary enzyme on the metabolizable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. **Animal feed science and technology**, v. 56, n. 1-2, p. 45-53, 1995.

GHAZI, S.; ROOKE, J. A.; GALBRAITH, H.; BEDFORD, M. R. The potential for the improvement of the nutritive value of soya-bean meal by different proteases in broiler chicks and broiler cockerels. **British poultry science**, v. 43, n. 1, p. 70-77, 2002.

GLAMOČIĆ, D.; HORVATOVIĆ, M. P.; IVKOVIĆ, M.; BEUKOVIĆ, D.; BJEDOV, S. Efekat egzogenih enzima u ishrani brojlera na svarljivost i metaboličnost u smešama sa različitim nivoom metaboličke energije. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 27, n. 3, p. 583-591, 2011.

GRACIA, M. I.; ARANIBAR, M.; LAZARO, R.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G. Alpha-amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry science**, v. 82, n. 3, p. 436-442, 2003.

GUIMARÃES, I. G.; FALCON, D. R.; SCHICH, D.; BARROS, M. M., & PEZZATO, L. E. Digestibilidade aparente de rações contendo complexo enzimático para tilápia-donilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 1397-1402, 2009.

HAMILTON, P. B. Mycotoxins and farm animals. **Refuah Veterinarith**, v. 39, n. 1, p. 17-45, 1982.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 4, p. 415-422, 2004.

HORVATOVIĆ, M. P. A Mini Review of the Effects of NSP and Exogenous Enzymes in Broiler Diets on Digestibility and Some Intestinal Functions. **Contemporary Agriculture**, v. 70, n. 3-4, p. 116-122, 2021.

HORVATOVIĆ, M. P.; GLAMOČIĆ, D.; ZIKIC, D.; HADNADJEV, T. D. Performance and some intestinal functions of broilers fed diets with different inclusion levels of sunflower meal and supplemented or not with enzymes. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, p. 25-30, 2015.

ISAKSEN, M. F.; COWIESON, A. J.; KRAGH, K. M. Starch and protein degrading enzymes: Biochemistry, enzymology and characteristics relevant to animal feed use. **Farm Animal Nutrition**, p. 85-95, 2010.

JACKSON, M. E.; ANDERSON, D. M.; HSIAO, H. Y.; MATHIS, G. F.; FODGE, D. W. Beneficial effect of β -mannanase feed enzyme on performance of chicks challenged with *Eimeria* sp. and *Clostridium perfringens*. **Avian Diseases**, v. 47, n. 3, p. 759-763, 2003.

KACZMAREK, S. A.; ROGIEWICZ, A.; MOGIELNICKA, M.; RUTKOWSKI, A.; JONES, R. O.; SLOMINSKI, B. A. The effect of protease, amylase, and nonstarch polysaccharide-degrading enzyme supplementation on nutrient utilization and growth performance of broiler chickens fed corn-soybean meal-based diets. **Poultry science**, v. 93, n. 7, p. 1745-1753, 2014.

KALDHUSDAL, M.; HOFSHAGEN, M. Barley inclusion and avoparcin supplementation in broiler diets.: 2. clinical, pathological, and bacteriological findings in a mild form of necrotic enteritis. **Poultry Science**, v. 71, n. 7, p. 1145-1153, 1992.

KARUNARATNE, N. D.; NEWKIRK, R. W.; VAN KESSEL, A. G.; BEDFORD, M. R.; CLASSEN, H. L. Hullless barley and beta-glucanase levels in the diet affect the performance of coccidiosis-challenged broiler chickens in an age-dependent manner. **Poultry Science**, v. 100, n. 2, p. 776-787, 2021.

KIM, S.; DALE, B. E. Regional variations in greenhouse gas emissions of biobased products in the United States corn based ethanol and soybean oil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 6, p. 540-546, 2009.

KOGUT, M. H.; GENOVESE, K. J.; SWAGGERTY, C. L.; HE, H.; BROOM, L. Inflammatory phenotypes in the intestine of poultry: not all inflammation is created equal. **Poultry science**, v. 97, n. 7, p. 2339-2346, 2018.

LANGHOUT, D. J. The role of the intestinal flora as affected by non-starch polysaccharides in broiler chicks. **Wageningen University and Research**, 1998.

LATHAM, R. E.; WILLIAMS, M. P.; WALTERS, H. G.; CARTER, B.; LEE, J. T. Efficacy of β -mannanase on broiler growth performance and energy utilization in the presence of increasing dietary galactomannan. **Poultry science**, v. 97, n. 2, p. 549-556, 2018.

LATORRE, J. D.; HERNANDEZ-VELASCO, X.; KUTTAPPAN, V. A.; WOLFENDEN, R. E.; VICENTE, J. L.; WOLFENDEN, A. D.; TELLEZ, G. Selection of *Bacillus* spp. for cellulase and xylanase production as direct-fed microbials to reduce digesta viscosity and *Clostridium perfringens* proliferation using an in vitro digestive model in different poultry diets. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 2, p. 25, 2015.

LATORRE, J. D.; HERNANDEZ-VELASCO, X.; VICENTE, J. L.; WOLFENDEN, R.; HARGIS, B. M.; TELLEZ, G. Effects of the inclusion of a *Bacillus* direct-fed microbial on performance parameters, bone quality, recovered gut microflora, and intestinal morphology in broilers consuming a grower diet containing corn distillers dried grains with solubles. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2728-2735, 2017.

LEI, X. G.; PORRES, J. M. Phytase enzymology, applications, and biotechnology. **Biotechnology letters**, v. 25, n. 21, p. 1787-1794, 2003.

LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P.; NARCY, A.; LESCOAT, P.; MAGNIN, M.; BERNIER, J. F.; SAUVANT, D.; POMAR, C. Modeling the fate of dietary phosphorus in the digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 3596-3611, 2011.

LEWANDROWSKI, J.; ROSENFELD, J.; PAPE, D.; HENDRICKSON, T.; JAGLO, K.; MOFFROID, K. The greenhouse gas benefits of corn ethanol—assessing recent evidence. **Biofuels**, v.10, p.1-15, 2019.

LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; ARAUJO, J. A.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.

LIU, K. Chemical composition of distillers grains, a review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 5, p. 1508-1526, 2011.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D.; COWIESON, A. J. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. **Journal of animal science**, v. 86, n. 12, p. 3432-3439, 2008.

LÓPEZ-IGLESIAS, M.; BUSTO, E.; GOTOR, V.; GOTOR-FERNÁNDEZ, V. Use of protease from *Bacillus licheniformis* as promiscuous catalyst for organic synthesis: Applications in C-C and C-N bond formation reactions. **Advanced Synthesis & Catalysis**, v. 353, n. 13, p. 2345-2353, 2011.

MAILLARD, L. C. Action des acides amines sur les sucres; formation des melanoidines par voie methodique. **Comptes Rendus de l'Académie des sciences**. v. 154, p. 66-68, 1912.

MATHLOUTHI, N.; MALLET, S.; SAULNIER, L.; QUEMENER, B.; LARBIER, M. Effects of xylanase and beta-glucanase addition on performance, nutrient digestibility, and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. **Animal Research**, v. 51, n. 05, p. 395-406, 2002.

MIN, Y. N.; LIU, F. Z.; KARIMI, A.; COTO, C.; LU, C.; YAN, F.; WALDROUP, P. W. 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**, v. 10, n. 10, p. 796-803, 2011.

MUNIR, K.; MAQSOOD, S. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 66-80, 2013.

NAMKUNG, H.; LEESON, S. Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 78, n. 9, p. 1317-1319, 1999.

NEVES, M. F.; MILAN, P.; VALÉRIO, F. R.; MARQUES, V. N.; DELSIN, F. G.; CAMBAÚVA, V.; MARTINEZ, L. F.; MOREIRA, M. M. R.; ARANTES, S.; TEIXEIRA, G. O. Etanol de milho: Cenário atual e perspectivas para a cadeia no Brasil. 1. ed. Ribeirão Preto, SP: UNEM, 2021.

OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. 2020. Disponível em: <https://www.oecd.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-19991142.htm>. Acesso em: 29 de janeiro de 2022.

ORDOÑEZ, M. J.; BRAVO, M. X. R.; SALDAÑA, D. F. R. Rol de las enzimas en la alimentación de mono-gástricos, con énfasis en pollos de engorde. **Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal**, v. 2, n. 3, p. 25-42, 2018.

OWUSU-ASIEDU, A. J. F. J.; PATIENCE, J. F.; LAARVELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta

passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of animal science**, v. 84, n. 4, p. 843-852, 2006.

PAHM, A. A.; SCHERER, C. S.; PETTIGREW, J. E.; BAKER, D. H.; PARSONS, C. M.; STEIN, H. H. Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. **Poultry science**, v. 88, n. 3, p. 571-578, 2009.

PARIZA, M. W.; COOK, M. Determining the safety of enzymes used in animal feed. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 56, n. 3, p. 332-342, 2010.

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P.; TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. **Melhoramento e produção de milho**, v. 2, p. 375-409, 1987.

PEDERSEN M. B.; DALSGAARD, S.; ARENT, S.; LORENTSEN, R.; KNUDSEN, K. E. B.; YU, S.; LÆRKE, H. N. Xylanase and protease increase solubilization of non- starch polysaccharides and nutrient release of corn-and wheat distillers dried grains with solubles. **Biochemical Engineering Journal**, v.98, p.99-106, 2015.

PEREIRA FILHO, I. A.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. Cultivo do Milho. Embrapa Milho e Sorgo. Versão eletrônica, 9ed, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

PETER, H. S.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition: A review. **Animal Feed Science Technology**, v. 135, p. 1-41, 2007.

RAKOWSKA, M.; REK-CIEPLY, B.; SOT, A.; LIPINSKA, E.; KUBINSKI, T.; BARCZ, I.; AFANASJEW, B. The effect of rye, probiotics and nisine on faecal flora and histology of the small intestine of chicks. **J. Anim. Feed Sci**, v. 2, n. 1-2, p. 73-81, 1993.

RAVINDRAN, V.; RAVINDRAN, G.; SIVALOGAN, S. Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. **Food Chemistry**, v. 50, n. 2, p. 133-136, 1994.

RAZA, A.; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon**, v. 5, n. 4, p. e01437, 2019.

RFA – RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. 2021 POCKET GUIDE TO ETHANOL. 2021. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/file/276/2021-Pocket-Guide.pdf>. Acesso em: 11 de dezembro de 2021.

ROMERO, L. F.; PARSONS, C. M.; UTTERBACK, P. L.; PLUMSTEAD, P. W.; RAVINDRAN, V. 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**, v. 181, n. 1-4, p. 35-44, 2013.

ROSENTRATER, K. Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) – An Effective and Available Livestock and Poultry Feed Ingredient. Iowa State University: USA. Disponível em: <https://distillersgrains.org/wp-content/uploads/2018/07/DDGS-Introduction-Composition.pdf>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2022.

ROSTAGNO, S. H.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; DE OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; EUCLIDES, R. Tabelas brasileiras para suínos e aves. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

RUTHERFURD, S. M.; CHUNG, T. K.; THOMAS, D. V.; ZOU, M. L.; MOUGHAN, P. J. Effect of a novel phytase on growth performance, apparent metabolizable energy, and the availability of minerals and amino acids in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for broilers. **Poultry Science**, v. 91, n. 5, p. 1118-1127, 2012.

SACRANIE, A.; SVIHUS, B.; DENSTADLI, V.; MOEN, B.; IJI, P. A.; CHOCT, M. The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. **Poultry science**, v. 91, n. 3, p. 693-700, 2012.

SANTOS, F. A. P.; BATISTEL, F.; SOUZA, J. Processamento aumenta aproveitamento do milho e eficiência de rações animais. **Visão Agrícola**, n. 13, p. 153-153, 2015.

SCHONE, R. A.; NUNES, R. V.; FRANK, R.; EYNG, C.; CASTILHA, L. D. Resíduo seco de destilaria com solúveis (DDGS) na alimentação de frangos de corte (22-42 dias). **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 548-557, 2017.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; PARTRIDGE, G. G. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility, energy utilisation, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 153, n. 3-4, p. 303-313, 2009.

SILVA J. R.; NETTO, D. P.; SCUSSEL, V. M. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança: Revisão. **PUBVET**, v.10, n.3, p.257-270, 2016.

SILVA, H. J. T.; SANTOS, P. F. A.; NOGUEIRA, E. C. J.; VIAN, C. E. D. F. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 142, 2020.

SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v. 90, n. 9, p. 2013-2023, 2011.

SMITS, C. H; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition—towards a physiologically valid approach to their determination. **World's poultry science journal**, v. 52, n. 2, p. 203-221, 1996.

STEFANELLO, C.; VIEIRA, S. L.; SANTIAGO, G. O.; KINDLEIN, L.; SORBARA, J. O. B.; COWIESON, A. J. Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-soybean basal diets supplemented with enzymes. **Poultry science**, v. 94, n. 10, p. 2472-2479, 2015.

STEIN, H. H.; SHURSON, G. C. Board-invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. **Journal of animal science**, v. 87, n. 4, p. 1292-1303, 2009.

SUN, Q.; LIU, D.; GUO, S.; CHEN, Y.; GUO, Y. Effects of dietary essential oil and enzyme supplementation on growth performance and gut health of broilers challenged by *Clostridium perfringens*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 234-244, 2015.

SVIHUS, B. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. **World's Poultry Science Journal**, v. 67, n. 2, p. 207-224, 2011.

SWIATKIEWICZ, S.; SWIATKIEWICZ, M.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A.; JOZEFIAK, D. Efficacy of feed enzymes in pig and poultry diets containing distillers dried grains

with solubles: a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 15-26, 2016.

SWIATKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A.; JOZEFIAK, D. 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**, v. 163, p. 110-119, 2014.

TAVERNARI, F. C.; CARVALHO, T. A.; ASSIS, A. D.; LIMA, H. J. D. Polissacarídeos não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 673-689, 2008.

THAMMARUTWASIK, P.; HONGPATTARAKERE, T.; CHANTACHUM, S.; KIJROONGROJANA, K.; ITHARAT, A.; REANMONGKOL, W.; OORAIKUL, B. Prebiotics - A Review. **Songklanakarin Journal of Science & Technology**, v. 31, n. 4, 2009.

TJARDES, K.; WRIGHT, C. Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle. **Animal & Range Sciences**, n. 2036, p. 1-5, 2002.

TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. Princípios de Anatomia e Fisiologia. 2002. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1008 p.

USDA - United State Department of Agriculture. Grain: World Markets and Trade, 2021. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

VALENTIM, J. K., LIMA, H. J. D. Á., BITTENCOURT, T. M., MATOS, N. E., BURBARELLI, M. F. D. C., GARCIA, R. G., ... & BARBOSA, D. K. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 1, p. 44-49, 2021.

WALK, C. L.; RAO, SV R. Dietary phytate has a greater anti-nutrient effect on feed conversion ratio compared to body weight gain and greater doses of phytase are required to alleviate this effect as evidenced by prediction equations on growth performance, bone ash and phytate degradation in broilers. **Poultry science**, v. 99, n. 1, p. 246-255, 2020.

WALK, C. L.; SANTOS, T. T.; BEDFORD, M. R. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. **Poultry science**, v. 93, n. 5, p. 1172-1177, 2014.

WANG, Z.; CERRATE, S.; COTO, C.; YAN, F.; WALDROUP, P. W. Evaluation of high levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 10, p. 990-996, 2008.

WARD, Nelson E. Debranching enzymes in corn/soybean meal-based poultry feeds: a review. **Poultry Science**, v. 100, n. 2, p. 765-775, 2021.

WICKRAMASURIYA, S.; KIM, E.; SHIN, T. K.; CHO, H. M.; KIM, B.; PATTERSON, R.; HEO, J. M. Multi-carbohydrase addition into a corn-soybean meal diet containing wheat and wheat by products to improve growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 2, p. 399-409, 2019.

WU, F.; MUNKVOLD, G. P. Mycotoxins in ethanol co-products: modeling economic impacts on the livestock industry and management strategies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 11, p. 3900-3911, 2008.

XU, X; ZHANG, Y. Network analysis of corn cash price comovements. **Machine Learning with Applications**, v. 6, p. 100140, 2021.

YU, S.; COWIESON, A.; GILBERT, C.; PLUMSTEAD, P.; DALSGAARD, S. Interactions of phytate and myo-inositol phosphate esters (IP1-5) including IP5 isomers with dietary protein and iron and inhibition of pepsin. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 6, p. 1824-1832, 2012.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça, digestibilidade de nutrientes e saúde intestinal em frangos de corte.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade e seus efeitos sobre:

- Ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.
- Rendimento de carcaça e cortes comerciais.

Avaliar a suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) para frangos de corte de 28 dias de idade e seus efeitos sobre:

- Digestibilidade dos nutrientes.
- Morfometria da mucosa intestinal.
- Quantificação de ácidos graxos de cadeia curta.

CAPÍTULO 1 - COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E RENDIMENTO DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar a suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) sobre o desempenho produtivo e rendimento de carcaça em frangos de corte. Foram utilizados 2016 pintos de corte, distribuídos em esquema fatorial 4×2 (4 níveis de inclusão de DDGS $\times$ com e sem complexo multcarboidrase). Para avaliação do desempenho produtivo as aves e as sobras de ração foram pesadas semanalmente. Aos 43 dias, 48 aves por tratamento foram sacrificadas para a realização do rendimento de carcaça e cortes comerciais. Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância, posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e análise de regressão dos níveis de DDGS, utilizando-se o SAS. O peso vivo e o ganho de peso diminuíram linearmente em função do nível de DDGS adicionado nas dietas nos períodos de 1 a 7, 1 a 14 e 1 a 21 dias, independente da inclusão ou não do complexo enzimático. Na fase de 1 a 42 dias de idade observou-se que o peso vivo e o ganho de peso apresentaram comportamento quadrático em função da inclusão de DDGS na dieta de aves suplementadas ou não com enzimas, em que a inclusão de 1,08% resultou em melhor ganho de peso. A suplementação com o complexo enzimático possibilitou a inclusão de 8,01% de DDGS, sem prejudicar a conversão alimentar no período de 1 a 42 dias, e nas dietas sem suplementação enzimática a inclusão de níveis acima de 6,88% prejudicam esse índice. O rendimento da carcaça piorou em função da inclusão de DDGS na dieta, em contrapartida, o melhor peso de peito foi obtido com a inclusão de 15,94% de DDGS, independente da suplementação ou não com o complexo enzimático. A suplementação com complexo multcarboidrase não influenciou o peso relativo de carcaça, peito, pernas, asas e gordura abdominal, mesmo na dieta sem inclusão de DDGS. Conclui-se que a inclusão de DDGS em dietas de frangos de corte deve ser realizada com prudência, pois é necessário o desenvolvimento de melhorias na padronização e qualidade desse produto para o uso mais seguro na alimentação animal. A suplementação com complexo multcarboidrase não melhorou o desempenho produtivo e o rendimento de carcaça de frangos de corte.

Palavras-chave: enzimas, DDGS, milho, polissacarídeos não amiláceos.

Abstract: The experiment aimed to evaluate the multicarbohydase complex supplementation in diets elaborated with different levels of corn distillers' dried grains with solubles (DDGS) inclusion on productive performance and carcass yield in broilers. Were used 2016 male broiler chickens, assigned to a 4 × 2 factorial scheme (4 levels of inclusion of DDGS × with and without multicarbohydase complex). To assess the productive performance, the birds and feed leftovers were weighed weekly. At 43 days, 48 birds per treatment were sacrificed for carcass and commercial cuts yield. Data was subjected to analysis of variance at 5% significance level, and the means compared by the Tukey test and regression analysis of the DDGS levels, using the SAS software. Body weight and body weight gain decreased linearly as a function of the inclusion of DDGS in the diets in periods 1 to 7, 1 to 14 and 1 to 21 days, regardless of the inclusion of multicarbohydase complex. From 1 to 42 days of age, it was observed that the body weight and body weight gain showed a quadratic behavior as a function of the inclusion of DDGS in the diet, supplemented or not with enzymes, in which the inclusion of 1.08% resulted in better weight gain. Supplementation with the enzyme complex allowed an inclusion of 8.01% of DDGS without impairing feed conversion in the period from 1 to 42 days; in diets without enzyme supplementation, the inclusion of levels above 6.88% impaired this index. The carcass yield worsened as a function to the inclusion of DDGS in the diet, on the other hand, the best breast weight was obtained with inclusion of 15.94% of DDGS, regardless of the supplementation or not with enzymes complex. Supplementation with multicarbohydase complex did not influence the relative weight of carcass, breast, legs, wings and abdominal fat, even in the diet without inclusion of DDGS. It is concluded that the inclusion of DDGS in broiler diets should be carried out with prudence, as it is necessary to develop improvements in the standardization and quality of this product for safer use in animal feed. Supplementation with multicarbohydase complex did not improve the productive performance and carcass yield of broilers.

Key-words: enzymes, DDGS, corn, non-starch polysaccharides.

INTRODUÇÃO

O maior custo de produção na avicultura brasileira é representado pela nutrição, que atualmente corresponde a 75% do custo da atividade (CIAS, 2021). As dietas dos animais são formuladas utilizando como base o milho e o farelo de soja, matérias-primas com excelente qualidade nutricional (ROSTAGNO, 2017), porém que sofrem oscilações frequentes nos preços de mercado (XU & ZHANG, 2021) o que interfere diretamente na rentabilidade da atividade.

Com a finalidade de reduzir os custos com nutrição e os impactos ambientais, sem afetar a produtividade, os nutricionistas procuram cada vez mais por ingredientes alternativos ou subprodutos da indústria para substituir parcial ou totalmente ingredientes como o milho e o farelo de soja.

O DDGS (distillers' dried grains with solubles) é um coproduto resultante da produção de etanol através da fermentação do milho (PAHM *et al.*, 2009) e devido ao alto teor de proteína, pode ser utilizado em substituição parcial do farelo de soja nas dietas (LIU, 2011; DAMASCENO *et al.*, 2020).

Com o crescimento da demanda mundial por biocombustíveis, impulsionado pela necessidade de preservação dos recursos naturais não renováveis, tem-se observado o aumento da produção do etanol de milho (ECKERT *et al.*, 2018) e, seguindo a mesma tendência, a produção DDGS também aumentou, e com isso, mais estudos relacionados a sua utilização na alimentação animal devem ser conduzidos.

Geralmente a concentração dos nutrientes não fermentáveis, como as proteínas, lipídios e minerais presentes no DDGS são aproximadamente três vezes maiores do que o encontrado na matéria-prima inicial (LIU, 2011). Da mesma forma, a quantidade de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) presente nesses coprodutos também é maior quando comparado aos grãos antes do processamento (SWIATKIEWICZ *et al.*, 2016).

Além da presença de PNAs existem outros desafios em relação ao uso de DDGS nas dietas das aves, como a presença de micotoxinas e a variação da composição nutricional do produto. Portanto, alguns autores mencionam que utilização de enzimas pode ser um importante mecanismo para melhorar o valor nutricional de dietas contendo alto teor de DDGS (CAMPASINO *et al.*, 2015; PEDERSEN *et al.*, 2015).

O uso de enzimas carboidrases, por exemplo, são de grande interesse para a sustentabilidade da cadeia produtiva avícola, pois contribuem para melhorar a digestibilidade dos nutrientes das dietas, reduzindo a excreção de nutrientes (ABREU *et al.*, 2018) e excesso de nitrogênio, zinco e cobre para o meio ambiente (ALAGAWANY *et al.*, 2018).

Wickramasuriya *et al.* (2019) observaram aumento na digestibilidade dos nutrientes, que resultou em melhor desempenho e eficiência alimentar com a suplementação da dieta de frangos de corte com multcarboidrases. Isso pode ser atribuído a atuação das enzimas na redução dos impactos negativos da fibra solúvel na dieta, proporcionando a redução da viscosidade da digesta, favorecendo o aproveitamento de nutrientes que antes estavam indisponíveis, além de resultarem na modulação da microbiota intestinal (MATHLOUTHI *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2015; RAZA *et al.*, 2019).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis sobre o desempenho produtivo e rendimento de carcaça de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Aviário Experimental da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Todos os procedimentos de criação dos animais e de coleta de material biológico foram aprovados pelo Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação, sob o protocolo nº 15/2021.

Foram utilizados 2016 pintos de corte, machos da linhagem Ross AP 95, provenientes de matrizes de um mesmo lote com 40 semanas de idade. As aves foram distribuídas aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado, em desenho fatorial com 4 níveis de inclusão de DDGS (0, 10, 20 e 30%) e com e sem complexo multcarboidrase, totalizando 8 tratamentos e 6 repetições, com 42 aves por unidade experimental.

As dietas experimentais foram compostas por:

- T1: sem inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T2: 10% de inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T3: 20% de inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.

- T4: 30% de inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T5: sem inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.
- T6: 10% de inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.
- T7: 20% de inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.
- T8: 30% de inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.

O complexo comercial enzimático a base de carboidrases (amilase, xilanase, β -glucanase e β -mananase) associado a uma protease foi incluído nas dietas específicas na dose de 50g/ton, conforme a orientação do fabricante.

O programa nutricional foi dividido em 3 fases: inicial (1 a 18 dias), crescimento (19 – 35 dias idade) e abate (36 – 42 dias de idade). As dietas experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja, visando atender as exigências nutricionais das diferentes fases de criação, de acordo com as recomendações das agroindústrias locais e considerando a contribuição nutricional (matriz) do DDGS. A análise bromatológica e de micotoxinas do DDGS utilizado no experimento está descrita na Tabela 1. O farelo de soja, milho e o DDGS utilizados foram provenientes de um mesmo lote.

Todas as rações foram suplementadas com Fitase (500 FTU/kg) utilizando a seguinte matriz nutricional: 0,15% de P e 0,15% de Ca. A composição das dietas para cada fase de criação e os níveis nutricionais são apresentados na Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4.

As aves foram alojadas em galpão climatizado, contendo exaustores, aquecimento por meio de campânulas elétricas e placas de resfriamento controlados por um sistema automatizado. A temperatura de conforto térmico foi mantida de acordo com a idade e a alimentação foi fornecida *ad libitum* durante todo o período experimental.

O programa de luz utilizado proporcionou 24 horas de luz até os 14 dias de idade. Após este período as aves receberam 16 horas de luz e 8 horas de escuro até 21 dias de idade e posteriormente 14 horas de luz e 10 horas de escuro até o final do experimento.

Os boxes experimentais têm a dimensão de 2,0 m X 1,80 m, totalizando 3,60 m² de área disponível, cobertos com maravalha sobre o piso. O programa vacinal foi realizado no incubatório, conforme rotina da empresa fornecedora de pintinhos, e não foram repetidas estas vacinações no campo.

Tabela 1 - Composição bromatológica e de micotoxinas do DDGS.

Análise	Resultado
EE (%)	7,87
FB (%)	8,58
PB (%)	35,24
Resíduo Mineral (%)	2,33
Umidade (%)	9,70
Desoxinivalenol (ppm)	Não detectado
Fumonissina (ppm)	1,48
Aflatoxina Total (ppb)	4,77
Zearalenona (ppb)	Não detectado

Tabela 2 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase inicial.

Ingredientes (Kg/ton)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	478,24	449,01	419,03	389,87	509,76	480,23	450,67	421,13
Farelo de soja	442,50	376,00	309,80	243,20	429,00	362,70	296,40	229,80
DDGS	-	100,00	200,00	300,00	-	100,00	200,00	300,00
Óleo de soja	44,80	38,90	33,00	27,00	26,42	20,50	14,65	8,70
DL-Metionina 99%	2,89	2,70	2,55	2,38	2,82	2,65	2,47	2,31
L-lisina 54,6%	0,62	2,62	4,62	6,64	0,87	2,87	4,89	6,89
L-Treonina	0,40	0,47	0,55	0,63	0,38	0,45	0,52	0,60
L-Triptofano 98%	-	-	-	0,13	-	-	-	0,13
Calcário calcítico	13,40	14,20	15,00	15,70	13,50	14,30	15,00	15,90
Fosfato bicálcico	9,20	7,80	6,70	5,40	9,20	7,90	6,60	5,40
Sal Comum	3,70	3,80	3,90	3,90	3,80	3,80	3,90	3,90
Cloreto de colina	0,25	0,50	0,85	1,15	0,25	0,60	0,90	1,24
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	-	-	-	-
Premix ²	-	-	-	-	4,00	4,00	4,00	4,00
Níveis Nutricionais								
PB (%)	24,44	24,43	24,44	24,44	24,44	24,44	24,44	24,44
EE (%)	6,93	6,72	6,51	6,29	5,19	4,97	4,77	4,55
Fibra Bruta (%)	3,68	4,32	4,96	5,60	3,66	4,30	4,94	5,58
FDN (%)	11,58	14,82	18,07	21,32	11,73	14,98	18,23	21,47
EM (Kcal/Kg)	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050
Lis Dig (%)	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
ASST Dig (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Tre Dig (%)	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84	0,84
Trp Dig (%)	0,28	0,26	0,24	0,23	0,27	0,25	0,24	0,23
Arg Dig (%)	1,52	1,42	1,33	1,24	1,50	1,41	1,31	1,22
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disp (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Mat. Mineral (%)	5,51	5,33	5,19	5,00	5,50	5,33	5,15	4,99

¹ Premix vitamínico mineral sem complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.750.000 UI/kg), vitamina D3 (750.000 UI/kg), vitamina E (10.000 UI/kg), vitamina K3 (500 mg/kg), vitamina B2 (1.750 mg/kg), vitamina B12 (3.750 mcg/kg), niacina (10 g/kg), pantotenato de cálcio (3.000 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (750 mg/kg), vitamina B6 (1.000 mg/kg), ácido fólico (250 mg/kg), biotina (25 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), nicarbazina + narasina (25 g/kg), fitase (500 FTU/kg).

² Premix vitamínico mineral com complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.750.000 UI/kg), vitamina D3 (750.000 UI/kg), vitamina E (10.000 UI/kg), vitamina K3 (500 mg/kg), vitamina B2 (1.750 mg/kg), vitamina B12 (3.750 mcg/kg), niacina (10 g/kg), pantotenato de cálcio (3.000 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (750 mg/kg), vitamina B6 (1.000 mg/kg), ácido fólico (250 mg/kg), biotina (25 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), nicarbazina + narasina (25 g/kg), fitase (500 FTU/kg), beta mananase (3,13 U/g), betaglucanase (93,75 U/g), protease (17,5 U/g), amilase (1.500 U/g), xilanase (250 U/g).

Tabela 3 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase de crescimento.

Ingredientes (Kg/ton)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	554,70	525,14	495,57	466,14	586,30	556,58	527,61	497,73
Farelo de soja	371,50	305,00	238,90	172,20	358,00	291,70	225,00	158,50
DDGS	-	100,00	200,00	300,00	-	100,00	200,00	300,00
Óleo de soja	45,80	39,90	34,00	28,00	27,40	21,50	15,70	9,60
DL-Metionina 99%	2,14	1,97	1,79	1,62	2,10	1,90	1,72	1,60
L-lisina 54,6%	0,43	2,43	4,40	6,45	0,70	2,68	4,67	6,70
L-Treonina	0,10	0,16	0,24	0,32	0,10	0,14	0,20	0,30
L-Triptofano 98%	-	-	-	0,17	-	-	-	0,17
Calcário calcítico	11,50	12,30	13,00	13,90	11,50	12,50	13,00	14,00
Fosfato bicálcico	6,30	5,10	3,80	2,50	6,30	5,00	3,80	2,60
Sal Comum	3,30	3,40	3,40	3,50	3,30	3,40	3,40	3,50
Cloreto de colina	0,23	0,60	0,90	1,20	0,30	0,60	0,90	1,30
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	-	-	-	-
Premix ²	-	-	-	-	4,00	4,00	4,00	4,00
Níveis Nutricionais								
PB (%)	21,70	21,69	21,70	21,70	21,71	21,70	21,69	21,70
EE (%)	7,17	6,96	6,75	6,53	5,42	5,21	5,01	4,78
Fibra Bruta (%)	3,41	4,06	4,70	5,34	3,40	4,04	4,68	5,32
FDN (%)	11,44	14,69	17,94	21,18	11,60	14,85	18,09	21,34
EM (Kcal/Kg)	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150
Lis Dig (%)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
ASST Dig (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,82	0,81	0,81	0,82
Ter Dig (%)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72	0,73
Trp Dig (%)	0,24	0,22	0,20	0,20	0,24	0,22	0,20	0,20
Arg Dig (%)	1,33	1,24	1,14	1,05	1,31	1,22	1,13	1,03
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84	0,85	0,84	0,85
Fósforo disp (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Matéria Mineral (%)	4,77	4,61	4,42	4,27	4,74	4,59	4,39	4,25

¹ Premix vitamínico mineral sem complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.200.000 UI/kg), vitamina D3 (600.000 UI/kg), vitamina E (8.000 UI/kg), vitamina K3 (400 mg/kg), vitamina B2 (1.400 mg/kg), vitamina B12 (3.000 mcg/kg), niacina (8 g/kg), pantotenato de cálcio (2.400 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (600 mg/kg), vitamina B6 (800,5 mg/kg), ácido fólico (200 mg/kg), biotina (20 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), salinomicina (18 g/kg), fitase (500 FTU/kg).

² Premix vitamínico mineral com complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.200.000 UI/kg), vitamina D3 (600.000 UI/kg), vitamina E (8.000 UI/kg), vitamina K3 (400 mg/kg), vitamina B2 (1.400 mg/kg), vitamina B12 (3.000 mcg/kg), niacina (8 g/kg), pantotenato de cálcio (2.400 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (600 mg/kg), vitamina B6 (800,5 mg/kg), ácido fólico (200 mg/kg), biotina (20 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), salinomicina (18 g/kg), fitase (500 FTU/kg), beta mananase (3,13 U/g), betaglucanase (93,75 U/g), protease (17,5 U/g), amilase (1.500 U/g), xilanase (250 U/g).

Tabela 4 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase final.

Ingredientes (Kg/ton)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	665,93	636,55	607,37	578,03	697,77	668,24	639,40	608,77
Farelo de soja	267,50	201,00	134,60	67,60	254,30	187,80	120,50	55,00
DDGS	-	100,00	200,00	300,00	-	100,00	200,00	300,00
Óleo de soja	40,50	34,70	28,60	22,50	22,20	16,20	10,20	4,50
DL-Metionina 99%	1,88	1,71	1,55	1,40	1,80	1,64	1,47	1,30
L-lisina 54,6%	2,21	4,22	6,24	8,30	2,45	4,47	6,48	8,40
L-Treonina	0,38	0,46	0,54	0,62	0,36	0,44	0,50	0,58
L-Triptofano 98%	-	0,06	0,25	0,45	-	0,06	0,25	0,45
Calcário calcítico	10,00	10,50	11,00	12,00	9,70	10,50	11,20	12,00
Fosfato bicálcico	4,20	3,00	1,70	0,50	4,00	2,90	1,80	0,50
Sal Comum	3,10	3,20	3,20	3,30	3,10	3,10	3,20	3,20
Cloreto de colina	0,30	0,60	0,95	1,30	0,32	0,65	1,00	1,30
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	-	-	-	-
Premix ²	-	-	-	-	4,00	4,00	4,00	4,00
Níveis Nutricionais								
PB (%)	17,99	17,99	18,00	18,00	18,00	18,00	17,98	18,02
EE (%)	6,84	6,64	6,41	6,18	5,11	4,89	4,67	4,48
Fibra Bruta (%)	3,02	3,66	4,31	4,95	3,01	3,65	4,29	4,93
FDN (%)	11,23	14,47	17,72	20,96	11,40	14,64	17,88	21,13
EM (Kcal/Kg)	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250
Lis Dig (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
ASST Dig (%)	0,70	0,70	0,70	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70
Tre Dig (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,62	0,63
Trp Dig (%)	0,19	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,17	0,17
Arg Dig (%)	1,06	0,96	0,87	0,77	1,04	0,95	0,85	0,76
Cálcio (%)	0,72	0,71	0,70	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70
Fósforo disp (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Matéria Mineral (%)	4,05	3,86	3,65	3,51	3,97	3,81	3,65	3,47

¹ Premix vitamínico mineral sem complexo multcarboidrase: Vitamina A (1.760.000 UI/kg), vitamina D3 (480.000 UI/kg), vitamina E (6.400 UI/kg), vitamina K3 (320 mg/kg), vitamina B2 (1.120 mg/kg), vitamina B12 (2.400 mcg/kg), niacina (6,4 g/kg), pantotenato de cálcio (1.920 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (480 mg/kg), vitamina B6 (640,5 mg/kg), ácido fólico (160 mg/kg), biotina (16 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), fitase (500 FTU/kg).

² Premix vitamínico mineral com complexo multcarboidrase: Vitamina A (1.760.000 UI/kg), vitamina D3 (480.000 UI/kg), vitamina E (6.400 UI/kg), vitamina K3 (320 mg/kg), vitamina B2 (1.120 mg/kg), vitamina B12 (2.400 mcg/kg), niacina (6,4 g/kg), pantotenato de cálcio (1.920 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (480 mg/kg), vitamina B6 (640,5 mg/kg), ácido fólico (160 mg/kg), biotina (16 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), fitase (500 FTU/kg), beta mananase (3,13 U/g), betaglucanase (93,75 U/g), protease (17,5 U/g), amilase (1.500 U/g), xilanase (250 U/g).

Desempenho zootécnico

Semanalmente as aves foram pesadas, assim como a sobra de ração fornecida, para a avaliação do desempenho zootécnico (peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar). A conversão alimentar foi corrigida pela mortalidade semanal das aves conforme metodologia de Sakomura & Rostagno (2007).

Rendimento de carcaça e de cortes comerciais

O rendimento de carcaça, peito, pernas, asas e gordura abdominal foi realizado aos 43 dias de idade, utilizando-se 8 aves/unidade experimental (48 aves por tratamento), com peso vivo variando entre -2% a +2% da média de peso do box. Previamente as aves foram identificadas e submetidas ao jejum alimentar durante 6 horas. Após, foram insensibilizadas por eletrochoque e abatidas por sangria mediante corte da veia jugular, sendo posteriormente escaldados, depenados e eviscerados.

Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada quente, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo que foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes comerciais, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos, das pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), dorso e asas com pele, e calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993), em seguida, foi pesada e calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Análise estatística

Os dados foram tabulados e analisados de acordo com o esquema fatorial 4 × 2 utilizando-se análise de variância (ANOVA) do procedimento General Lineal Model (PROC GLM) com auxílio do programa Statistical Analysis System (SAS, versão 9.0). Quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os efeitos secundários (desdobramento da interação entre níveis de DDGS x adição ou não de complexo multcarboidrase) foram analisados quando a interação foi significativa. Os dados relacionados aos níveis de inclusão de DDGS (0, 10, 20 e 30%)

foram submetidos à análise de regressão (PROC REG) até segunda ordem (quadrática).

Todos os dados foram testados quanto à normalidade dos resíduos e homocedasticidade através do teste de Shapiro-Wilk e análise de histograma e teste de Brown-Forsythe, respectivamente. As observações foram marcadas como *outliers* e excluídas do conjunto de dados antes das análises estatísticas quando o resíduo de uma observação excedeu a média residual do parâmetro em mais ou menos 2 desvios padrão (ou até atingir a normalidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de desempenho pelo teste de médias demonstram que a inclusão de 10% de DDGS na dieta não impactou negativamente o peso vivo, ganho de peso e a conversão alimentar quando comparado ao grupo que recebeu a dieta sem inclusão do subproduto no período de 1 a 7 dias (Tabela 5), 1 a 14 dias (Tabela 6), 1 a 21 dias (Tabela 7), 1 a 35 dias (Tabela 10) e 1 a 42 dias (Tabela 11), no entanto, inclusões de 20 e 30% de DDGS apresentaram piores ($P < 0,05$) resultados de desempenho em todas essas fases.

O comportamento dessas variáveis em função da inclusão do DDGS na dieta das aves foi avaliado pela análise de regressão. Observa-se que o peso vivo e o ganho de peso diminuíram linearmente em função do nível de DDGS adicionado nas dietas nos períodos de 1 a 7 dias (Gráfico 1), 1 a 14 dias (Gráfico 3) e 1 a 21 dias (Gráfico 5), independente da inclusão ou não do complexo multcarboidrase. Consequentemente, a conversão alimentar nesses mesmos períodos apresentou comportamento linear crescente, ou seja, o índice piorou conforme o aumento da inclusão de DDGS na dieta em aves suplementadas ou não com complexo multcarboidrase (Gráfico 2, Gráfico 4 e Gráfico 6).

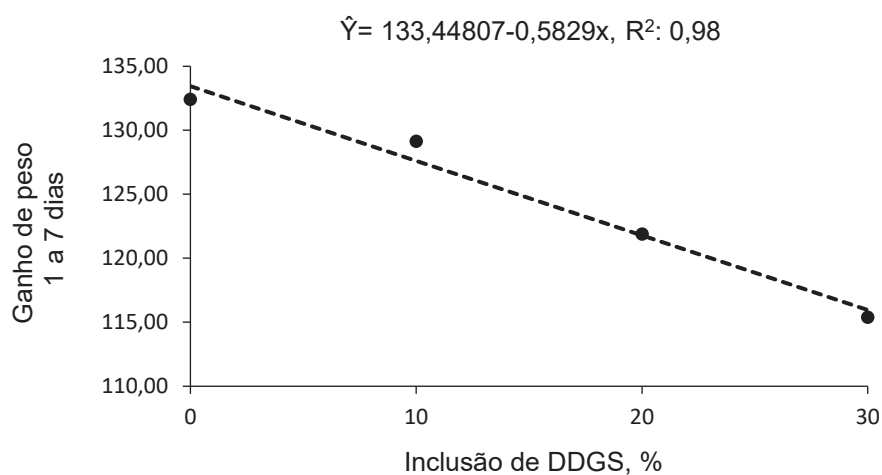


Gráfico 1 - Ganho de peso de 1 a 7 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

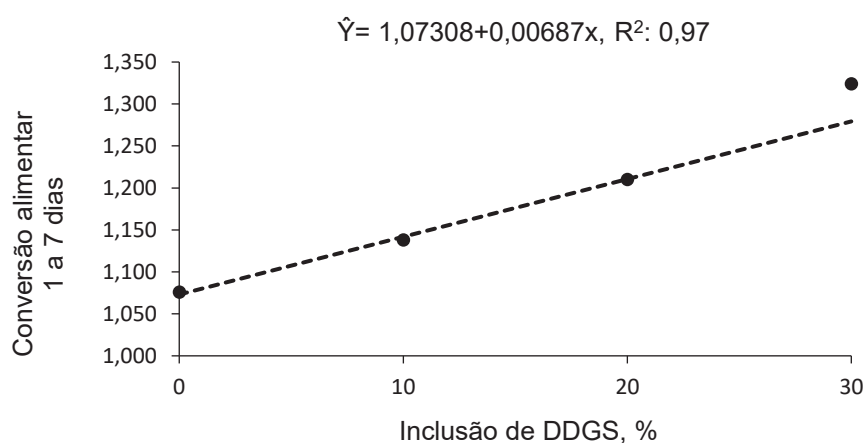


Gráfico 2 - Conversão alimentar de 1 a 7 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

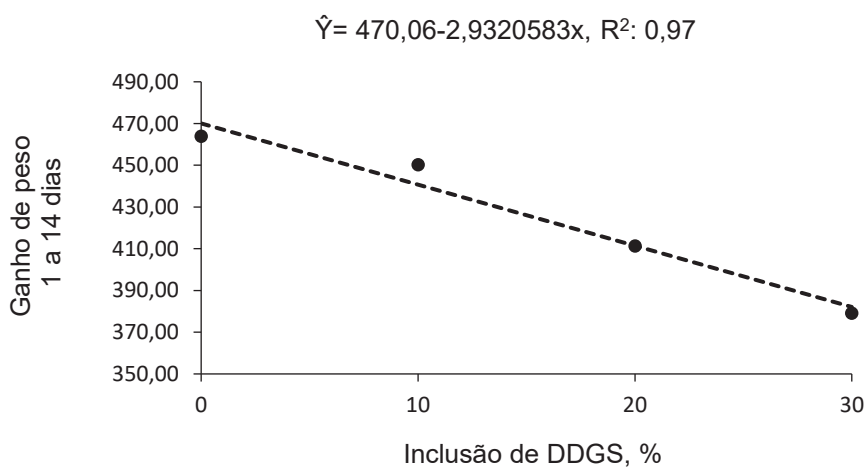


Gráfico 3 - Ganho de peso de 1 a 14 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

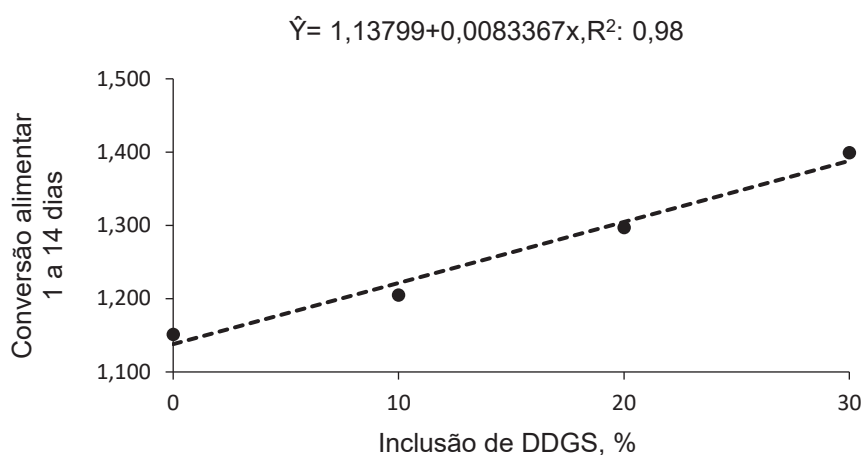


Gráfico 4 - Conversão alimentar de 1 a 14 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

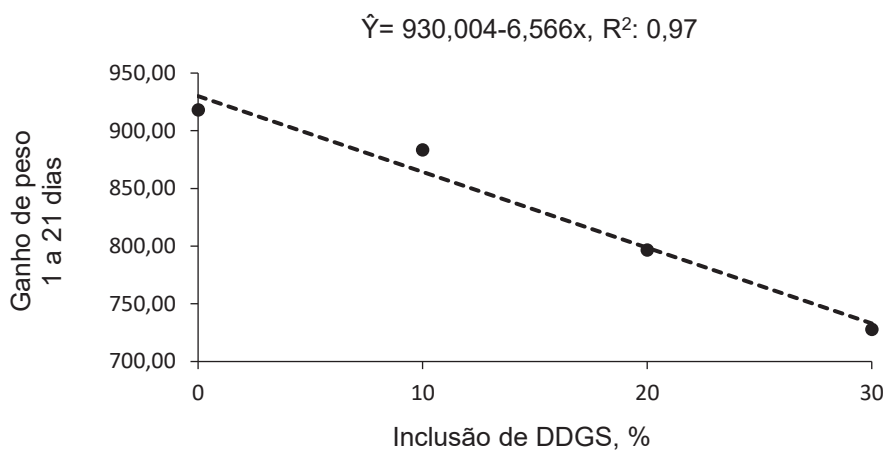


Gráfico 5 - Ganho de peso de 1 a 21 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

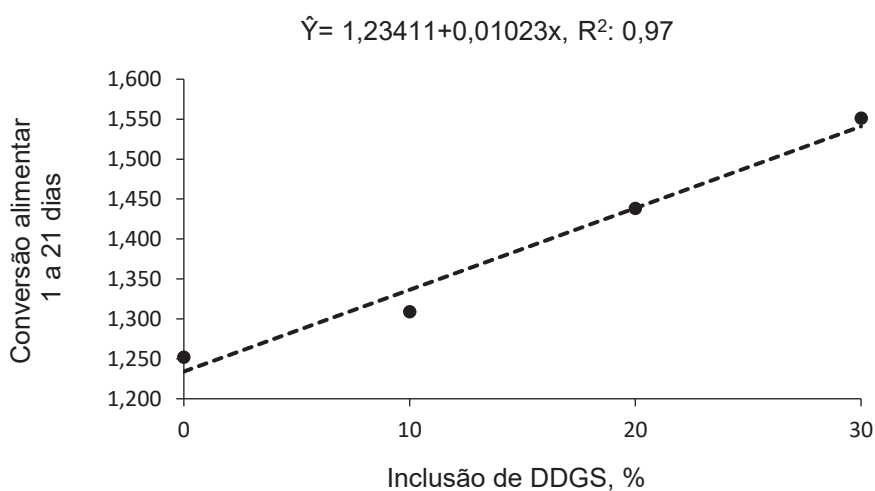


Gráfico 6 - Conversão alimentar de 1 a 21 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

No período de 1 a 28 dias, qualquer inclusão de DDGS (10, 20 ou 30%) na dieta prejudicou ($P<0,05$) o peso vivo e o ganho de peso dos animais (Tabela 8). O consumo de ração não apresentou diferenças significativas resultante da inclusão de DDGS em nenhuma das fases de criação.

A adição do complexo multcarboidrase na dieta aumentou o consumo de ração das aves no período de 1 a 7 dias e 1 a 14 dias e resultou em pior conversão alimentar ($P<0,05$) na fase de 1 a 14 dias, 1 a 21 dias e 1 a 35 dias. Do mesmo modo, a inclusão do complexo multcarboidrase no período de 1 a 35 dias e 1 a 42 dias resultou em menor ($P<0,05$) peso vivo e ganho de peso.

No período de 1 a 28 dias os índices de peso médio e ganho de peso também diminuíram linearmente ($P<0,05$) em função da inclusão de DDGS na dieta, independente da suplementação ou não com o complexo multcarboidrase (Gráfico 7).

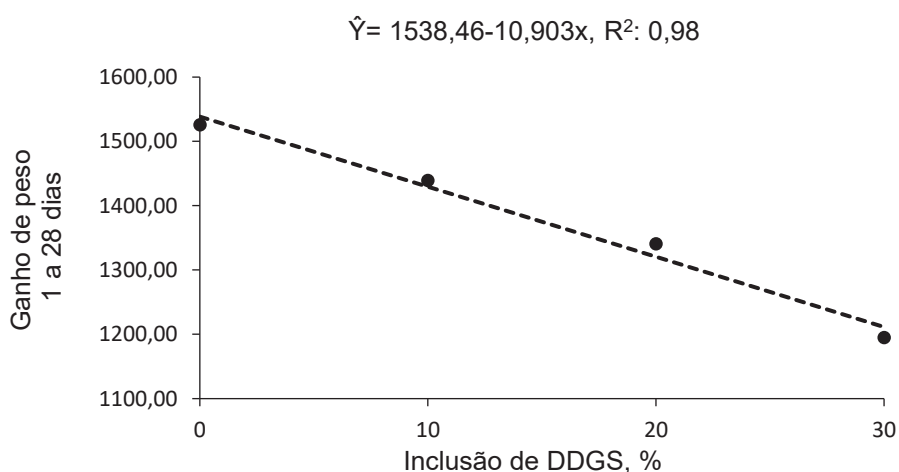


Gráfico 7 - Ganho de peso de 1 a 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Não houve interação significativa ($P>0,05$) entre o uso de DDGS e a suplementação com complexo multcarboidrase para os parâmetros de peso vivo, ganho de peso e consumo de ração em nenhuma das fases avaliadas (1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias, 1 a 28 dias, 1 a 35 dias e 1 a 42 dias). No entanto, para a conversão alimentar foi observada interação ($P<0,05$) na fase de 1 a 28 dias e 1 a 42 dias.

Os desdobramentos dessas interações são apresentados na Tabela 9 e Tabela 12, e observa-se que a conversão alimentar do grupo que recebeu a dieta com maior nível de inclusão de DDGS (30%) foi pior ($P<0,05$) com a inclusão do complexo multcarboidrase em ambas as fases.

Na análise de regressão é possível observar que a conversão alimentar aumentou linearmente conforme a adição de DDGS na dieta para o grupo que não recebeu suplementação do complexo multcarboidrase (Gráfico 8).

No grupo que recebeu a suplementação enzimática observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) da inclusão de DDGS na dieta e, conforme demonstrado pela equação de regressão, o nível máximo de inclusão do coproduto na dieta sem prejudicar a conversão alimentar foi de 1,02% (Gráfico 9).

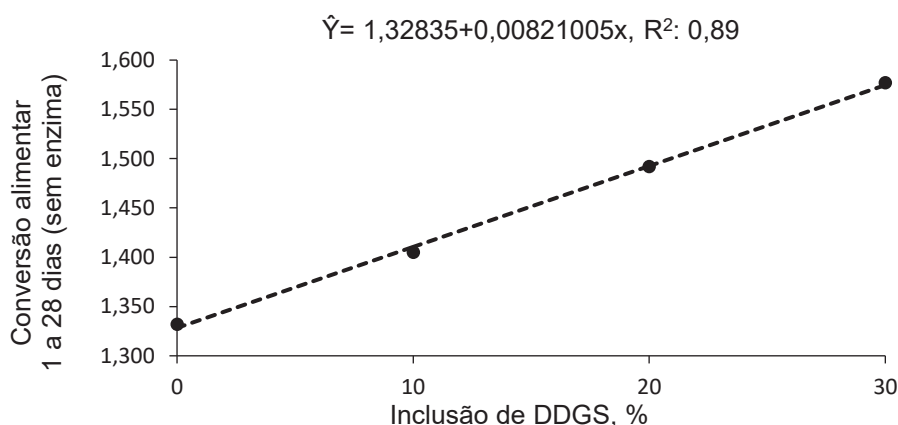


Gráfico 8 - Conversão alimentar de 1 a 28 dias de frangos de corte sem suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

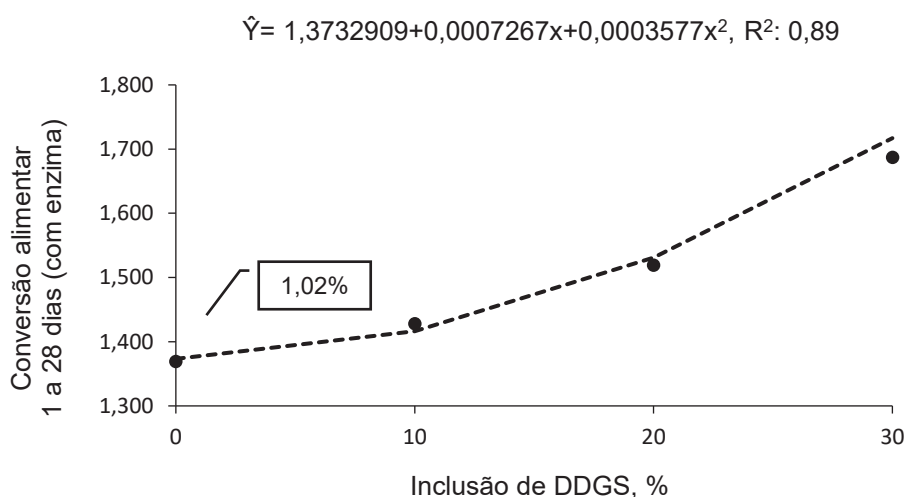


Gráfico 9 - Conversão alimentar de 1 a 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Na fase de 1 a 35 dias e 1 a 42 dias de idade observou-se que o peso vivo e o ganho de peso apresentaram comportamento quadrático em função da inclusão de DDGS na dieta de aves suplementadas ou não com complexo enzimático, diferente do observado nas fases anteriormente avaliadas, que demonstravam comportamento

linear decrescente. A equação de regressão apresenta que a inclusão de 8,40% e 1,08% de DDGS na dieta, resultaram em melhor ganho de peso para cada período, respectivamente (Gráfico 10 e Gráfico 12).

A conversão alimentar no período de 1 a 35 dias aumentou linearmente ($P < 0,05$) conforme o nível de inclusão de DDGS em aves suplementadas ou não com complexo multcarboidrase (Gráfico 11). No período de 1 a 42 dias foi observado interação entre o uso do DDGS na dieta e a suplementação com o complexo enzimático, onde o desdobramento dessa interação (Tabela 8) apresentou que houve comportamento quadrático ($P < 0,05$) da inclusão de DDGS na dieta de ambos os grupos (suplementados e não suplementados com complexo multcarboidrase).

O Gráfico 13 demonstra a inclusão de 8,01% de DDGS na dieta resultou em melhor conversão alimentar para o grupo de aves que recebeu a suplementação enzimática. No grupo que não recebeu a suplementação, o nível máximo a ser utilizado sem prejudicar o índice de conversão alimentar foi de 6,88% de DDGS na dieta (Gráfico 14).

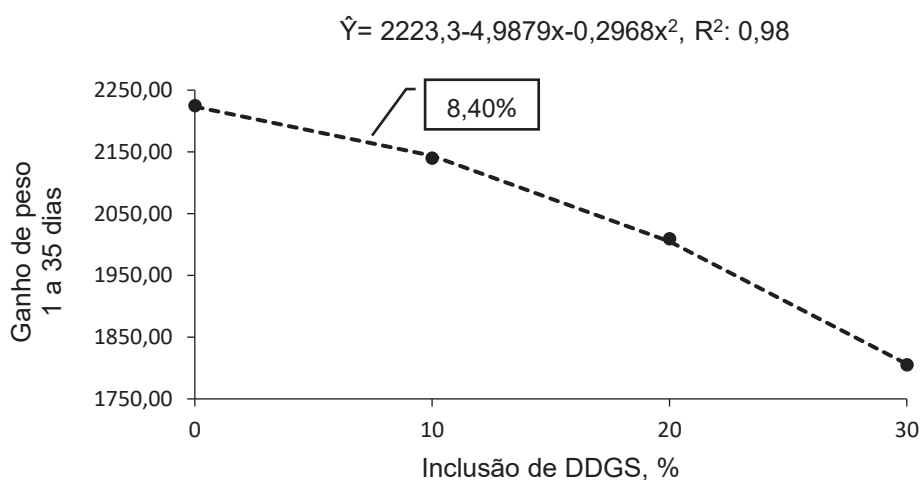


Gráfico 10 - Ganho de peso de 1 a 35 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

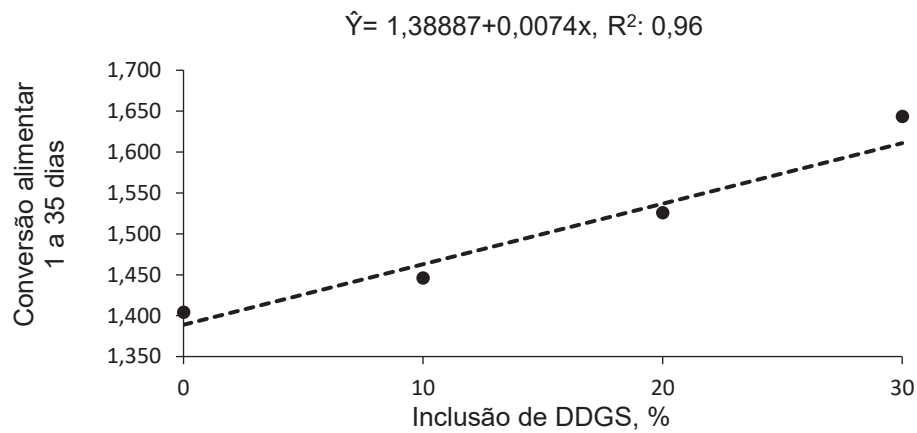


Gráfico 11 - Conversão alimentar de 1 a 35 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

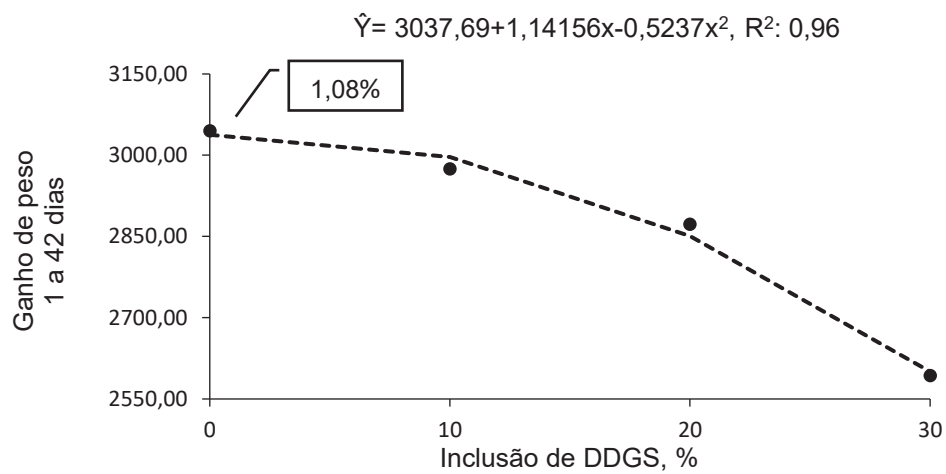


Gráfico 12 - Ganho de peso de 1 a 42 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

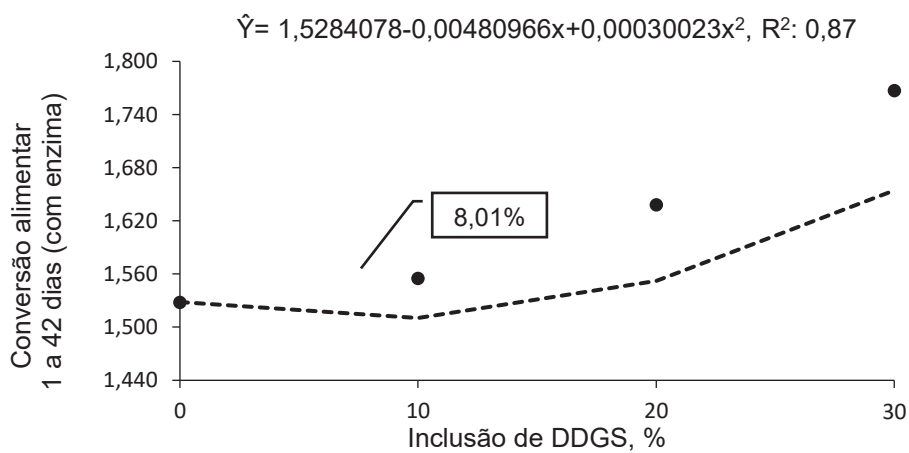


Gráfico 13 - Conversão alimentar de 1 a 42 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

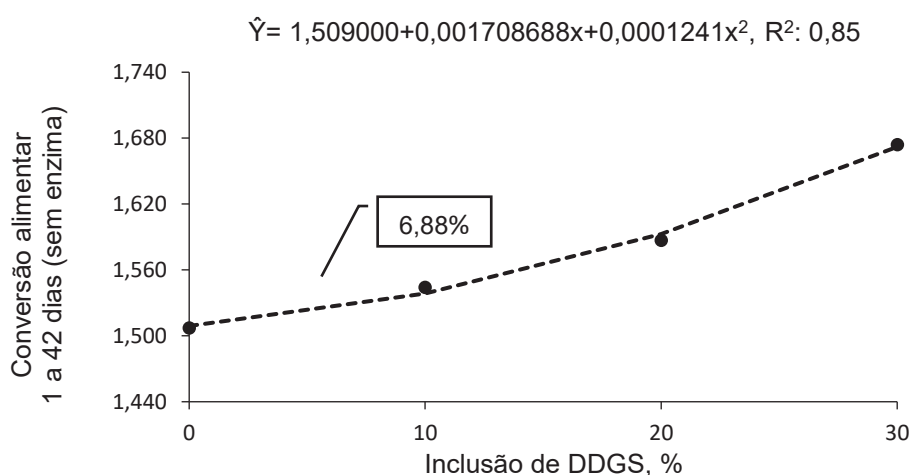


Gráfico 14 - Conversão alimentar de 1 a 42 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Tabela 5 - Desempenho produtivo de 1 a 7 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Peso vivo, g	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão alimentar
DDGS				
0	178,63 ^a	132,40 ^a	142,44	1,076 ^c
10	175,79 ^a	129,14 ^a	146,73	1,138 ^b ^c
20	168,71 ^b	121,88 ^b	147,34	1,210 ^b
30	161,51 ^c	115,39 ^c	152,63	1,324 ^a
Enzima				
Com	171,91	125,64	150,32 ^a	1,203
Sem	170,41	123,77	144,26 ^b	1,171
CV%	2,58	3,62	6,85	7,76
DDGS	<,0001	<,0001	0,1208	<,0001
Enzima	0,2500	0,1580	0,0439	0,2329
DDGS x Enzima	0,4113	0,4688	0,6614	0,9459
Regressão	Linear	Linear	-	Linear

Tabela 6 - Desempenho produtivo de 1 a 14 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Peso vivo, g	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão alimentar
DDGS				
0	510,04 ^a	463,81 ^a	533,35	1,151 ^c
10	496,83 ^a	450,18 ^a	533,28	1,205 ^c
20	458,11 ^b	411,28 ^b	535,49	1,297 ^b
30	425,16 ^c	379,04 ^c	532,54	1,399 ^a
Enzima				
Com	471,38	424,87	539,17 ^a	1,286 ^a
Sem	473,69	427,29	528,92 ^b	1,240 ^b
CV%	4,27	4,73	3,04	5,17
DDGS	<,0001	<,0001	0,9270	<,0001
Enzima	0,6933	0,6785	0,0491	0,0198
DDGS x Enzima	0,4686	0,5407	0,9767	0,2595
Regressão	Linear	Linear	-	Linear

Tabela 7 - Desempenho produtivo de 1 a 21 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Peso vivo, g	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão alimentar
DDGS				
0	963,12 ^a	917,99 ^a	1148,02	1,252 ^c
10	929,75 ^a	883,39 ^a	1155,98	1,309 ^c
20	845,95 ^b	796,64 ^b	1144,88	1,438 ^b
30	774,15 ^c	728,04 ^c	1135,10	1,551 ^a
Enzima				
Com	876,51	830,00	1161,21	1,409 ^a
Sem	879,98	833,03	1132,08	1,369 ^b
CV%	5,52	5,99	5,30	4,41
DDGS	<,0001	<,0001	0,9103	<,0001
Enzima	0,8059	0,8342	0,1090	0,0304
DDGS x Enzima	0,8102	0,8600	0,8414	0,2481
Regressão	Linear	Linear	-	Linear

Tabela 8 - Desempenho produtivo de 1 a 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Peso vivo, g	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão alimentar
DDGS				
0	1573,74 ^a	1525,35 ^a	2058,64	1,351
10	1487,78 ^b	1439,05 ^b	2038,77	1,417
20	1389,80 ^c	1340,49 ^c	2018,60	1,505
30	1240,88 ^d	1194,76 ^d	1992,59	1,627
Enzima				
Com	1410,79	1363,26	2041,30	1,501
Sem	1435,32	1386,57	2011,52	1,452
CV%	4,23	4,63	5,12	2,19
DDGS	<,0001	<,0001	0,4413	<,0001
Enzima	0,1655	0,2120	0,3330	<,0001
DDGS x Enzima	0,8435	0,7645	0,8775	0,0085
Regressão	Linear	Linear	-	-

Tabela 9 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para conversão alimentar de 1 a 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Enzima	DDGS, %				Regressão	Valor de P
	0	10	20	30		
	Conversão alimentar 1 a 28 dias					
Com	1,369 ^d	1,428 ^c	1,519 ^b	1,687 ^{aA}	Quadrático	0,0019
Sem	1,332 ^d	1,405 ^c	1,492 ^b	1,577 ^{aB}	Linear	<,0001
Valor de P	0,1224	0,2241	0,1620	0,0001		

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Tabela 10 - Desempenho produtivo de 1 a 35 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Peso vivo, g	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão alimentar
DDGS				
0	2273,08 ^a	2224,69 ^a	3122,36	1,404 ^c
10	2191,08 ^a	2139,53 ^a	3093,52	1,446 ^c
20	2059,86 ^b	2009,00 ^b	3060,80	1,526 ^b
30	1855,22 ^c	1805,11 ^c	2995,50	1,625 ^a
Enzima				
Com	2063,13 ^b	2015,00 ^b	3075,74	1,530 ^a
Sem	2126,49 ^a	2074,17 ^a	3059,81	1,473 ^b
CV%	3,83	3,96	4,43	3,36
DDGS	<,0001	<,0001	0,1541	<,0001
Enzima	0,0092	0,0155	0,6910	0,0004
DDGS x Enzima	0,7702	0,7273	0,9060	0,1632
Regressão	Quadrático	Quadrático	-	Linear

Tabela 11 - Desempenho produtivo de 1 a 42 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Peso vivo, g	Ganho de peso, g	Consumo de ração, g	Conversão alimentar
DDGS				
0	3090,89 ^a	3044,96 ^a	4620,60	1,518
10	3021,09 ^{ab}	2974,92 ^{ab}	4610,94	1,550
20	2918,78 ^b	2872,84 ^b	4631,38	1,612
30	2639,27 ^c	2593,30 ^c	4526,59	1,716
Enzima				
Com	2890,54 ^b	2844,50 ^b	4606,97	1,622
Sem	2944,47 ^a	2898,51 ^a	4588,42	1,578
CV%	3,18	3,22	4,00	2,02
DDGS	<,0001	<,0001	0,5343	<,0001
Enzima	0,0506	0,0500	0,7318	<,0001
DDGS x Enzima	0,2177	0,2181	0,8356	0,0187
Regressão	Quadrático	Quadrático	-	-

Tabela 12 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para Conversão alimentar de 1 a 42 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

DDGS, %						
Enzima	0	10	20	30	Regressão	Valor de P
Conversão alimentar de 1 a 42 dias						
Com	1,528 ^c	1,555 ^c	1,638 ^b	1,767 ^{aA}	Quadrático	0,0015
Sem	1,507 ^c	1,544 ^{bc}	1,587 ^b	1,674 ^{aB}	Quadrático	0,0401
Valor de P	0.2211	0.5458	0.0606	0.0003		

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Os resultados apresentados demonstram que a inclusão de diferentes níveis de DDGS na dieta pode impactar o desempenho produtivo de frangos de corte e, com

a análise dos dados pelo teste de regressão observou-se que apenas pequenas inclusões (menores de 10%) poderiam ser adicionadas nas dietas sem prejudicar o desempenho final (1 a 42 dias).

O desenvolvimento completo do sistema digestivo das aves ocorre aproximadamente com 14 dias de idade, portanto, animais jovens são mais sensíveis a qualidade da dieta (BATAL & PARSONS, 2002). Considerando a composição e qualidade nutricional do DDGS utilizado nessa pesquisa, não se recomenda a inclusão do produto nas dietas iniciais, devido ao impacto negativo observado sobre o peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar nas fases de 1 a 7 dias, 1 a 14 dias, 1 a 21 dias.

Campasino e colaboradores (2015) também observaram um efeito prejudicial no desempenho com inclusão de diferentes níveis de DDGS em dietas de frangos de corte. Esses autores observaram que a adição de 15% de DDGS resultou em menor peso corporal dos animais quando comparado ao grupo alimentado com dieta contendo 0 ou 5% de DDGS. Os autores mencionam ainda que a grande variação no valor nutricional do DDGS é uma preocupação para o uso desse subproduto em dietas de aves, pois pode diminuir a utilização de nutrientes.

Alguns autores relataram que a redução do ganho de peso das aves em função da adição de níveis crescentes de DDGS nas dietas pode estar atribuído a um desbalanço de aminoácidos essenciais. Dessa forma, apesar das rações serem corrigidas com aminoácidos sintéticos, o alto teor de fibras presente no DDGS pode promover efeito tamponante e contribuir para o aumento do pH gástrico, resultando em baixa ativação das enzimas proteolíticas e prejudicando a hidrólise e absorção dos aminoácidos (LUMPKINS *et al.*, 2004; CUEVAS *et al.*, 2012; SCHONE *et al.*, 2017).

Schone *et al.* (2017) observaram pior conversão alimentar em dietas com a inclusão de diferentes níveis de DDGS, e relacionaram esse resultado com presença de altos níveis de fibra solúvel presente no coproduto, que aumenta a viscosidade da digesta, formando um gel e bloqueando o acesso das enzimas hidrolíticas, como consequência observa-se a indisponibilidade dos nutrientes para digestão e absorção, o que reflete em piores índices de conversão alimentar e ganho de peso (BASTOS *et al.*, 2007). Por outro lado, alguns autores reportam que a inclusão de 15 a 20% de DDGS nas dietas de frangos de corte, não resultam em efeitos negativos no desempenho produtivo dos animais (WANG *et al.*, 2008; MIN *et al.*, 2015; KIM *et al.*, 2018).

O uso de carboidrases nas rações de aves e suínos tem sido adotado com a finalidade de hidrolisar os PNAs, aumentando a digestibilidade dos nutrientes e consequentemente melhorando o aproveitamento de energia (FERREIRA *et al.*, 2015; RAZA *et al.*, 2019). No presente estudo, a suplementação com o complexo multcarboidrase não apresentou efeito benéfico sobre o desempenho dos animais, independente da inclusão ou não de DDGS na alimentação, inclusive, em algumas fases de criação, a adição do complexo multcarboidrase resultou em piores índices zootécnicos.

A atuação das enzimas é dependente da presença do substrato, sendo também influenciada pela sua taxa de inclusão na dieta, pela idade dos animais e pelo tipo de dieta utilizada (COWIESON *et al.*, 2019). Além disso, a qualidade nutricional dos ingredientes utilizados nas rações é indispensável, de modo que, após a hidrólise enzimática das fibras os nutrientes tornem-se disponíveis para a digestão e absorção.

Waititu *et al.* (2014) observaram que a combinação de enzimas (carboidrase, fitase e protease) em dietas contendo 5% de DDGS, melhorou a taxa de conversão alimentar e diminuiu a viscosidade da digesta em frangos de corte, mas não influenciou no ganho de peso. Entretanto, Olukosi e colaboradores (2010) não observaram melhoria no desempenho ao avaliarem a suplementação de carboidrases associadas a proteases em dietas formuladas com DDGS em frangos de corte.

Campasino *et al.* (2015) menciona que as respostas a suplementação de enzimas exógenas nas dietas são variáveis e difíceis de prever, além de que, os PNAs não são quimicamente uniformes em sua composição, portanto, os componentes variam de um ingrediente para outro (VAN SOEST, 1967), o que dificulta ainda mais a correlação dos resultados disponíveis na literatura.

Os resultados de peso absoluto da carcaça e cortes comerciais foram apresentados na Tabela 13. A análise dos dados utilizando-se o teste de médias demonstra que houve interação ($P < 0,05$) entre o nível de inclusão de DDGS na dieta e a suplementação com o complexo multcarboidrase sobre o peso absoluto da carcaça, peito e pernas.

No desdobramento dessas interações observou-se que nas dietas contendo 30% de DDGS, a adição do complexo multcarboidrase resultou em menor peso de carcaça, peito e pernas. No entanto, em dietas com níveis mais baixos de inclusão de DDGS (10%), a suplementação com o complexo enzimático resultou em maior peso absoluto de peito em relação ao grupo que não recebeu a suplementação (Tabela 14).

Houve efeito isolado do nível de inclusão do DDGS na dieta sobre o peso absoluto das asas e da gordura abdominal (Tabela 13) e verificou-se que o rendimento das asas piorou conforme maiores níveis de DDGS foram adicionados, de modo que o melhor rendimento de asas foi obtido pelo grupo que recebeu a dieta sem inclusão do subproduto. Para o peso absoluto da gordura abdominal observou-se que inclusões de 30% de DDGS na dieta resultaram em menor deposição quando comparado ao grupo controle (0% de DDGS) em aves suplementadas ou não com complexo multcarboidrase.

A suplementação enzimática influenciou negativamente ($P<0,05$) o peso absoluto das asas, de forma que, aves que receberam dietas suplementadas com o complexo multcarboidrase apresentaram rendimento de asas menor do que as aves que não receberam a suplementação, independente da inclusão ou não de DDGS na dieta (Tabela 13).

Tabela 13 - Rendimento de carcaça e de cortes comerciais (pesos absolutos) aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Carcaça, g	Peito, g	Pernas, g	Asas, g	Gordura, g
DDGS					
0	2429,33	907,07	790,60	234,93 ^a	31,17 ^a
10	2339,17	890,70	752,98	227,12 ^b	29,66 ^{ab}
20	2275,00	871,87	721,03	221,23 ^c	26,90 ^{ab}
30	2007,33	752,53	647,43	205,43 ^d	24,93 ^b
Enzima					
Com	2243,68	848,58	721,89	220,22 ^b	28,75
Sem	2281,73	862,50	734,10	224,12 ^a	27,56
CV%	5,56	8,10	6,14	5,48	37,45
DDGS	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0072
Enzima	0,0201	0,1214	0,0358	0,0140	0,3856
DDGS x Enzima	0,0109	0,0049	0,0481	0,0602	0,9849
Regressão	-	-	-	Quadrático	Linear

Tabela 14 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para peso absoluto de carcaça, peito e pernas aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Enzima	DDGS, %				Regressão	Valor de P
	0	10	20	30		
	Carcaça, g					
Com	2422,87 ^a	2353,13 ^a	2252,33 ^b	1946,40 ^{cB}	Quadrático	<,0001
Sem	2435,80 ^a	2325,20 ^b	2297,67 ^b	2068,27 ^{cA}	Quadrático	<,0001
Valor de P	0,6219	0,4279	0,1778	0,0009		
	Peito, g					
Com	897,87 ^{ab}	909,67 ^{aA}	860,13 ^b	726,67 ^{cB}	Quadrático	<,0001
Sem	916,27 ^a	871,73 ^{aB}	883,60 ^a	778,40 ^{cA}	Quadrático	<,0001
Valor de P	0,3115	0,0300	0,2489	0,0022		
	Pernas, g					
Com	793,40 ^a	749,17 ^b	717,00 ^c	628,00 ^{dB}	Quadrático	<,0001
Sem	787,80 ^a	756,67 ^b	725,07 ^c	666,87 ^{dA}	Linear	<,0001
Valor de P	0,6048	0,5559	0,4818	0,0012		

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

O comportamento do peso absoluto da carcaça e peito avaliado pela análise de regressão, foi influenciado pela interação entre a inclusão de DDGS e complexo multcarboidrase. No desdobramento da interação observou-se efeito quadrático sobre o peso absoluto da carcaça e peito. Para o maior peso de carcaça, o nível máximo de inclusão de DDGS na dieta foi 2,04% (Gráfico 15) e 4,03% (Gráfico 16), para aves suplementadas com o complexo multcarboidrase e não suplementadas, respectivamente.

Para o peso absoluto de peito, o melhor nível de inclusão de DDGS na dieta de aves que receberam suplementação enzimática foi 7,25% (Gráfico 17) e para aves que não receberam a suplementação foi 1,76% (Gráfico 18).

Em relação ao peso absoluto de pernas também foi observado interação entre o DDGS e o complexo enzimático. No desdobramento observou-se efeito quadrático da inclusão do DDGS sobre o peso absoluto das pernas do grupo suplementado com complexo multcarboidrase, em que, a inclusão de até 8,44% de DDGS na dieta não prejudicou o rendimento de pernas (Gráfico 19). No entanto, no grupo que não foi suplementado com as enzimas, o peso absoluto de pernas reduziu linearmente em função do nível de inclusão de DDGS (Gráfico 20).

A inclusão de DDGS na dieta demonstrou efeito quadrático sobre o peso absoluto das asas para aves suplementadas ou não com complexo multcarboidrase. A inclusão de 8,58% de DDGS resultou em melhor peso absoluto de asas (Gráfico

21). Para o peso absoluto da gordura abdominal também houve efeito isolado do DDGS, e observou-se que o rendimento da gordura diminuiu em função da adição do subproduto na dieta, independente da suplementação enzimática (Gráfico 22).

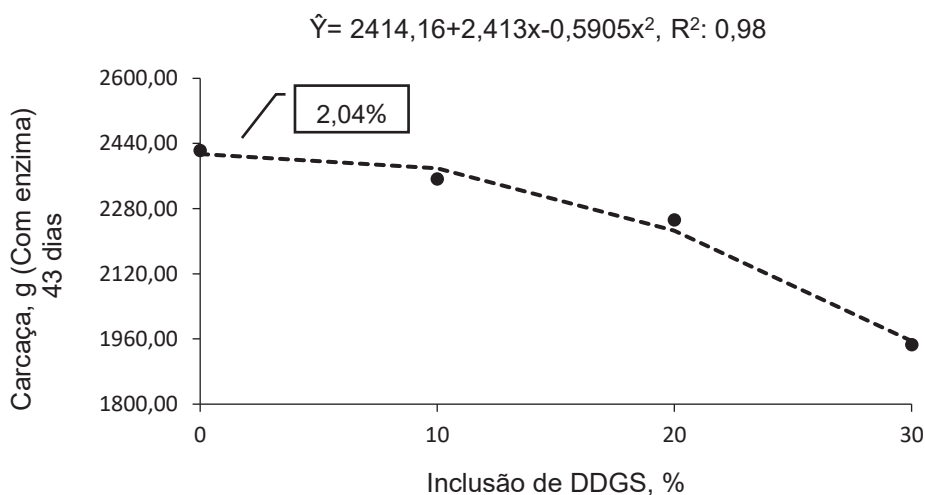


Gráfico 15 - Peso da carcaça aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

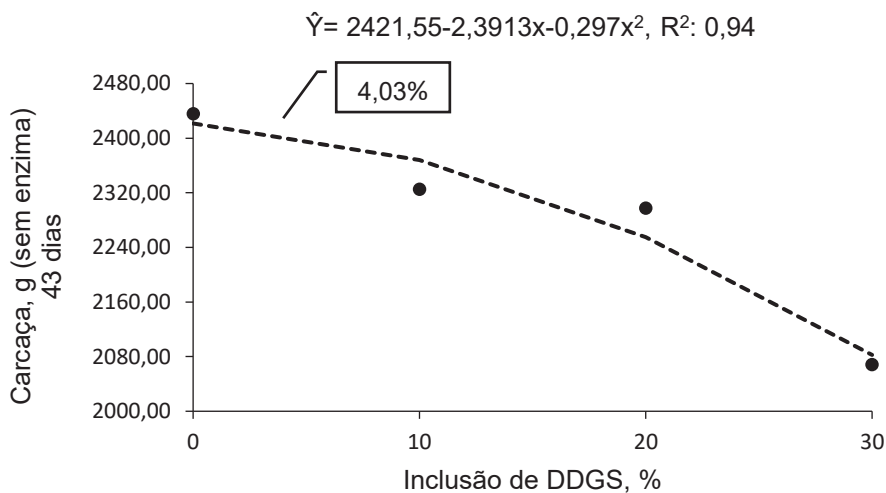


Gráfico 16 - Peso da carcaça aos 43 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

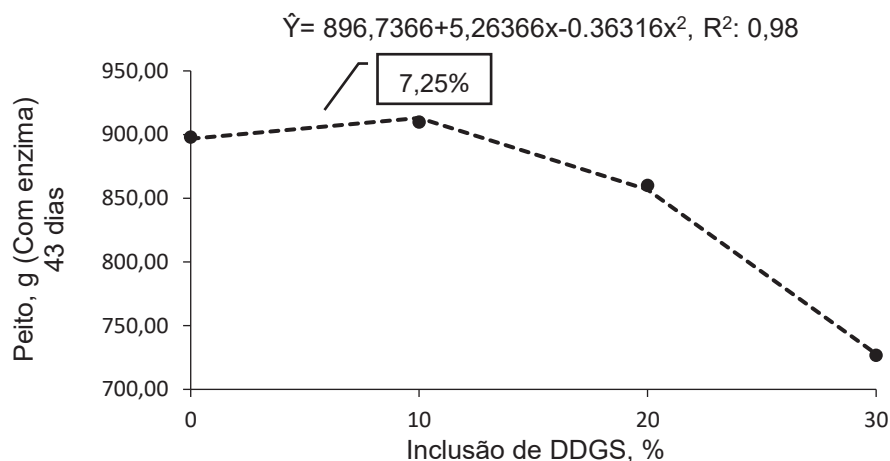


Gráfico 17 - Peso do peito aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

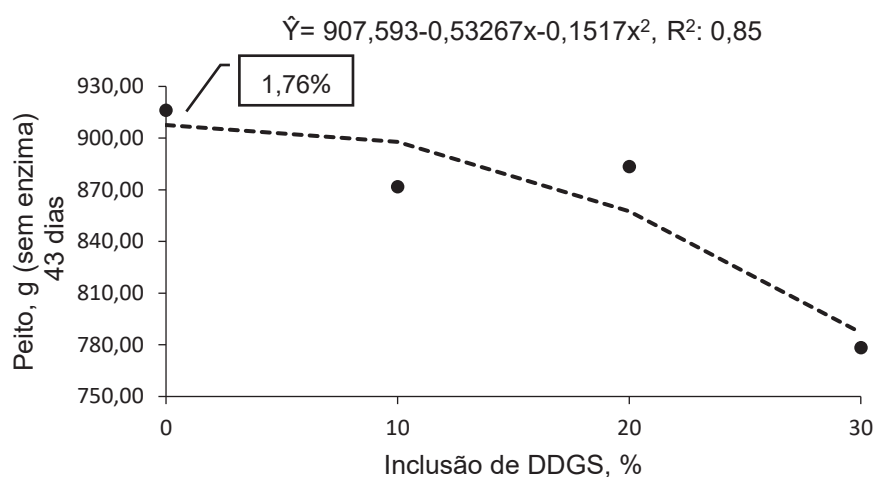


Gráfico 18 - Peso do peito aos 43 dias de frangos de corte sem suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

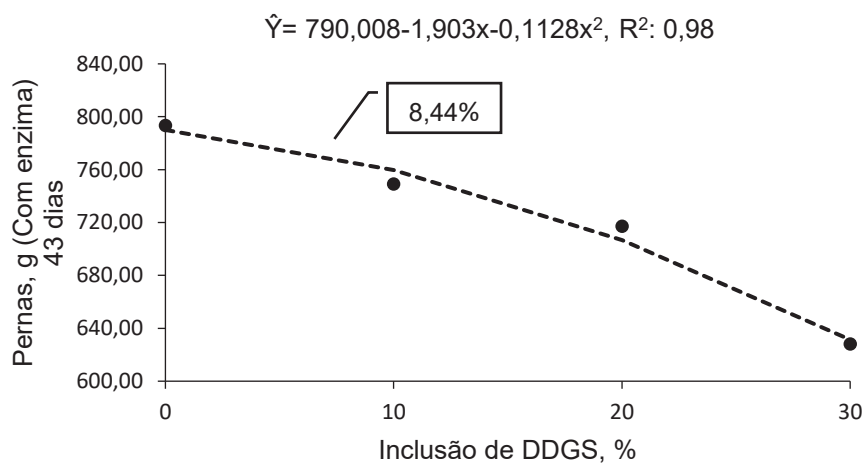


Gráfico 19 - Peso das pernas aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

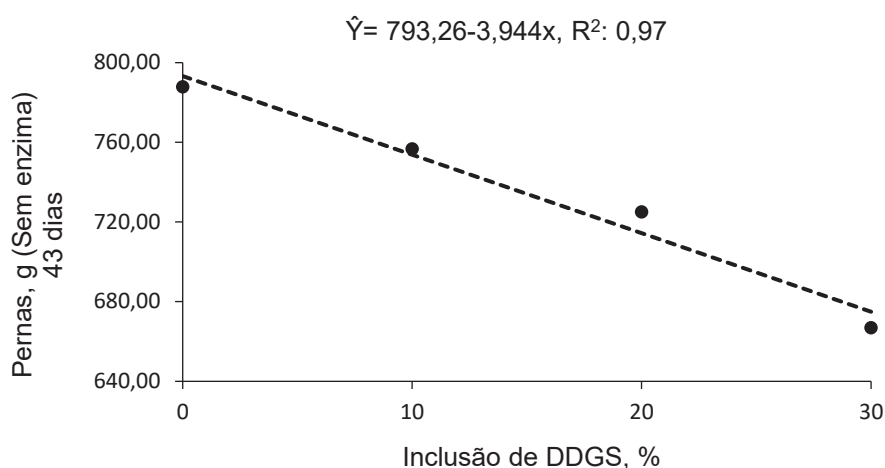


Gráfico 20 - Peso das pernas aos 43 dias de frangos de corte sem suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

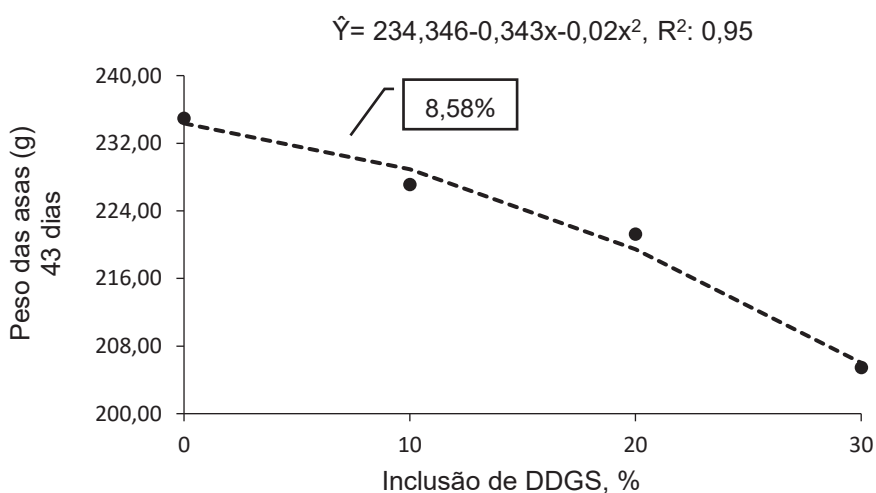


Gráfico 21 - Peso das asas aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

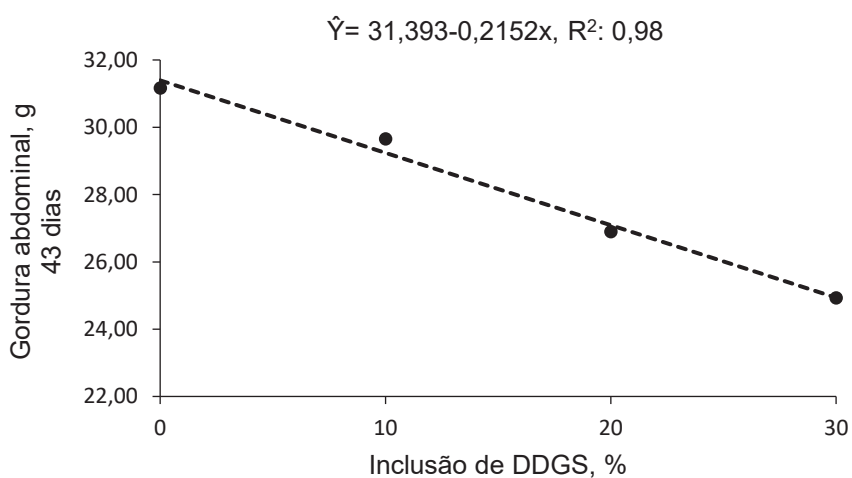


Gráfico 22 - Gordura abdominal aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Os resultados da análise de rendimento de carcaça e cortes comerciais utilizando-se os pesos relativos estão apresentados na Tabela 15. Houve interação entre o uso de DDGS e a suplementação enzimática sobre o peso relativo da carcaça e das asas. No desdobramento dessas interações (Tabela 16) observou-se pelo teste de médias que a suplementação do complexo multcarboidrase melhorou o peso relativo da carcaça em dietas sem inclusão de DDGS, mas não influenciou ($P>0,05$) esta variável quando diferentes níveis de DDGS foram adicionados nas dietas.

Em relação ao peso relativo das asas, o desdobramento da interação demonstrou que aves que receberam dietas com 0 e 10% de DDGS apresentaram pior ($P<0,05$) rendimento quando foram suplementadas com o complexo multcarboidrase em relação ao grupo que não recebeu a suplementação.

O DDGS apresentou efeito isolado sobre o peso relativo de peito e pernas, em que o rendimento de peito foi pior com a inclusão de 10 e 20% de DDGS, mas com a inclusão de 30% o rendimento foi igual ao do grupo controle (0% de DDGS), independente da suplementação ou não do complexo multcarboidrase. Para o rendimento de pernas, verificou-se que o grupo de aves que receberam dietas contendo 20% de DDGS obtiveram o pior peso relativo quando comparado ao grupo controle, porém não diferiu dos demais grupos (10 e 30%) em aves suplementadas ou não com complexo enzimático (Tabela 15).

Não houve efeito isolado da suplementação com complexo multcarboidrase para as variáveis de rendimento de carcaça e cortes comerciais, utilizando como base o peso relativo.

Tabela 15 - Rendimento de carcaça e de cortes comerciais (pesos relativos) aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Carcaça, %	Peito, %	Pernas, %	Asas, %	Gordura, %
DDGS					
0	78,21	37,32 ^a	32,56 ^a	9,67	1,29
10	77,23	38,11 ^b	32,10 ^{ab}	9,68	1,27
20	77,34	38,28 ^b	31,71 ^b	9,73	1,19
30	75,58	37,29 ^a	32,28 ^{ab}	10,25	1,24
Enzima					
Com	77,16	37,81	32,19	9,85	1,28
Sem	77,01	37,69	32,13	9,82	1,21
CV%	2,86	5,59	3,96	4,35	37,17
DDGS	<,0001	0,0137	0,0036	<,0001	0,6540
Enzima	0,5880	0,6807	0,7048	0,5742	0,2284
DDGS x Enzima	0,0388	0,1285	0,2227	0,0038	0,9403
Regressão	-	Quadrático	Quadrático	-	-

Tabela 16 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para peso relativo de carcaça e asas aos 43 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Enzima	DDGS, %				Regressão	Valor de P
	0	10	20	30		
	Carcaça, %					
Com	78,90 ^{Aa}	76,75 ^{abc}	77,48 ^{ab}	75,53 ^{bc}	Linear	<,0001
Sem	77,51 ^{aB}	77,71 ^a	77,19 ^{ab}	75,62 ^b	Linear	0,0026
Valor de P	0,0239	0,0851	0,6417	0,8655		
	Asas, %					
Com	9,58 ^{bB}	9,54 ^{bB}	9,72 ^b	10,37 ^a	Quadrático	<,0001
Sem	9,77 ^{bA}	9,82 ^{bA}	9,74 ^b	10,13 ^a	Linear	<,0001
Valor de P	0,0400	0,0144	0,8580	0,0638		

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

A análise de regressão demonstrou que no desdobramento da interação entre o uso de DDGS e a suplementação enzimática (Tabela 16) sobre o peso relativo da carcaça, houve efeito linear decrescente em função da inclusão de DDGS, tanto para aves suplementadas com complexo multcarboidrase (Gráfico 23), quanto para aves que não receberam a suplementação (Gráfico 24), ou seja, o rendimento da carcaça piorou com a inclusão de DDGS nas dietas.

No desdobramento da interação sobre o peso relativo das asas verificou-se comportamento quadrático do nível de DDGS para o grupo de aves suplementadas com enzimas, em que a inclusão de 10,45% do subproduto na dieta resultou no menor rendimento das asas (Gráfico 25). Para o grupo que não recebeu a suplementação enzimática, o rendimento das asas aumentou linearmente em função do nível de inclusão do DDGS nas dietas (Gráfico 26).

Houve efeito isolado da adição de DDGS sobre o peso relativo de peito e pernas. A inclusão de 15,94% de DDGS na dieta resultou em melhor rendimento de peito em aves suplementadas ou não com complexo multcarboidrase (Gráfico 27). Para o peso relativo de pernas, também foi observado efeito quadrático, em que a inclusão de 18,05% de DDGS na dieta resultou no menor rendimento de pernas (Gráfico 28).

O peso relativo da gordura abdominal não foi influenciado pela inclusão de DDGS ou pela suplementação com complexo multcarboidrase.

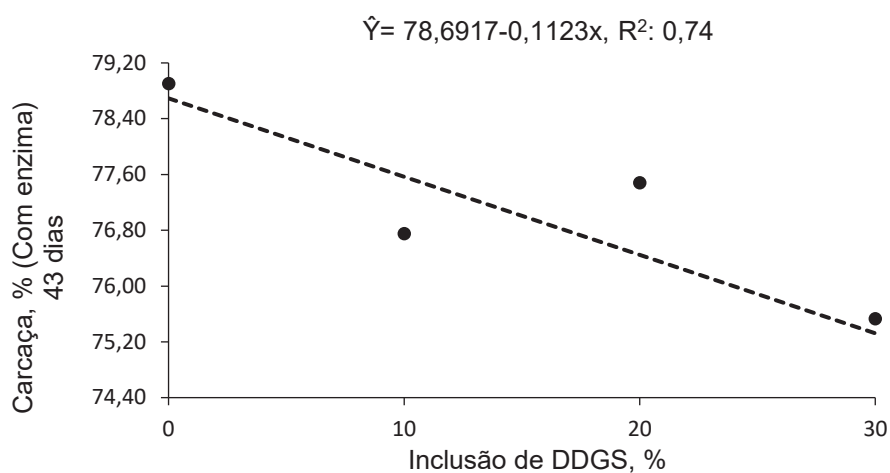


Gráfico 23 - Rendimento de carcaça aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

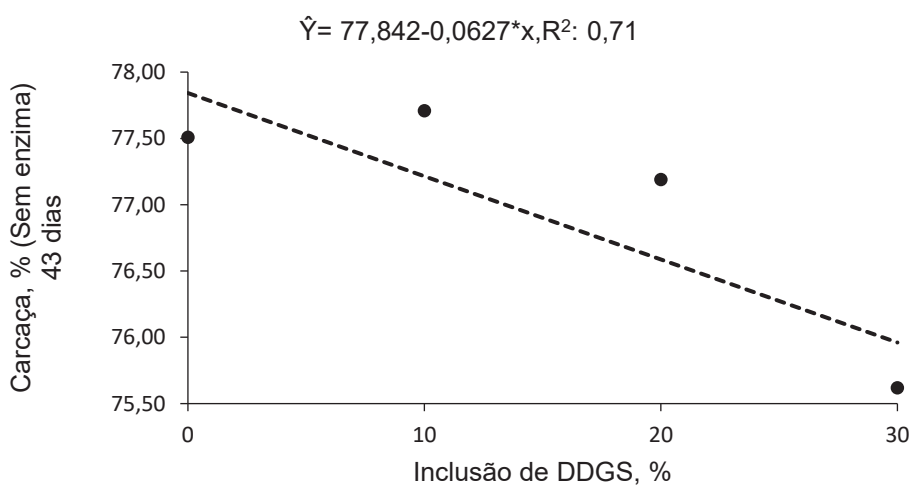


Gráfico 24 - Rendimento de carcaça aos 43 dias de frangos de corte não suplementados com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

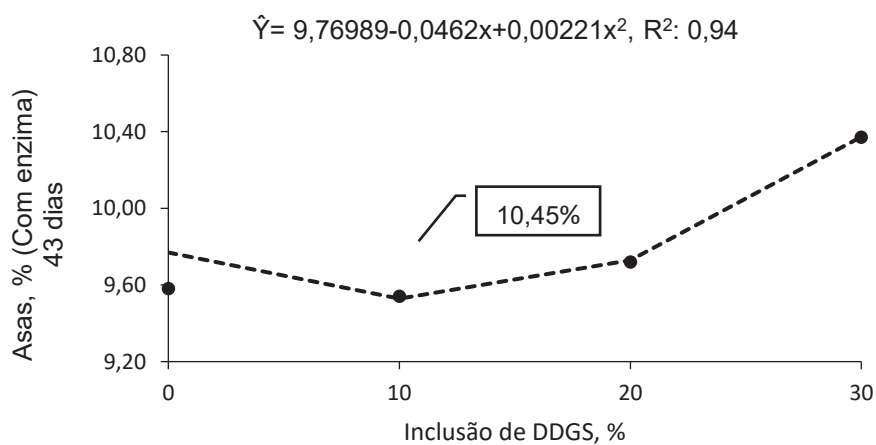


Gráfico 25 - Rendimento de asas aos 43 dias de frangos de corte suplementados com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

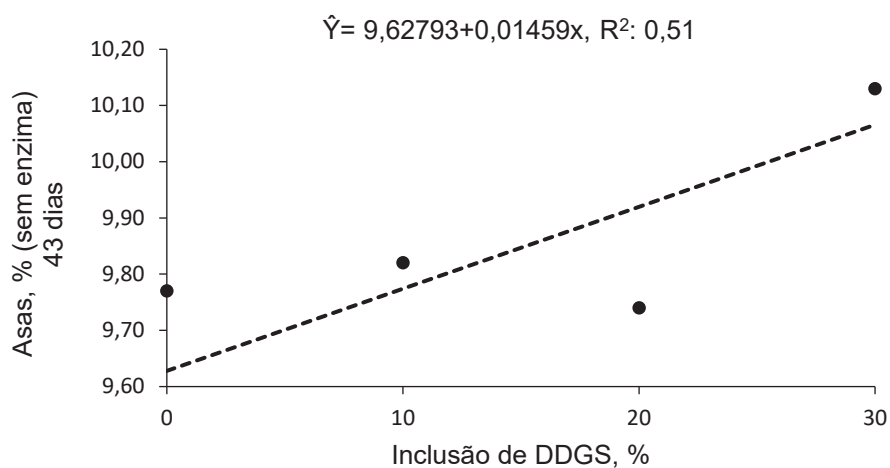


Gráfico 26 - Rendimento de asas aos 43 dias de frangos de corte não suplementados com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

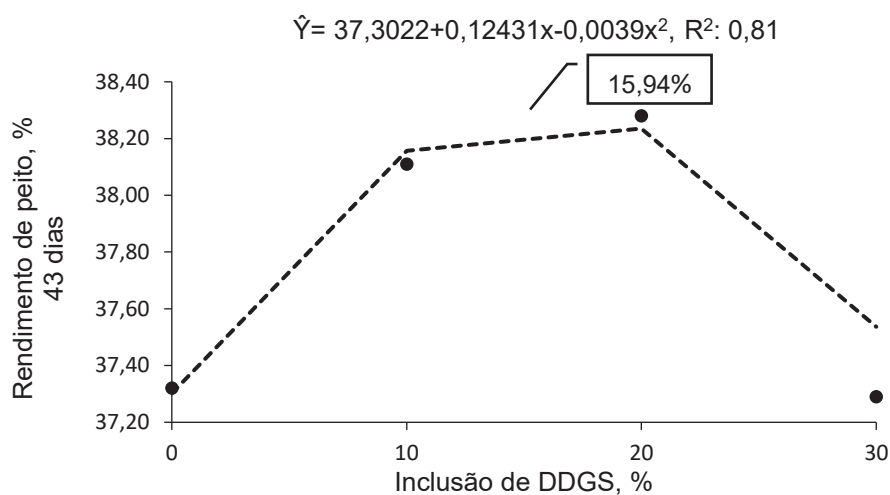


Gráfico 27 - Rendimento do peito aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

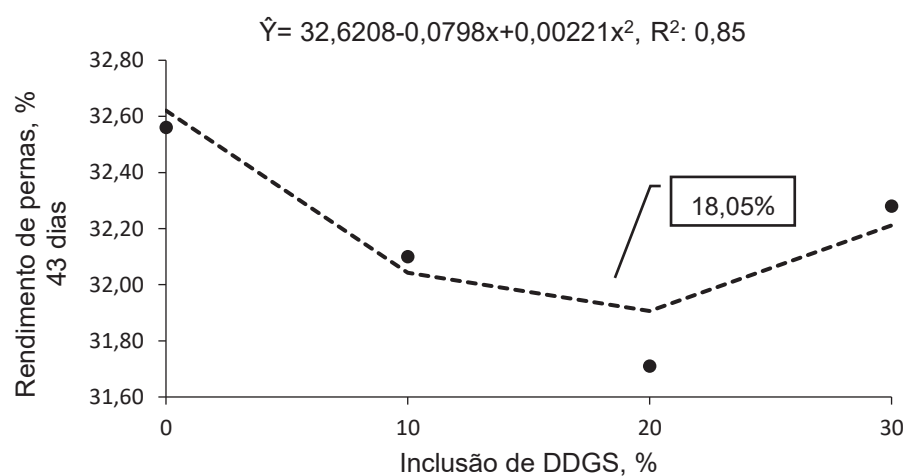


Gráfico 28 - Rendimento de pernas aos 43 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

O rendimento de carcaça e cortes comerciais representa a quantidade do produto que realmente é aproveitada para comercialização, portanto, avaliar os fatores que podem interferir nesses índices é muito importante.

Os resultados desse trabalho demonstram que o melhor peso absoluto da carcaça foi observado com níveis baixos de inclusão de DDGS na dieta, 2,04% e 4,03%, em aves suplementadas e não suplementadas com complexo multcarboidrase, respectivamente. Porém, quando se avaliou o peso relativo, é visível que o rendimento da carcaça piora em função da inclusão do subproduto na dieta, independente da suplementação ou não com o complexo enzimático.

É importante ressaltar que o excesso de fibra alimentar reduz a absorção dos nutrientes e consequentemente pode diminuir a deposição de proteína muscular, prejudicando o rendimento (VALENTIM *et al.*, 2020). Além disso, durante o processamento térmico do milho para obtenção do etanol, pode ocorrer a desnaturação das proteínas, resultando em baixa capacidade de extração e digestibilidade desse nutriente, devido a qualidade do DDGS (BÖTTGER & SÜDEKUM, 2018).

Schone *et al.* (2017) relatam que níveis de 5 a 20% de inclusão de DDGS nas rações prejudicam o rendimento de carcaça de frangos de corte. Por outro lado, Cuevas *et al.* (2012) observaram que dietas elaboradas com 7% de DDGS não afetaram o desempenho produtivo e o rendimento de carcaça, peito e coxas em frangos de corte.

A inclusão de qualquer nível de DDGS na dieta resultou em pior rendimento de gordura abdominal, quando avaliou-se o peso absoluto. Em relação ao peso relativo da gordura não foi observado efeito devido aos tratamentos.

A suplementação do complexo multcarboidrase nas dietas com inclusão de níveis baixos de DDGS (7 a 8%) melhoraram peso absoluto de peito e pernas. Em relação ao peso relativo dessas variáveis, observou-se que a inclusão de 15,94% resultou no melhor peso relativo de peito, e a inclusão de 18,05% resultou em pior peso relativo de pernas, em aves suplementadas ou não com enzimas.

Lei *et al.* (2017) não observaram diferenças significativas no peso relativo de peito em função da suplementação de complexo multcarboidrase em dietas de frangos de corte. Em contrapartida, Dalólio *et al.* (2016) observaram melhor rendimento de peito em frangos de corte quando alimentados com dietas suplementadas com fitase, protease e carboidrases.

O resultado para peso absoluto das asas demonstrou que a inclusão de níveis maiores que 8,58% de DDGS nas dietas podem prejudicar o rendimento, independente da suplementação ou não com as enzimas. No entanto, para o peso relativo, observou-se que, quando o complexo enzimático não foi adicionado na dieta, o rendimento de asas melhorou linearmente conforme a inclusão de DDGS.

Apesar de inconsistentes, resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2006), que ao adicionarem complexo multienzimático em rações a base de sorgo-soja para frangos de corte, constataram redução significativa no rendimento de carcaça.

A suplementação do complexo multcarboidrase não influenciou ($P>0,05$) o peso relativo da carcaça, peito, pernas, asas e gordura abdominal, mesmo na dieta sem inclusão de DDGS, indicando que, a capacidade das enzimas de melhorar a disponibilidade dos nutrientes, não influenciou no rendimento da carcaça e cortes comerciais.

Fernandes *et al.* (2017) destacam que para a utilização de enzimas exógenas resultar em maiores ganhos de desempenho zootécnico e na otimização dos custos de produção é necessário um maior entendimento sobre a quantidade e a composição dos diferentes PNAs que estão presentes nos ingredientes das dietas, uma vez que, as enzimas atuam sobre substratos específicos.

CONCLUSÃO

A suplementação com complexo multcarboidrase não melhorou o desempenho produtivo e o rendimento de carcaça de frangos de corte.

A inclusão de DDGS em dietas de frangos de corte deve ser realizada com prudência, pois é necessário o desenvolvimento de melhorias na padronização e qualidade desse produto para o uso mais seguro na alimentação animal.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. T.; FASSANI, E. J.; SILVEIRA, M. M. B. M.; VIVEIROS, M. P. Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, 2018.

ALAGAWANY, M.; ELNESR, S. S.; FARAG, M. R. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. **Iranian journal of veterinary research**, v. 19, n. 3, p. 157, 2018

BASTOS, S. C.; FUENTES, M. D. F. F.; FREITAS, E. R.; ESPÍNDOLA, G. B.; DE PAULA, C. V. B. Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para frangos de corte. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 3, p. 297-303, 2007.

BATAL, A. B.; PARSONS, C. M. Effects of age on development of digestive organs and performance of chicks fed a corn-soybean meal versus a crystalline amino acid diet. **Poultry Science**, v. 81, n. 9, p. 1338-1341, 2002.

BÖTTGER, C.; SÜDEKUM, K. H. Protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in animal nutrition as affected by the ethanol production process. **Animal feed science and technology**, v. 244, p. 11-17, 2018.

CAMPASINO, A.; WILLIAMS, M.; LATHAM, R.; BAILEY, C.; BROWN, B.; LEE, J. Effects of increasing dried distillers' grains with solubles and non-starch polysaccharide degrading enzyme inclusion on growth performance and energy digestibility in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 135-144, 2015.

CIAS – Central de Inteligência de Aves e Suínos. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

COWIESON, A. J.; VIEIRA, S. L.; STEFANELLO, C. Exogenous microbial amylase in the diets of poultry: what do we know? **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 3, p. 556-565, 2019.

CUEVAS, A. C.; CARRILLO, C. A. E; ELIZALDE, G. S.; IRIARTE, J. M.; ROA, M. O.; GONZÁLEZ, E. A. El uso de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas sorgo-soya para pollos de engorda y gallinas de postura. **Revista mexicana de ciencias pecuarias**, v. 3, n. 3, p. 331-341, 2012.

DALÓLIO, F. S.; MOREIRA, J.; VAZ, D. P.; ALBINO, L. F. T.; VALADARES, L. R.; PIRES, A. V.; PINHEIRO, S. R. F. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 149-161, 2016.

DAMASCENO, J. L.; ROCHA, C. S.; EYNG, C.; BROCH, J.; SAVARIS, V. D.; WACHHOLZ, L.; NUNES, R. V. Corn distillers' dried grains with solubles to feed broiler chickens from 22 to 42 D of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 3, p. 573-583, 2020.

ECKERT, C. T.; FRIGO, E. P.; ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; CHRIST, D.; SANTOS, W. G.; EGEWARTH, V. A. Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 3907-3912, 2018.

FERNANDES, J. I. M.; CONTINI, J. P.; PROKOSKI, K.; GOTTARDO, E. T.; CRISTO, A. B.; PERINI, R. Desempenho produtivo de frangos de corte e utilização de energia e nutrientes de dietas iniciais com milho classificado ou não e suplementadas com complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 181-190, 2017.

FERREIRA, C. B.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A.; BRITO, J. A. G. D.; BERTECHINI, A. G.; PINHEIRO, S. R. F. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 249-254, 2015.

KIM, J. S.; HOSSEINDOUST, A. R.; SHIM, Y. H.; LEE, S. H.; CHOI, Y. H.; KIM, M. J.; CHAE, B. J. Processing diets containing corn distillers' dried grains with solubles in growing broiler chickens: effects on performance, pellet quality, ileal amino acids digestibility, and intestinal microbiota. **Poultry science**, v. 97, n. 7, p. 2411-2418, 2018.

LEI, X. J.; LEE, J. S.; PARK, J. H.; LEE, I. S.; INGALE, S.; KIM, I. H. Influence of exogenous multi-enzymes in broiler chickens fed on maize-wheat-soybean meal-based diets. **European Poultry Science**, v. 81, 2017.

LIU, K. Chemical composition of distillers grains, a review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 5, p. 1508-1526, 2011.

LUMPKINS, B. S.; BATAL, A. B.; DALE, N. M. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. **Poultry science**, v. 83, n. 11, p. 1891-1896, 2004.

MATHLOUTHI, N.; MALLET, S.; SAULNIER, L.; QUEMENER, B.; LARBIER, M. Effects of xylanase and beta-glucanase addition on performance, nutrient digestibility, and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. **Animal Research**, v. 51, n. 05, p. 395-406, 2002.

MIN, Y. N.; LI, L. L.; LIU, S. K.; ZHANG, J.; GAO, Y. P.; LIU, F. Z. Effects of dietary distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, oxidative stress, and immune function in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 1, p. 23-29, 2015.

OLUKOSI, O. A.; COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Broiler responses to supplementation of phytase and admixture of carbohydrases and protease in maize-soyabean meal diets with or without maize Distillers' Dried Grain with Solubles. **British poultry science**, v. 51, n. 3, p. 434-443, 2010.

PAHM, A. A.; SCHERER, C. S.; PETTIGREW, J. E.; BAKER, D. H.; PARSONS, C. M.; STEIN, H. H. Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. **Poultry science**, v. 88, n. 3, p. 571-578, 2009.

PEDERSEN, M. B.; DALSGAARD, S.; ARENT, S.; LORENTSEN, R.; KNUDSEN, K. E. B.; YU, S.; LÆRKE, H. N. Xylanase and protease increase solubilization of non-starch polysaccharides and nutrient release of corn-and wheat distillers dried grains with solubles. **Biochemical engineering journal**, v. 98, p. 99-106, 2015.

RAZA, A.; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon**, v. 5, n. 4, p. e01437, 2019.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; DE OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; EUCLIDES, R. Tabelas brasileiras para suínos e aves. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SANTOS, M. D. S. V. D.; ESPÍNDOLA, G. B.; FUENTES, M. D. F. F.; FREITAS, E. R.; CARVALHO, L. E. D. Utilização de complexo enzimático em dietas à base de sorgo-soja para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 811-817, 2006.

SCHONE, R. A.; NUNES, R. V.; FRANK, R.; EYNG, C.; CASTILHA, L. D. Resíduo seco de destilaria com solúveis (DDGS) na alimentação de frangos de corte (22-42 dias). **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 548-557, 2017.

SMITH, M. O. Nutrient content of carcass parts from broilers reared under cycling high temperatures. **Poultry Science**, v. 72, n. 11, p. 2166-2171, 1993.

SWIATKIEWICZ, S.; SWIATKIEWICZ, M.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A.; JOZEFIAK, D. Efficacy of feed enzymes in pig and poultry diets containing distillers dried grains with solubles: a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 15-26, 2016.

VALENTIM, J. K.; LIMA, H. J. D. A.; BITTENCOURT, T. M.; VELARDE, J. M. D. S.; SILVA, L. K. S. D.; PROCOPIO, D. P.; MENDES, J. P. Quality of broilers fed diets containing dry distillery grains. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 1, p. 357-370, 2020.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of animal Science**, v. 26, n. 1, p. 119-128, 1967.

WAITITU, S. M.; YITBAREK, A.; MATINI, E.; ECHEVERRY, H.; KIARIE, E.; RODRIGUEZ-LECOMPTE, J. C.; NYACHOTI, C. M. Effect of supplementing direct-fed microbials on broiler performance, nutrient digestibilities, and immune responses. **Poultry science**, v. 93, n. 3, p. 625-635, 2014.

WANG, Z.; CERRATE, S.; COTO, C.; YAN, F.; WALDROUP, P. W. Evaluation of high levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 10, p. 990-996, 2008.

WICKRAMASURIYA, S.; KIM, E.; SHIN, T. K.; CHO, H. M.; KIM, B.; PATTERSON, R.; HEO, J. M. Multicarbonyhydrase addition into a corn-soybean meal diet containing wheat and wheat by products to improve growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 2, p. 399-409, 2019.

XU, X.; ZHANG, Y. Network analysis of corn cash price comovements. **Machine Learning with Applications**, v. 6, p. 100140, 2021.

CAPÍTULO 2 - COMPLEXO MULTICARBOIDRASE EM DIETAS ELABORADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA DE MILHO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E SAÚDE INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar a suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) sobre a digestibilidade de nutrientes e a saúde intestinal de frangos de corte. Foram utilizados 2016 pintos de corte, distribuídos em esquema fatorial 4×2 (4 níveis de inclusão de DDGS $\times$ com e sem complexo multcarboidrase). Aos 21 dias de idade foram retiradas 96 aves do aviário experimental (2 aves por repetição) e realocadas em gaiolas de metabolismo, distribuídas em 8 tratamentos com 6 repetições, para a realização do ensaio de digestibilidade, utilizando-se o método de coleta total de excretas. Aos 28 dias, essas aves foram sacrificadas para coleta de material para avaliação da morfometria intestinal e AGCC no ceco. Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância, posteriormente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e análise de regressão dos níveis de DDGS, utilizando-se o SAS. A inclusão de DDGS na dieta reduziu linearmente o CDMS, CDPB e o CDEE de aves suplementados ou não com complexo multcarboidrase. As aves que não receberam suplementação enzimática, apresentaram redução linear da energia (EMA e EMAn) conforme o aumento nos níveis de inclusão do DDGS na dieta. A concentração de ácido acético no ceco foi maior para o grupo de aves que recebeu a suplementação com complexo multcarboidrase. A relação vilo:cripta na mucosa do duodeno aumentou com a adição de 16,12% de DDGS na dieta, porém, observou-se redução linear no comprimento do vilo e na relação vilo:cripta e, conseqüentemente, redução da área de absorção da mucosa do jejuno e íleo, em função do aumento da inclusão de DDGS na dieta. As aves que receberam a suplementação com complexo multcarboidrase apresentaram menor comprimento de vilo na mucosa do duodeno, em relação as que não foram suplementadas. Na mucosa do íleo, a suplementação com enzima reduziu a profundidade das criptas, quando comparado ao grupo que não recebeu a suplementação, em dietas com ou sem inclusão de DDGS. Conclui-se que a adição de complexo multcarboidrase nas dietas aumentou a concentração de ácido acético no ceco, melhorou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente ácido. A suplementação enzimática em dietas com até 10% de inclusão de

DDGS melhorou a digestibilidade de fibra em detergente neutro e o aproveitamento da energia. A inclusão de DDGS resultou em menor área de absorção da mucosa do jejuno e íleo, e reduziu o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo em dietas de frangos de corte.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta; enzimas; milho; polissacarídeos não amiláceos; qualidade intestinal.

Abstract: The experiment aimed to evaluate the multicarbohydase complex supplementation in diets elaborated with different levels of corn distillers' dried grains with solubles (DDGS) inclusion on nutrient digestibility and intestinal health of broilers. Were used 2016 male broiler chickens, assigned in a 4 × 2 factorial scheme (4 levels of inclusion of DDGS × with and without multicarbohydase complex). At 21 days of age, 96 birds were removed from the experimental poultry house (2 birds per repetition) and relocated in metabolism cages, distributed in 8 treatments with 6 repetitions, for the digestibility assay, using the method of total collection of excreta. At 28 days, these birds were sacrificed to collect material for evaluation of intestinal morphometry and SCFA in the cecum. Data were subjected to analysis of variance at 5% significance level, subsequently, the means were compared by the Tukey test and regression analysis of the DDGS levels, using the SAS. The inclusion of DDGS in the diet linearly reduced CDMS, CDPB and CDEE of birds supplemented or not with multicarbohydase complex. Birds that did not receive enzyme supplementation showed a linear reduction in energy (AME and AMEn) as the levels of inclusion of the DDGS in the diet increased. The concentration of acetic acid in the cecum was higher for the group of birds that received a multicarbohydase complex supplementation. The villus:crypt ratio in the duodenum mucosa increased with the addition of 16.12% of DDGS in the diet, however, there was a linear reduction in the villus length and in the villus:crypt ratio and, consequently, a reduction in the absorption area in the jejunum and ileum mucosa, due to the increased inclusion of DDGS in the diet. The birds that received the multicarbohydase complex supplementation had a shorter villus length in the duodenum mucosa, compared to those that were not supplemented. In the ileum mucosa, enzyme supplementation reduced the crypts depth when compared to the group that did not receive supplementation, in diets with or without inclusion of DDGS. It is concluded that the addition of multicarbohydase complex in the diets increased the concentration of acetic acid in the cecum, improved the digestibility of dry matter, crude protein and acid detergent fiber. Enzyme supplementation in diets with up to 10% DDGS inclusion improved neutral detergent fiber digestibility and energy utilization. The inclusion of DDGS resulted in a smaller absorption area of the mucosa of the jejunum and ileum, and reduced the digestibility coefficient of dry matter, crude protein, ether extract in broiler diets.

Key-words: short chain fatty acids; enzymes; corn; non-starch polysaccharides; intestinal quality.

INTRODUÇÃO

A manutenção da saúde intestinal é fundamental para a produção avícola sustentável e lucrativa. Com a crescente limitação do uso de antibióticos promotores de crescimento na produção animal, a busca por outras estratégias nutricionais para garantir a integridade e saúde do intestino é importante para a manutenção dos índices produtivos diante dos constantes desafios enfrentados pela cadeia avícola.

O maior custo de produção na avicultura brasileira é representado pela nutrição, que atualmente corresponde a 75% do custo da atividade (CIAS, 2021). Com a finalidade de reduzir os custos com nutrição e os impactos ambientais, sem afetar a produtividade, os nutricionistas procuram cada vez mais por ingredientes alternativos que possam substituir parcial ou totalmente ingredientes como o milho e o farelo de soja.

O DDGS (distillers' dried grains with solubles) é um coproduto resultante da produção de etanol através da fermentação do milho (PAHM *et al.*, 2009) e devido ao alto teor de proteína, pode ser utilizado em substituição parcial do farelo de soja nas dietas (LIU, 2011; DAMASCENO *et al.*, 2020).

Geralmente a concentração dos nutrientes não fermentáveis, como as proteínas, lipídios e minerais presentes no DDGS são aproximadamente três vezes maiores do que o encontrado na matéria-prima inicial (LIU, 2011). Da mesma forma, a quantidade de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) presente nesses coprodutos também é maior quando comparado aos grãos antes do processamento (SWIATKIEWICZ *et al.*, 2016).

A utilização de enzimas exógenas nas dietas dos animais exerce efeitos positivos sobre a morfologia e qualidade intestinal, e pode ser uma ferramenta importante quando as dietas são formuladas com ingredientes alternativos com alto teor de fibra, uma vez que, animais não ruminantes não conseguem aproveitar de forma eficiente os nutrientes presentes em alimentos ricos em PNAs e fitato, devido à ausência de enzimas específicas para degradar esses compostos (VARGAS *et al.*, 2017).

Os PNAs modificam as propriedades físico-químicas da digesta, pelo aumento na viscosidade intestinal, dificultando o acesso das enzimas para hidrólise e absorção de nutrientes (SMITS & ANNISON, 1996; LENTLE & JANSSEN, 2010), dessa forma, compromete o trânsito intestinal, a digestão e absorção dos nutrientes da dieta, o que

pode interferir na microbiota intestinal, que compete com o hospedeiro pelos nutrientes disponíveis, resultando em disbacteriose (WANDERS *et al.*, 2011).

A suplementação das dietas com carboidrases exógenas tornou-se rotineiramente utilizada na nutrição de animais não ruminantes, como alternativa para minimizar o impacto negativo dos PNAs sobre o trato gastrointestinal (DELMASCHIO, 2018). Essas enzimas atuam na hidrólise das ligações glicosídicas entre as unidades monoméricas dos carboidratos, melhorando o aproveitamento energético, a digestibilidade dos nutrientes e a saúde intestinal (FERREIRA *et al.*, 2015).

As carboidrases atuam na melhoria na digestão e absorção dos nutrientes, reduzindo o substrato disponível para a proliferação de bactérias patogênicas e, por outro lado, favorecem o crescimento das bactérias benéficas para o trato gastrointestinal, pois a hidrólise dos carboidratos resulta em açúcares solúveis que atingem o ceco dos animais e alimentam a microbiota que, por sua vez, produzem ácidos graxos de cadeia curta utilizados como fonte de energia para o hospedeiro (YANG *et al.*, 2009) e estimulam a proliferação e diferenciação das células do epitélio intestinal (DE VADDER *et al.*, 2014).

Wickramasuriya *et al.* (2019) observaram aumento na digestibilidade dos nutrientes que resultou em melhor desempenho e eficiência alimentar com a suplementação da dieta de frangos de corte com multcarboidrases. Apperson & Cherian (2017) apresentaram que a adição de complexo de carboidrases (celulase, xilanase, glucanase, mananase e galactamase), em dietas com inclusão de 10% de de semente de linhaça na formulação, resultou em melhor altura e largura das vilosidades, aos 22 dias de idade.

A saúde intestinal é o resultado da interação entre a dieta, mucosa intestinal e microbiota bacteriana, que em equilíbrio garantem a funcionalidade adequada do trato gastrointestinal, refletindo em ganho zootécnico, bem-estar e saúde animal (BIASATO *et al.*, 2019).

A microbiota cecal pode utilizar o conteúdo fibroso da dieta para fermentação e produção de AGCC, amônia, dióxido de carbono e metano (TENG & KIM, 2018). Autores relatam que a presença de ácido acético, propanóico e butírico no ceco das aves podem favorecer a proliferação de bactérias benéficas e reduzir o crescimento de bactérias patogênicas (KIARIE *et al.*, 2013; KHERAVII *et al.*, 2018), além de estimularem a proliferação e diferenciação das células do epitélio intestinal (DE

VADDER *et al.*, 2014) e serem utilizados como fonte de energia para os tecidos do hospedeiro (JHA & BERROCOSO, 2015).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a suplementação de complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com diferentes níveis de inclusão de grãos secos de destilaria de milho com solúveis sobre a digestibilidade de nutrientes e a saúde intestinal de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Aviário Experimental da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Todos os procedimentos de criação dos animais e de coleta de material biológico foram aprovados pelo Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação, sob o protocolo nº 15/2021.

Foram utilizados 2016 pintos de corte, machos da linhagem Ross AP 95, provenientes de matrizes de um mesmo lote com 40 semanas de idade. As aves foram distribuídas aleatoriamente em um delineamento inteiramente casualizado em um desenho fatorial com 4 níveis de inclusão de DDGS (0, 10, 20 e 30%) e com e sem complexo multcarboidrase, totalizando 8 tratamentos e 6 repetições, com 42 aves por unidade experimental.

As dietas experimentais foram compostas por:

- T1: sem inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T2: 10% de inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T3: 20% de inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T4: 30% de inclusão de DDGS e sem complexo multcarboidrase.
- T5: sem inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.
- T6: 10% de inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.
- T7: 20% de inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.
- T8: 30% de inclusão de DDGS e com complexo multcarboidrase.

O complexo comercial enzimático a base de carboidrases utilizado no experimento (amilase, xilanase, β -glucanase e β -mananase) associado a uma protease foi incluído nas dietas específicas na dose de 50g/ton, conforme a recomendação do fabricante. A análise bromatológica e de micotoxinas do DDGS

utilizado no experimento está descrita na Tabela 1. O farelo de soja, milho e o DDGS utilizados foram provenientes de um mesmo lote.

Até os 21 dias de idade, as aves receberam uma dieta inicial e no período experimental de 21 a 28 dias, receberam dieta crescimento, a base de milho e farelo de soja, visando atender as exigências nutricionais, de acordo com as recomendações das agroindústrias locais e considerando a contribuição nutricional (matriz) do DDGS.

A composição das dietas para cada fase de criação e os níveis nutricionais são apresentados na Tabela 2 e Tabela 3. Todas as rações foram suplementadas com Fitase (500 FTU/kg) utilizando a seguinte matriz nutricional: 0,15% de P e 0,15% de Ca.

As aves foram alojadas em galpão climatizado, contendo exaustores, aquecimento por meio de câmpânulas elétricas e placas de resfriamento controlados por um sistema automatizado. A temperatura de conforto térmico foi mantida de acordo com a idade e a alimentação foi fornecida *ad libitum* durante todo o período experimental.

O programa de luz utilizado proporcionou 24 horas de luz até os 14 dias de idade. Após este período as aves receberam 16 horas de luz e 8 horas de escuro até 21 dias de idade e posteriormente 14 horas de luz e 10 horas de escuro até o final do experimento.

Tabela 1 - Composição bromatológica e de micotoxinas do DDGS.

Análise	Resultado
EE (%)	7,87
FB (%)	8,58
PB (%)	35,24
Resíduo Mineral (%)	2,33
Umidade (%)	9,70
Desoxinivalenol (ppm)	Não detectado
Fumonissina (ppm)	1,48
Aflatoxina Total (ppb)	4,77
Zearalenona (ppb)	Não detectado

Tabela 2 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase inicial.

Ingredientes (Kg/ton)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	478,24	449,01	419,03	389,87	509,76	480,23	450,67	421,13
Farelo de soja	442,50	376,00	309,80	243,20	429,00	362,70	296,40	229,80
DDGS	-	100,00	200,00	300,00	-	100,00	200,00	300,00
Óleo de soja	44,80	38,90	33,00	27,00	26,42	20,50	14,65	8,70
DL-Metionina 99%	2,89	2,70	2,55	2,38	2,82	2,65	2,47	2,31
L-lisina 54,6%	0,62	2,62	4,62	6,64	0,87	2,87	4,89	6,89
L-Treonina	0,40	0,47	0,55	0,63	0,38	0,45	0,52	0,60
L-Triptofano 98%	-	-	-	0,13	-	-	-	0,13
Calcário calcítico	13,40	14,20	15,00	15,70	13,50	14,30	15,00	15,90
Fosfato bicálcico	9,20	7,80	6,70	5,40	9,20	7,90	6,60	5,40
Sal Comum	3,70	3,80	3,90	3,90	3,80	3,80	3,90	3,90
Cloreto de colina	0,25	0,50	0,85	1,15	0,25	0,60	0,90	1,24
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	-	-	-	-
Premix ²	-	-	-	-	4,00	4,00	4,00	4,00
Níveis Nutricionais								
PB (%)	24,44	24,43	24,44	24,44	24,44	24,44	24,44	24,44
EE (%)	6,93	6,72	6,51	6,29	5,19	4,97	4,77	4,55
Fibra Bruta (%)	3,68	4,32	4,96	5,60	3,66	4,30	4,94	5,58
FDN (%)	11,58	14,82	18,07	21,32	11,73	14,98	18,23	21,47
EM (Kcal/Kg)	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050
Lis Dig (%)	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
ASST Dig (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Tre Dig (%)	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84	0,84
Trp Dig (%)	0,28	0,26	0,24	0,23	0,27	0,25	0,24	0,23
Arg Dig (%)	1,52	1,42	1,33	1,24	1,50	1,41	1,31	1,22
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disp (%)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Mat. Mineral (%)	5,51	5,33	5,19	5,00	5,50	5,33	5,15	4,99

¹Premix vitamínico mineral sem complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.750.000 UI/kg), vitamina D3 (750.000 UI/kg), vitamina E (10.000 UI/kg), vitamina K3 (500 mg/kg), vitamina B2 (1.750 mg/kg), vitamina B12 (3.750 mcg/kg), niacina (10 g/kg), pantotenato de cálcio (3.000 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (750 mg/kg), vitamina B6 (1.000 mg/kg), ácido fólico (250 mg/kg), biotina (25 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), nicarbazina + narasina (25 g/kg), fitase (500 FTU/kg).

²Premix vitamínico mineral com complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.750.000 UI/kg), vitamina D3 (750.000 UI/kg), vitamina E (10.000 UI/kg), vitamina K3 (500 mg/kg), vitamina B2 (1.750 mg/kg), vitamina B12 (3.750 mcg/kg), niacina (10 g/kg), pantotenato de cálcio (3.000 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (750 mg/kg), vitamina B6 (1.000 mg/kg), ácido fólico (250 mg/kg), biotina (25 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), nicarbazina + narasina (25 g/kg), fitase (500 FTU/kg), beta mananase (3,13 U/g), betaglucanase (93,75 U/g), protease (17,5 U/g), amilase (1.500 U/g), xilanase (250 U/g).

Tabela 3 - Composição e níveis nutricionais da dieta na fase de crescimento.

Ingredientes (kg/ton)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	554,70	525,14	495,57	466,14	586,30	556,58	527,61	497,73
Farelo de soja	371,50	305,00	238,90	172,20	358,00	291,70	225,00	158,50
DDGS	-	100,00	200,00	300,00	-	100,00	200,00	300,00
Óleo de soja	45,80	39,90	34,00	28,00	27,40	21,50	15,70	9,60
DL-Metionina 99%	2,14	1,97	1,79	1,62	2,10	1,90	1,72	1,60
L-lisina 54,6%	0,43	2,43	4,40	6,45	0,70	2,68	4,67	6,70
L-Treonina	0,10	0,16	0,24	0,32	0,10	0,14	0,20	0,30
L-Triptofano 98%	-	-	-	0,17	-	-	-	0,17
Calcário calcítico	11,50	12,30	13,00	13,90	11,50	12,50	13,00	14,00
Fosfato bicálcico	6,30	5,10	3,80	2,50	6,30	5,00	3,80	2,60
Sal Comum	3,30	3,40	3,40	3,50	3,30	3,40	3,40	3,50
Cloreto de colina	0,23	0,60	0,90	1,20	0,30	0,60	0,90	1,30
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	-	-	-	-
Premix ²	-	-	-	-	4,00	4,00	4,00	4,00
Níveis Nutricionais								
PB (%)	21,70	21,69	21,70	21,70	21,71	21,70	21,69	21,70
EE (%)	7,17	6,96	6,75	6,53	5,42	5,21	5,01	4,78
Fibra Bruta (%)	3,41	4,06	4,70	5,34	3,40	4,04	4,68	5,32
FDN (%)	11,44	14,69	17,94	21,18	11,60	14,85	18,09	21,34
EM (Kcal/Kg)	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150
Lis Dig (%)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
ASST Dig (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,82	0,81	0,81	0,82
Ter Dig (%)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72	0,73
Trp Dig (%)	0,24	0,22	0,20	0,20	0,24	0,22	0,20	0,20
Arg Dig (%)	1,33	1,24	1,14	1,05	1,31	1,22	1,13	1,03
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84	0,85	0,84	0,85
Fósforo disp (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Matéria Mineral (%)	4,77	4,61	4,42	4,27	4,74	4,59	4,39	4,25

¹ Premix vitamínico mineral sem complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.200.000 UI/kg), vitamina D3 (600.000 UI/kg), vitamina E (8.000 UI/kg), vitamina K3 (400 mg/kg), vitamina B2 (1.400 mg/kg), vitamina B12 (3.000 mcg/kg), niacina (8 g/kg), pantotenato de cálcio (2.400 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (600 mg/kg), vitamina B6 (800,5 mg/kg), ácido fólico (200 mg/kg), biotina (20 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), salinomicina (18 g/kg), fitase (500 FTU/kg).

² Premix vitamínico mineral com complexo multcarboidrase: Vitamina A (2.200.000 UI/kg), vitamina D3 (600.000 UI/kg), vitamina E (8.000 UI/kg), vitamina K3 (400 mg/kg), vitamina B2 (1.400 mg/kg), vitamina B12 (3.000 mcg/kg), niacina (8 g/kg), pantotenato de cálcio (2.400 mg/kg), ferro (15 g/kg), manganês (19,95 g/kg), zinco (19,75 g/kg), cobre (2.000 mg/kg), iodo (251,8 mg/kg), selênio (74,25 mg/kg), vitamina B1 (600 mg/kg), vitamina B6 (800,5 mg/kg), ácido fólico (200 mg/kg), biotina (20 mg/kg), BHT (3.825 mg/kg), BHA (249 mg/kg), salinomicina (18 g/kg), fitase (500 FTU/kg), beta mananase (3,13 U/g), betaglucanase (93,75 U/g), protease (17,5 U/g), amilase (1.500 U/g), xilanase (250 U/g).

Ensaio de metabolismo

Aos 21 dias de idade foram retiradas 96 aves do aviário experimental (2 aves por repetição) e realocadas em gaiolas de metabolismo, obedecendo o mesmo delineamento experimental utilizado em boxes (8 tratamentos com 6 repetições, totalizando 48 unidades experimentais) para a realização do ensaio de metabolismo, utilizando-se o método de coleta total de excretas.

O período experimental teve duração de 7 dias, sendo 3 dias de adaptação e 4 dias de coleta de excretas. As rações e as sobras foram pesadas e registradas no 24º e 27º dia de idade das aves para os posteriores cálculos do consumo de ração neste período.

A coleta de excretas foi realizada uma vez ao dia, utilizando-se bandejas coletoras forradas com lona plástica preta. As coletas diárias foram agrupadas por unidade experimental em sacos plásticos, identificadas e armazenados em freezer a -20°C até o último dia de coleta, quando foram pesadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas (umidade 1) e, posteriormente secas a 105°C por 4 horas (umidade 2).

As amostras de excretas e das dietas experimentais foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Bromatológicas (CBO Análises Laboratoriais, Valinhos – SP) para análise de energia bruta, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, cálcio e fósforo.

Com base nos dados de consumo de ração, produção de excretas e dos resultados das análises de laboratório, procedeu-se o cálculo dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), da matéria seca (CDMS), do extrato etéreo (CDEE), da fibra em detergente neutro (CDFDN), da fibra em detergente ácido (CDFDA), cálcio (CDCa) e fósforo (CDP), assim como os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e de aparente corrigida (EMAn), utilizando-se as equações propostas por Matterson *et al.* (1965).

Morfometria intestinal

Aos 28 dias de idade, as mesmas aves utilizadas no ensaio de digestibilidade (12 aves por tratamento) foram sacrificadas pelo método de deslocamento cervical e o trato gastrointestinal foi exposto para retirada de fragmentos de aproximadamente 5 cm de comprimento do duodeno (região ascendente da alça duodenal), do jejuno (região do divertículo de Meckel) e do íleo (região posterior a válvula íleo-ceco-cólica). As amostras foram fixadas em solução de formol tamponado e após foram emblocadas em parafina. Cada fragmento foi submetido à cortes semi-seriados de 5 µm de espessura e corados por HE (hematoxilina-eosina).

Para o estudo morfométrico, as imagens foram capturadas por meio da microscopia de luz (objetiva 10x), utilizando-se o sistema analisador de imagens computadorizado (ImagePro-Plus - Versão 5.2 – Média Cibernética). Neste estudo

foram mensurados o comprimento e largura de 20 vilos e a profundidade e largura de 20 criptas de cada lâmina. Estas medidas morfométricas foram utilizadas para o cálculo da área da superfície de absorção da mucosa intestinal, através da fórmula proposta por Kisielinski *et al.* (2002).

$$\text{Área de absorção: } \frac{(LV \times AV) + (LV/2 + LC/2)^2 - (LV/2)^2}{(LV/2 + LC/2)^2}$$

Onde: LV: largura de vilo, AV: altura de vilo, LC: largura de cripta.

Determinação dos ácidos graxos de cadeia curta em conteúdo cecal

A determinação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) foi realizada aos 28 dias, com as mesmas aves sacrificadas para a avaliação da morfometria intestinal (12 aves por tratamento). Para isso, o conteúdo cecal foi coletado e diluído em NaOH (Hidróxido de sódio), homogeneizado e, posteriormente, centrifugado a 3.000 rpm durante cinco minutos. Do sobrenadante, foi coletado 1 mL, o qual foi armazenado em microtubo eppendorf, acrescido de 0,2 mL de ácido fórmico P.A. e acondicionado em congelador a -18°C até o momento da análise. A concentração dos AGCC foi realizada através de cromatografia gasosa, equipado com coluna 80/120 CarbopackTM B-DA*/4% Carbowaxâ 20M.

Análise estatística

Os dados foram tabulados e analisados de acordo com o esquema fatorial 4 x 2 utilizando-se análise de variância (ANOVA) do procedimento General Lineal Model (PROC GLM) com auxílio do programa Statistical Analysis System (SAS, versão 9.0). Quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os efeitos secundários (desdobramento da interação entre níveis de DDGS x adição ou não de complexo multcarboidrase) foram analisados quando a interação foi significativa. Os dados relacionados aos níveis de inclusão de DDGS (0, 10, 20 e 30%) foram submetidos à análise de regressão (PROC REG) até segunda ordem (quadrática).

Todos os dados foram testados quanto à normalidade dos resíduos e homocedasticidade através do teste de Shapiro-Wilk e análise de histograma e teste

de Brown-Forsythe, respectivamente. As observações foram marcadas como *outliers* e excluídas do conjunto de dados antes das análises estatísticas quando o resíduo de uma observação excedeu a média residual do parâmetro em mais ou menos 2 desvios padrão (ou até atingir a normalidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no ensaio de digestibilidade foram apresentados na Tabela 4. Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão de DDGS nas dietas e a suplementação ou não do complexo multcarboidrase para os valores de EMA, EMAn e CDFDN.

No desdobramento dessas interações (Tabela 5), observou-se que em dietas elaboradas com 20% de DDGS, a suplementação com complexo multcarboidrase melhorou ($P < 0,05$) a EMA, EMAn e o CDFDN, em relação ao grupo que não recebeu a suplementação enzimática, porém, na dieta de maior inclusão do produto (30%) observou-se o efeito contrário, em que a adição das enzimas piorou esses coeficientes.

A inclusão de complexo multcarboidrase em dietas com níveis crescentes de DDGS resultou em efeito quadrático para os valores de EMA, EMAn e o CDFDN. O melhor aproveitamento da EMA e EMAn foi observado com a adição de 10,45% e 10,17% de DDGS a dieta, respectivamente (Gráfico 1 e Gráfico 3), enquanto a inclusão de 15,47% de DDGS na dieta resultou em melhor coeficiente de digestibilidade de FDN (Gráfico 5).

Por outro lado, o consumo das dietas que não foram suplementadas com complexo multcarboidrase, os valores de EMA e a EMAn diminuíram linearmente ($P < 0,05$) em função do nível de inclusão de DDGS (Gráfico 2 e Gráfico 4). O CDFDN, apresentou efeito quadrático, em que a inclusão de 16,67%, resultou no menor aproveitamento da fibra em detergente neutro (Gráfico 6).

Para as demais variáveis analisadas no ensaio de digestibilidade, com exceção aos CDCa e CDP que não foram influenciados pelos tratamentos, observou-se efeitos isolados da inclusão de níveis crescentes de DDGS e da suplementação ou não de complexo multcarboidrase. Observou-se que a suplementação enzimática resultou em melhores coeficientes de digestibilidade de MS, PB e FDA em comparação com as dietas isentas da suplementação (Tabela 4).

As aves alimentadas com dietas contendo o maior nível de inclusão de DDGS (30%) apresentaram piores coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EE ($P < 0,05$), quando comparado ao grupo que recebeu a dieta sem adição do subproduto. Por outro lado, os maiores níveis de inclusão de DDGS resultaram em maiores ($P < 0,05$) coeficientes de digestibilidade de FDA (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da fibra detergente neutro (CDFDN), da fibra em detergente ácido (CDFDA), do cálcio (CDCa) e do fósforo (CDP) avaliados entre 21 e 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	EMA	EMAn	CDMS	CDPB	CDEE	CDFDN	CDFDA	CDCa	CDP
DDGS									
0	3893,40	3655,68	84,45 ^a	78,65 ^a	92,16 ^a	64,21	60,66 ^c	65,61	73,57
10	3867,53	3636,03	83,05 ^a	76,17 ^{ab}	90,02 ^{ab}	58,22	67,38 ^b	64,25	72,11
20	3814,85	3574,11	81,86 ^{ab}	77,75 ^{ab}	89,12 ^{ab}	62,59	70,94 ^{ab}	65,74	76,62
30	3727,40	3502,78	79,71 ^b	73,37 ^b	88,35 ^b	60,58	73,67 ^a	69,42	74,39
Enzima									
Com	3820,23	3583,73	83,25 ^a	77,76 ^a	90,35	61,58	69,73 ^a	66,29	75,03
Sem	3831,37	3600,57	81,28 ^b	75,20 ^b	89,47	61,22	66,60 ^b	66,23	73,26
CV%	2,78	2,68	3,16	5,51	3,20	10,48	7,90	9,27	5,91
DDGS	0,0240	0,0015	0,0006	0,0211	0,0151	0,1388	<,0001	0,2135	0,1319
Enzima	0,7183	0,5475	0,0121	0,0417	0,2953	0,8450	0,0508	0,9739	0,1736
DDGS x Enzima	0,0223	0,0181	0,4758	0,7299	0,6830	0,0025	0,1504	0,2084	0,5565
Regressão	-	-	Linear	Linear	Linear	-	Linear	-	-

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si (P<0,05).

Tabela 5 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para valores de EMA, EMAn e coeficiente de digestibilidade da FDN avaliados entre 21 e 28 dias dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

DDGS, %						
Enzima	0	10	20	30	Regressão	Valor de P
EMA						
Com	3852,43 ^a	3878,86 ^a	3883,16 ^{aA}	3666,46 ^{bB}	Quadrático	0,0027
Sem	3934,38 ^a	3856,21 ^{ab}	3746,55 ^{bB}	3788,35 ^{abA}	Linear	0,0483
Valor de P	0,2208	0,7827	0,0488	0,0033		
EMAn						
Com	3615,91 ^a	3641,40 ^a	3635,16 ^{aA}	3442,43 ^{bB}	Quadrático	0,0027
Sem	3695,45 ^a	3630,66 ^{ab}	3513,07 ^{bB}	3563,12 ^{abA}	Linear	0,0304
Valor de P	0,1802	0,8866	0,0547	0,0013		
CDFDN						
Com	59,39 ^a	61,49 ^a	67,06 ^{aA}	58,39 ^{aB}	Quadrático	0,0975
Sem	69,02 ^a	54,96 ^b	58,13 ^{bB}	62,77 ^{abA}	Quadrático	0,0100
Valor de P	0.0559	0.1790	0.0296	0.0208		

Letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem significativamente (P<0,05).

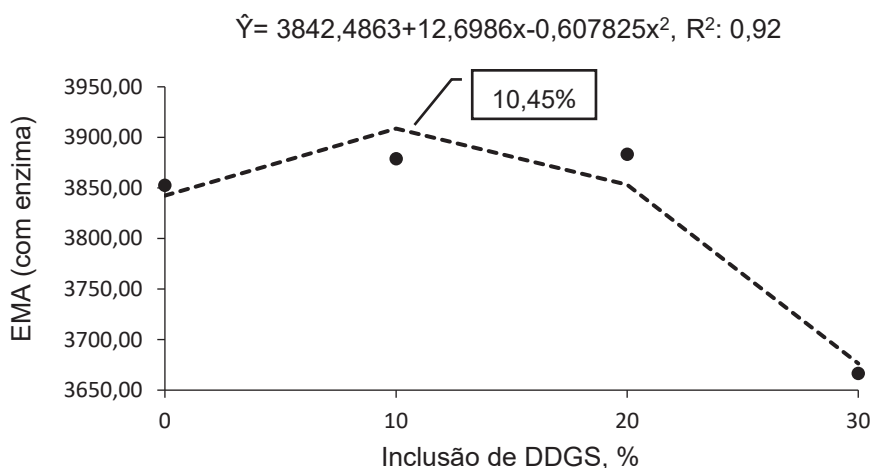


Gráfico 1 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA) aos 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

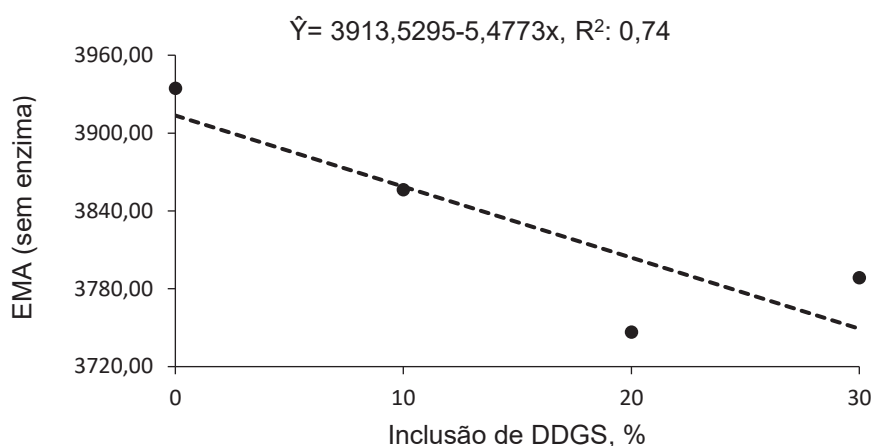


Gráfico 2 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA) aos 28 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

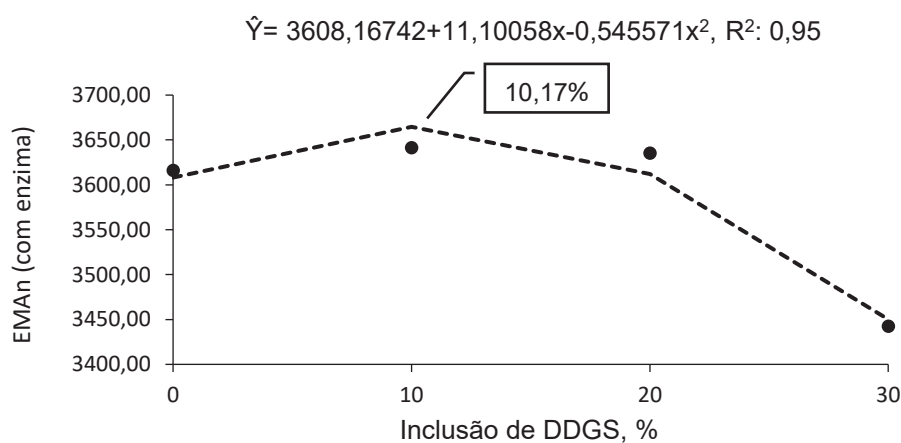


Gráfico 3 - Valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) aos 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

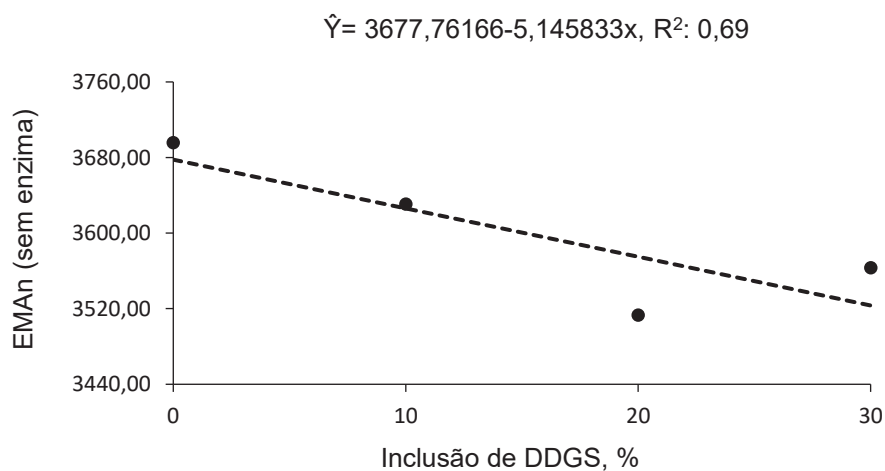


Gráfico 4 - Valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) aos 28 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

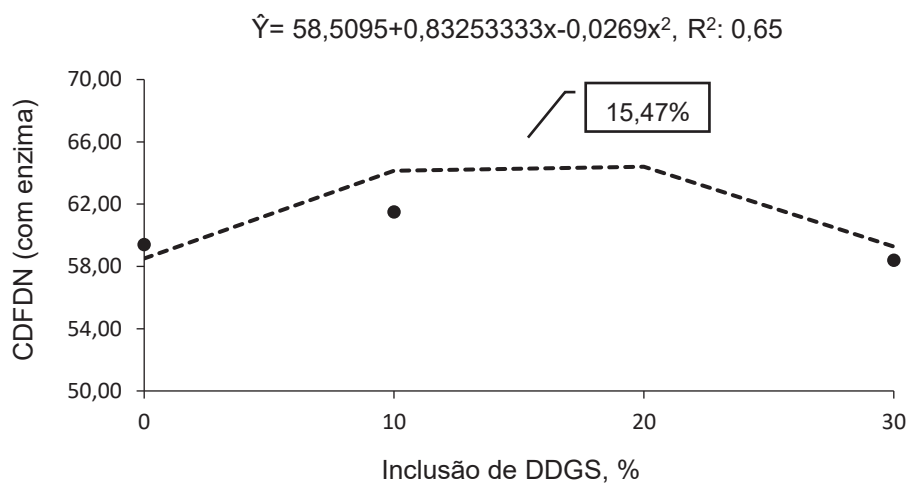


Gráfico 5 - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN) aos 28 dias de frangos de corte suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

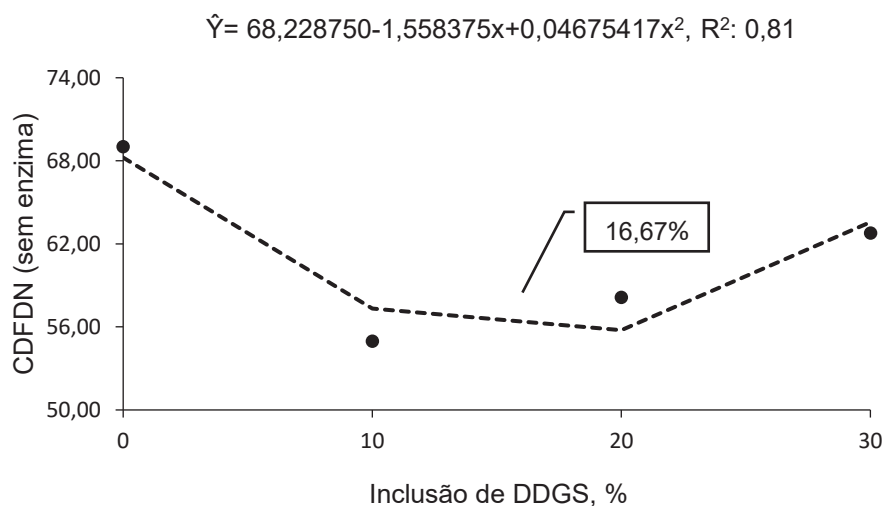


Gráfico 6 - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro aos 28 dias de frangos de corte suplementados sem complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

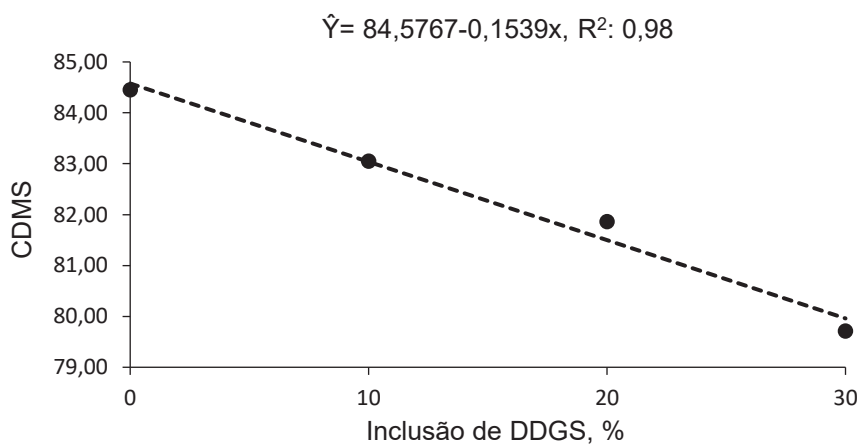


Gráfico 7 - Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

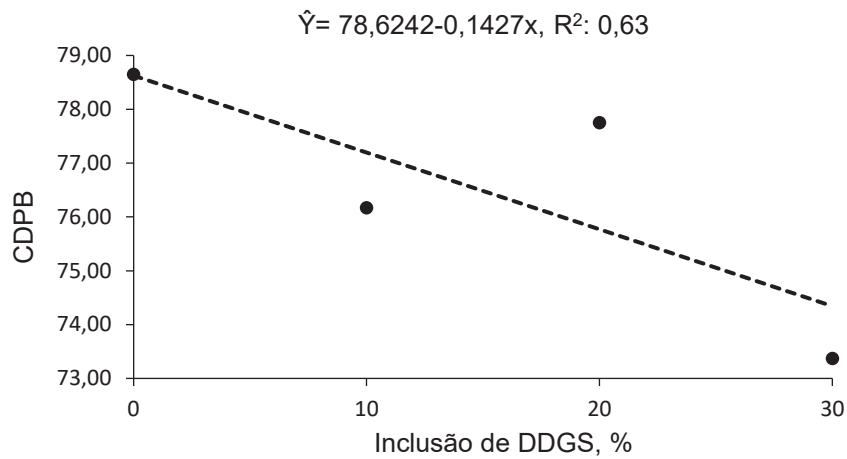


Gráfico 8 - Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

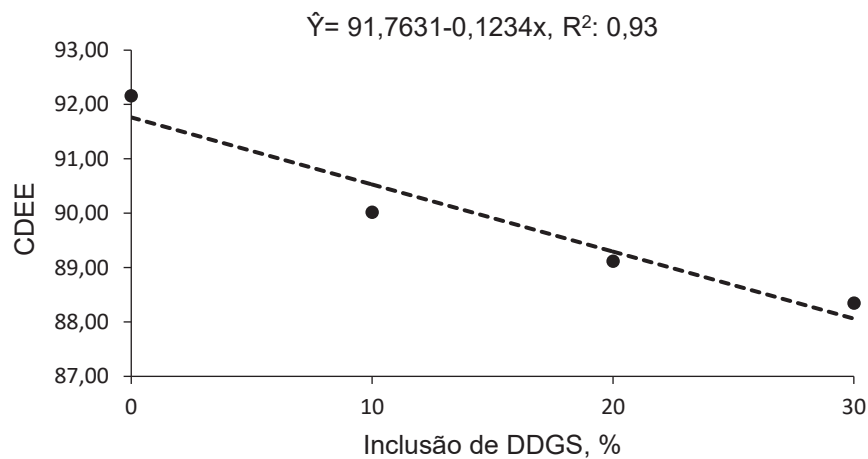


Gráfico 9 - Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

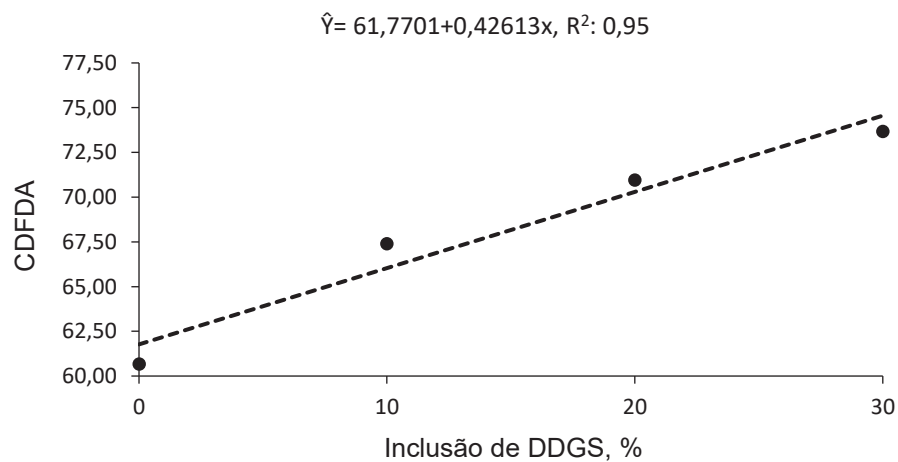


Gráfico 10 - Coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido (CDFDA) aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Os coeficientes de digestibilidade encontrados no presente trabalho demonstram a importância dessa análise na otimização da formulação de rações e aproveitamento dos nutrientes pelos animais, evitando excesso ou falta de nutrientes nas dietas, o que favorece a redução dos custos e menor excreção no ambiente (ROSTAGNO *et al.*, 2007).

Observou-se nesse estudo que a inclusão de DDGS na dieta das aves reduziu a digestibilidade da MS, PB e EE em aves suplementadas ou não com complexo multcarboidrase (Gráfico 7, Gráfico 8 e Gráfico 9).

A capacidade de aumentar a viscosidade intestinal é uma das principais características da fibra solúvel, e dessa forma, reduz o tempo de interação entre enzimas e substrato, e prejudicam a digestibilidade dos nutrientes da dieta (TAVERNARI *et al.*, 2008), resultando em menor aproveitamento de energia. Portanto, apesar do alto valor nutricional de lipídios presente no DDGS de milho, a disponibilidade da energia é fortemente influenciada pelo teor de PNAs (SWIATKIEWICZ & KORELESKI, 2006).

Além disso, as aves que não receberam suplementação enzimática, apresentaram redução linear da energia (EMA e EMAn) conforme o aumento nos níveis de inclusão do subproduto na dieta. No entanto, quando foram suplementados com o complexo multcarboidrase foi possível utilizar 10,45% e 10,17% de DDGS na dieta, respectivamente.

Outro fator que pode ter influenciado na redução da energia com a inclusão de DDGS na dieta é a densidade do grão de milho. Segundo Baidoo *et al.* (1991), quanto menor a densidade do milho, menores são os níveis de EMA.

No Brasil, a produção do etanol de milho é realizada a partir dos grãos excedentes, ou seja, os grãos que não são utilizados para atender ao consumo interno do país. Portanto, existe uma preocupação em relação a qualidade nutricional e segurança alimentar dos grãos de destilaria, pois ainda não foram regulamentados os limites para contaminantes e padronização para esse coproduto, apenas para o milho, conforme estabelecido pela IN nº 60 de 22/12/2011 e IN nº 88, de 26/03/2021.

A melhoria na digestibilidade dos nutrientes em dietas com suplementação enzimática é atribuída a ação das enzimas sobre a degradação da parede celular, facilitando o contato das enzimas endógenas com o substrato a ser digerido (PACK *et al.*, 1998). De acordo com Swiatkiewicz *et al.* (2014), a adição de xilanase e fitase

em dietas com alto teor de DDGS melhorou a digestibilidade da matéria seca e a retenção de Ca e P.

A inclusão de DDGS na dieta elevou a digestibilidade da FDA, independente da adição ou não do complexo enzimático (Gráfico 10). Isso é devido a retirada de amido e de parte da fração de gordura do grão do milho no processo de obtenção do etanol e a concentração de fibra no subproduto, principalmente do pericarpo que é composto por celulose (23%) e hemicelulose (67%) (EL-HACK *et al.*, 2015).

Para o CDFDN, observou-se que a inclusão de 15,47% de DDGS em dietas com suplementação enzimática, resultou em maior digestibilidade. No entanto, em dietas sem suplementação de complexo multcarboidrase, o nível de 16,67% de DDGS na dieta resultou em menor CDFDN. Esse resultado demonstra o efeito positivo de um complexo multcarboidrase na recuperação de nutrientes que não seriam naturalmente degradados pelas enzimas endógenas dos animais não ruminantes.

Swiatkiewicz *et al.* (2016) afirmam que a eficácia da utilização de enzimas exógenas em dietas de aves e suínos formuladas com DDGS é influenciada por fatores como, a atividade das enzimas utilizadas, idade dos animais, composição química, nutricional e nível dietético do DDGS e pela composição geral da dieta utilizada.

Na tabela 6 estão apresentados os resultados da determinação da concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do conteúdo cecal. Não houve interação ($P>0,05$) entre a inclusão de DDGS e a suplementação enzimática sobre a concentração de AGCC no ceco.

A suplementação com complexo multcarboidrase, independentemente da inclusão de DDGS, resultou em maior ($P<0,05$) concentração de ácido acético no ceco, quando comparado as aves que não receberam a suplementação enzimática.

Os níveis de DDGS apresentaram efeito quadrático sobre a concentração de ácido propanoico. A inclusão de 18,08% de DDGS na dieta resultou na menor concentração desse ácido graxo no ceco das aves (Gráfico 11).

Tabela 6 - Determinação da concentração de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (mmol/kg) do conteúdo cecal de frangos de corte aos 28 dias de idade suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Ácido Acético, mmol/kg	Ácido Propanóico, mmol/kg	Ácido Butírico, mmol/kg
DDGS			
0	40,39	3,32	6,60
10	42,31	2,68	6,61
20	37,13	2,30	5,97
30	47,22	2,47	7,02
Enzima			
Com	45,23 ^a	2,91	7,09
Sem	38,30 ^b	2,48	5,99
CV%	38,61	50,45	46,22
DDGS	0,1852	0,0552	0,6920
Enzima	0,0381	0,1329	0,0798
DDGS x Enzima	0,7537	0,3871	0,9987
Regressão	-	Quadrático	-

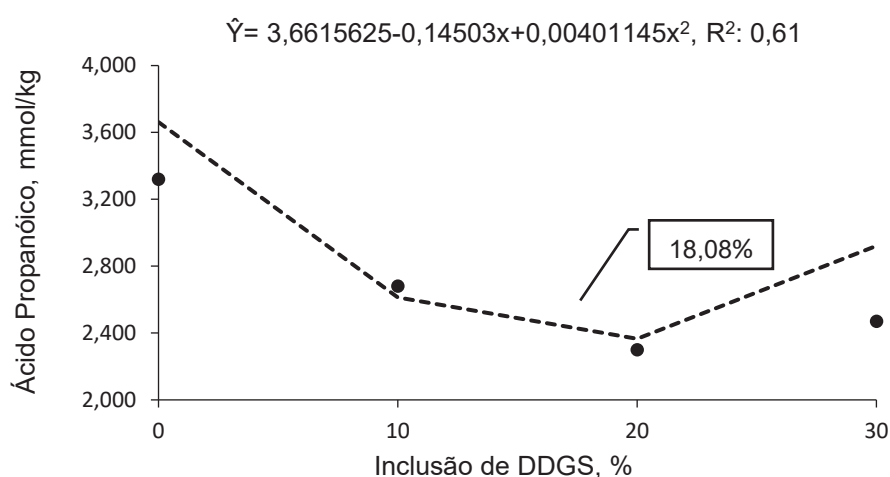


Gráfico 11 - Concentração de ácido propanóico em conteúdo cecal aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

A concentração e o tipo de AGCC produzidos no ceco são modificados pela atividade microbiana das bactérias que colonizam o ambiente cecal (ENGBERG *et al.*, 2004; YADAV & JHA, 2019). Autores relatam que a presença de ácido acético, propanóico e butírico no ceco das aves podem favorecer a proliferação de bactérias benéficas e reduzir o crescimento de bactérias patogênicas (KIARIE *et al.*, 2013; KHERAVII *et al.*, 2018).

Além disso, os AGCC estimulam a proliferação e diferenciação das células do epitélio intestinal, e podem resultar no aumento do comprimento das vilosidades, e consequentemente, em maior área de absorção (DE VADDER *et al.*, 2014). O ácido acético e ácido propanóico atuam como substrato energético para os tecidos (YADAV

& JHA, 2019), e o ácido butírico auxilia no desenvolvimento e proliferação dos enterócitos no intestino delgado, e é utilizado como fonte de energia para as atividades metabólicas do hospedeiro (JHA & BERROCOSO, 2015).

A microbiota cecal pode utilizar o conteúdo fibroso da dieta para fermentação e produção de AGCC, amônia, dióxido de carbono e metano (TENG & KIM, 2018). No entanto, apenas partículas pequenas e solúveis conseguem acessar o ceco, juntamente com fluidos digestivos e ácido úrico (SVIHUS *et al.*, 2013). No presente estudo, a adição de 18,08% de DDGS resultou em menores concentrações de ácido propanóico no ceco, portanto, a maior inclusão de ingrediente fibroso na dieta, não necessariamente resultará em maior fermentação cecal e produção de AGCC.

A suplementação das dietas com complexo multcarboidrase aumentou a concentração de ácido acético no ceco das aves, independente da inclusão ou não de DDGS na dieta, o que pode estar atribuído a capacidade das enzimas em degradarem os PNAs em compostos de menor peso molecular, que conseguem entrar no ceco e serem utilizados para fermentação microbiana, aumentando a produção desses AGCC, devido ao aumento da microbiota benéfica (MACAMBIRA *et al.*, 2021).

De acordo com Bedford & Apajalahti (2001), a utilização de carboidrases exógenas nas dietas favorece o aproveitamento dos nutrientes pelo animal, e simultaneamente, fornecem fragmentos de fibra degradada e oligossacarídeos, para serem utilizados pela microbiota cecal.

Alguns tipos de fibras, por exemplo, os oligossacarídeos, quando suplementados na dieta das aves, promovem efeito prebiótico, estimulando a proliferação e colonização da microbiota intestinal benéfica (COURTIN *et al.*, 2008; ZHANG *et al.*, 2014), melhorando a saúde da mucosa intestinal e aumentando a produção de AGCC no intestino (YADAV & JHA, 2019; MASEY-O'NEILL *et al.*, 2014).

Por outro lado, a concentração de ácido butírico não foi influenciada pela suplementação enzimática ou pela adição de DDGS na dieta das aves. Resultados semelhantes foram descritos por Kiarie *et al.* (2014), que ao suplementarem as dietas com xilanase verificaram aumento na produção cecal de ácido acético, porém, a concentração de ácido propiônico e butírico não foram afetados.

González-Ortiz *et al.* (2020) destacam que a maioria dos AGCC produzidos na porção final do intestino são rapidamente absorvidos, resultando na variabilidade das concentrações de AGCC determinadas em amostras coletadas via abate em série, o

que pode estar relacionado ao alto coeficiente de variação (CV) encontrado para estas variáveis.

Os resultados da morfometria da mucosa intestinal do duodeno estão apresentados na Tabela 7. Foi observado efeito independente da enzima sobre o comprimento do vilo, em que a suplementação com complexo multienzimático resultou em menor comprimento de vilo ($P < 0,05$).

Houve interação ($P < 0,05$) entre a suplementação enzimática e a inclusão de DDGS na dieta sobre a profundidade das criptas. No desdobramento da interação (Tabela 8) observou-se que na dieta sem inclusão de DDGS, as aves que receberam a suplementação com complexo multienzimático apresentaram criptas menos profundas ($P < 0,05$) do que as aves que não receberam as enzimas. Entretanto, a inclusão de DDGS em dietas isentas de suplementação enzimática apresentou comportamento quadrático. A menor ($P < 0,05$) profundidade de cripta foi observada quando se utilizou 17,88% de DDGS na dieta das aves (Gráfico 12).

O nível de DDGS também resultou em comportamento quadrático sobre a relação vilo:cripta (Gráfico 13). A inclusão de 16,12% de DDGS na dieta resultou em maior ($P < 0,05$) relação vilo:cripta, independente da suplementação ou não com complexo multienzimático.

Para as demais variáveis, não foi observado efeito da inclusão do DDGS ou do complexo multienzimático ($P > 0,05$).

Tabela 7 - Morfometria da mucosa intestinal do duodeno avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multienzimático em dietas elaboradas com DDGS.

	Comprimento vilo, μm	Profundidade da cripta, μm	Relação Vilo:cripta	Área de Absorção, μm^2
Duodeno				
DDGS				
0	1320,70	139,48	9,60	18,74
10	1369,88	129,64	10,66	20,13
20	1352,69	128,57	10,65	20,28
30	1303,76	134,29	9,90	19,39
Enzima				
Com	1291,94 ^b	128,80	10,21	19,57
Sem	1381,57 ^a	137,19	10,20	19,70
CV%	15,40	15,20	17,08	18,15
DDGS	0,6769	0,2316	0,0837	0,4165
Enzima	0,0357	0,0449	0,9860	0,8505
DDGS x Enzima	0,2709	0,0483	0,8292	0,9540
Regressão	-	-	Quadrático	-

Tabela 8 - Desdobramento da interação entre inclusão de DDGS e enzima para profundidade da cripta da mucosa do duodeno avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Enzima	DDGS, %				Regressão	Valor de P
	0	10	20	30		
	Profundidade da cripta					
Com	128,38 ^B	123,95	133,60	129,06	-	0,7597
Sem	150,58 ^{Aa}	135,33 ^{ab}	123,34 ^b	139,52 ^{ab}	Quadrático	0,0059
Valor de P	0,0107	0,1623	0,2218	0,2488		

Letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

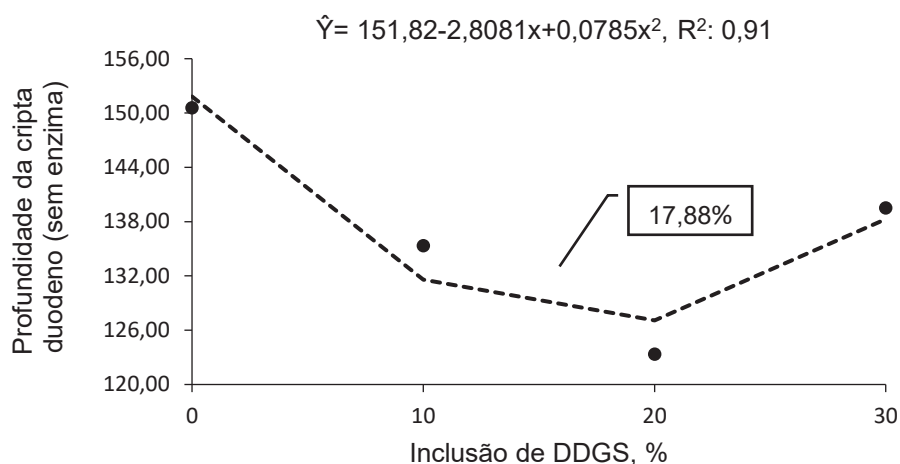


Gráfico 12 - Profundidade da cripta da mucosa do duodeno aos 28 dias de frangos de corte não suplementados com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

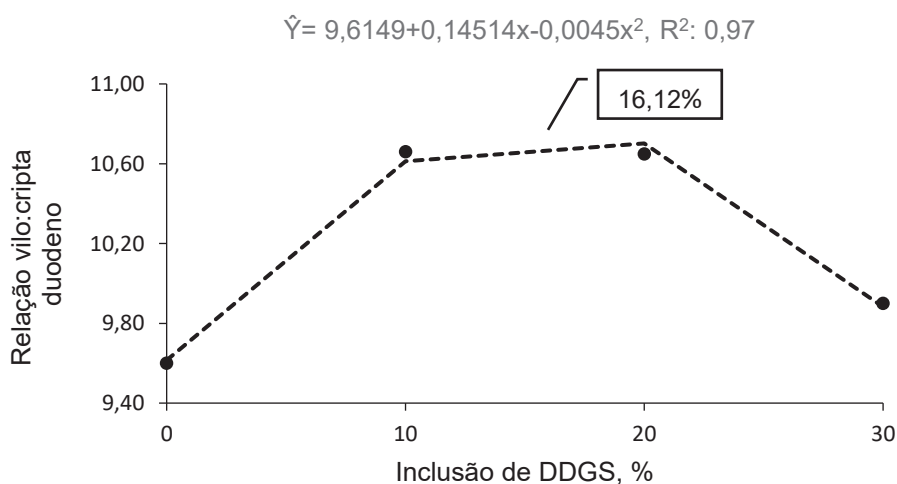


Gráfico 13 - Relação vilo:cripta da mucosa do duodeno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Os resultados da morfometria da mucosa do jejuno estão apresentadas na Tabela 9. A suplementação com complexo multcarboidrase influenciou a morfometria intestinal do jejuno de forma independente. A inclusão de 30% de DDGS na dieta resultou em menor ($P<0,05$) área de absorção intestinal e menor ($P<0,05$) relação vilo:cripta, quando comparado as aves que receberam a dieta controle ou com 10% de DDGS.

Por outro lado, a inclusão de 10% de DDGS na dieta não alterou ($P<0,05$) o comprimento dos vilos, quando comparado as aves que receberam a dieta controle (0% de DDGS) em aves suplementadas e não suplementadas com complexo multcarboidrase.

Houve efeito linear decrescente ($P<0,05$) para o comprimento de vilo (Gráfico 14), relação vilo:cripta (Gráfico 15) e área de absorção (Gráfico 16) do jejuno em função dos níveis de DDGS adicionados na dieta.

Tabela 9 - Morfometria da mucosa intestinal do jejuno avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Comprimento vilo, μm	Profundidade da cripta, μm	Relação Vilo:cripta	Área de Absorção, μm^2
Jejuno				
DDGS				
0	785,87 ^a	142,10	5,60 ^a	11,49 ^a
10	754,08 ^{ab}	142,26	5,50 ^a	11,39 ^a
20	697,38 ^{bc}	141,35	4,99 ^{ab}	10,36 ^{ab}
30	660,45 ^c	139,18	4,88 ^b	9,88 ^b
Enzima				
Com	725,84	138,74	5,29	10,80
Sem	722,50	143,71	5,19	10,77
CV%	15,22	13,67	19,44	16,25
DDGS	0,0007	0,9419	0,0347	0,0040
Enzima	0,8828	0,2109	0,6158	0,9226
DDGS x Enzima	0,4856	0,3805	0,6768	0,6118
Regressão	Linear	-	Linear	Linear

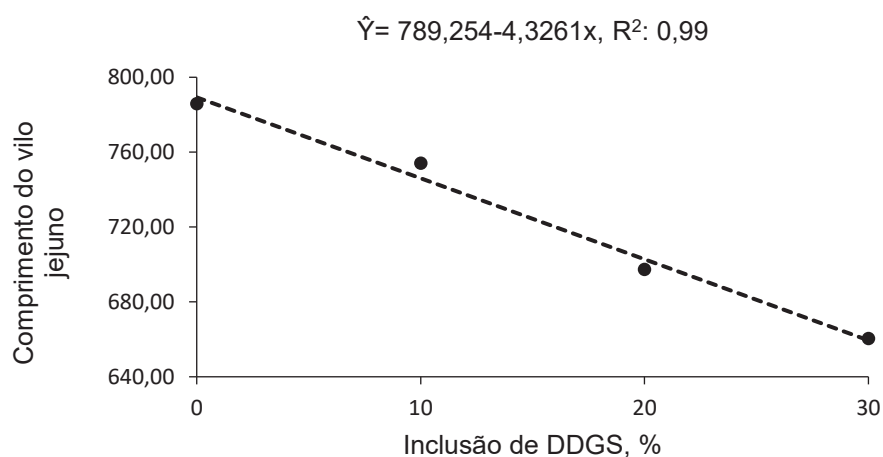


Gráfico 14 - Comprimento do vilo da mucosa do jejuno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

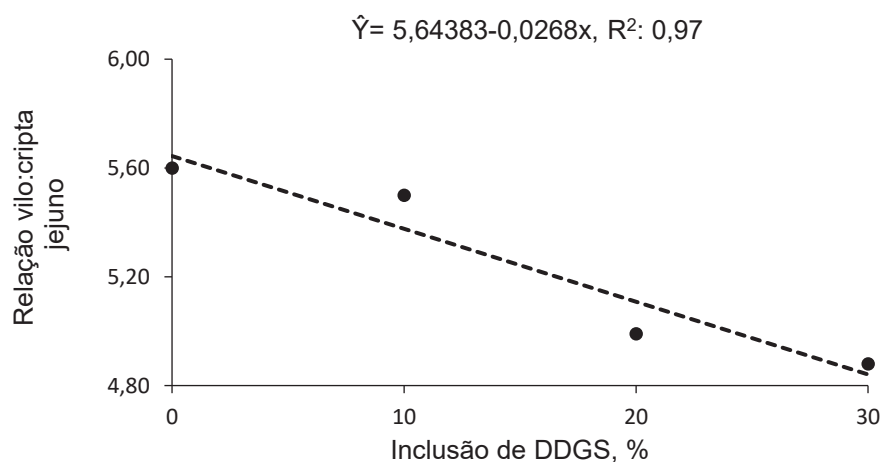


Gráfico 15 - Relação vilo:cripta da mucosa do jejuno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

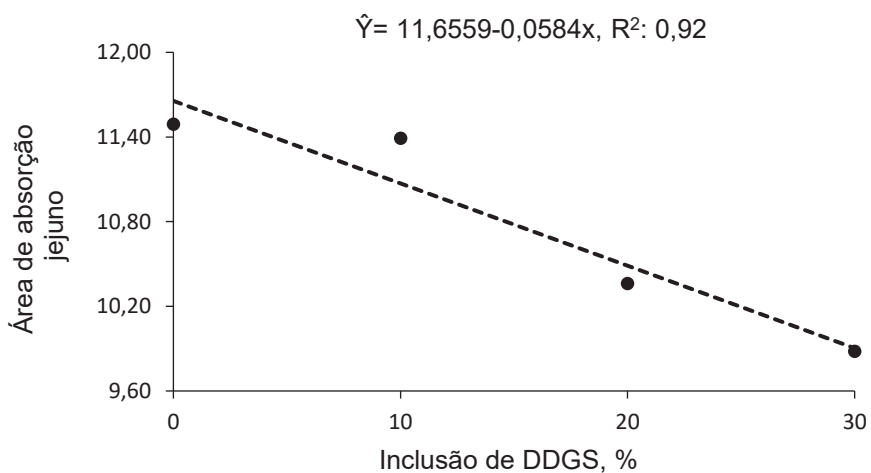


Gráfico 16 - Área de absorção da mucosa do jejuno aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

Não houve interação significativa ($P>0,05$) entre os níveis de DDGS e suplementação de complexo multcarboidrase para a análise de morfometria da mucosa do íleo. A suplementação das dietas com complexo enzimático resultou em menor ($P<0,05$) profundidade de criptas, quando comparado ao grupo que não recebeu a suplementação, independente da adição ou não de DDGS na elaboração da dieta (Tabela 10).

Houve efeito do nível de DDGS sobre o comprimento de vilo, relação vilo:cripta e área de absorção. A inclusão de 30% de DDGS na dieta resultou em menores valores para essas variáveis, quando comparadas aos grupos que receberam 0 ou 10% de DDGS na dieta. A avaliação do comportamento dos níveis de inclusão de DDGS confirmam esse resultado. Houve comportamento linear decrescente em função da adição do subproduto, ou seja, o comprimento do vilo, relação vilo:cripta e área de absorção diminuem conforme aumenta-se a inclusão de DDGS na dieta (Gráfico 17, Gráfico 18 e Gráfico 19).

Tabela 10 - Morfometria da mucosa intestinal do íleo avaliada aos 28 dias de idade dos frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

	Comprimento vilo, μm	Profundidade da cripta, μm	Relação Vilo:cripta	Área de Absorção, μm^2
Íleo				
DDGS				
0	501,83 ^a	129,91	3,91 ^a	7,85 ^a
10	484,18 ^a	135,42	3,59 ^a	7,70 ^a
20	456,87 ^{ab}	126,14	3,64 ^{ab}	7,14 ^{ab}
30	433,81 ^b	132,23	3,30 ^b	6,70 ^b
Enzima				
Com	469,42	127,33 ^b	3,71	7,41
Sem	469,49	134,52 ^a	3,52	7,30
CV%	15,54	9,32	15,67	16,92
DDGS	0,0099	0,0690	0,0049	0,0066
Enzima	0,9965	0,0050	0,1097	0,6912
DDGS x Enzima	0,9056	0,5968	0,4111	0,7112
Regressão	Linear	-	Linear	Linear

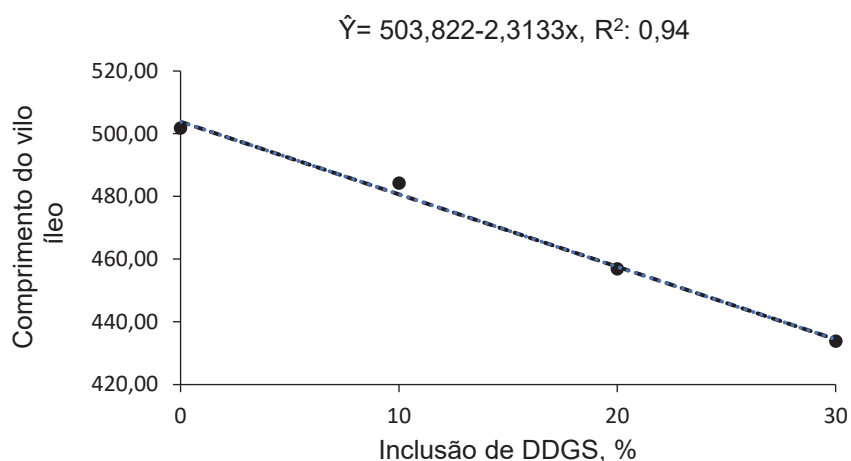


Gráfico 17 - Comprimento do vilão da mucosa do íleo aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

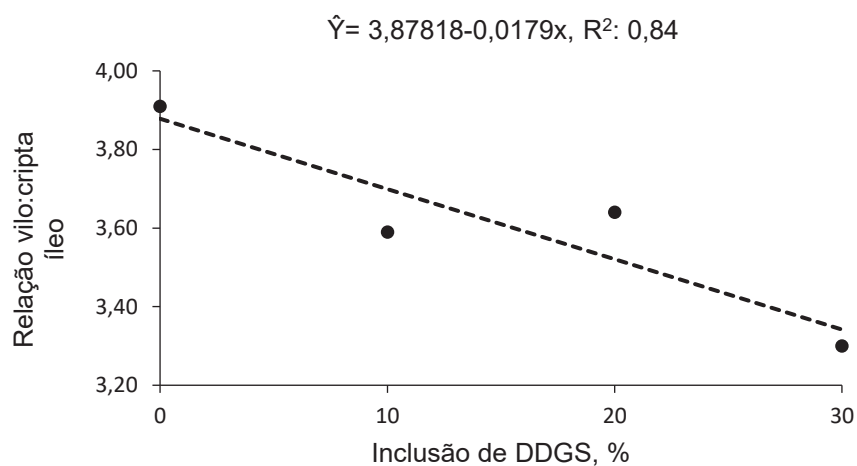


Gráfico 18 - Relação vilão:cripta da mucosa do íleo aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

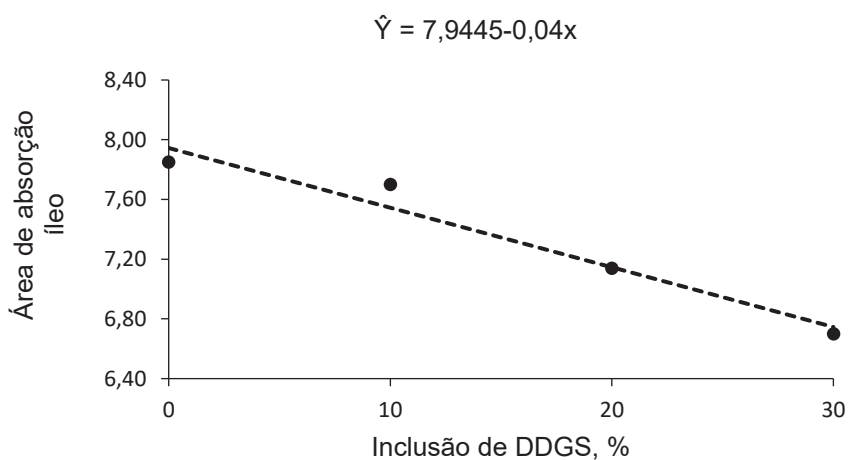


Gráfico 19 - Área de absorção da mucosa do íleo aos 28 dias de frangos de corte suplementados ou não com complexo multcarboidrase em dietas elaboradas com DDGS.

A morfologia da mucosa é um importante indicador do funcionamento do trato gastrointestinal. O comprimento das vilosidades, a profundidade das criptas e a relação vilo:cripta podem ser utilizados para avaliar a eficiência da absorção e a condição de saúde intestinal das aves (SHYER *et al.*, 2013; APPERSON & CHERIAN, 2017).

Nesse estudo, observou-se que a adição de 16,12% de DDGS na dieta aumentou a relação vilo:cripta na mucosa do duodeno, mas não resultou em melhor área de absorção nessa porção do intestino. No entanto, na mucosa do jejuno e íleo constatou-se uma redução linear no comprimento do vilo e na relação vilo:cripta e, consequentemente, redução da área de absorção, em função do aumento da inclusão de DDGS na dieta.

Latorre *et al.* (2017) observaram que dietas formuladas com DDGS resultaram na redução da relação vilo:cripta na mucosa intestinal e atribuíram a maior presença de fibra insolúvel na dieta. O fornecimento de dietas com alto teor de fibras pode resultar na maior viscosidade da digesta, o que danifica as vilosidades intestinais, reduzindo o comprimento e prejudicando a absorção dos nutrientes (RAKOWSKA *et al.*, 1993; MATHLOUTHI *et al.*, 2002).

Montagne *et al.* (2003) relatam que o efeito da fibra alimentar sobre a morfologia intestinal é dependente das características físico-químicas do ingrediente fibroso, do nível de inclusão do produto na dieta, do tempo de ingestão, idade do animal e do segmento intestinal avaliado.

A suplementação enzimática influenciou o comprimento dos vilos na mucosa do duodeno, de modo que, as aves que não receberam a suplementação com complexo multcarboidrase apresentaram maior comprimento de vilo, quando comparados ao grupo que recebeu a suplementação.

Alguns autores mencionam que o aumento no comprimento dos vilos intestinais pode indicar maior capacidade de absorção ou, por outro lado, significar maior taxa de renovação celular, que resulta em gasto de energia e nutrientes para manutenção da funcionalidade intestinal (KLUTH & RODEHUTSCORD, 2009; TEJEDA & KIM, 2021).

Na mucosa do íleo, a suplementação com enzima reduziu a profundidade das criptas, quando comparado ao grupo que não recebeu a suplementação, em dietas com ou sem inclusão de DDGS. Criptas mais profundas indicam uma renovação tecidual mais rápida, em resposta a descamação normal ou inflamações resultantes agente agressores, patógenos ou toxinas (YASON *et al.*, 1987; AWAD *et al.*, 2009).

Dessa forma, pode-se inferir que a adição de complexo enzimático na dieta reduziu os danos causados pela fibra na mucosa do íleo e resultou em criptas menos profundas.

Attia *et al.* (2021) não observaram efeito da suplementação com multcarboidrases sobre os parâmetros histomorfológicos intestinais. Por outro lado, Karimi & Zhandi (2015) relataram melhorias significativas na morfometria intestinal de frangos de corte que receberam dietas suplementadas com β -glucanase e/ou β -mananase.

A adição de complexo multcarboidrase nas dietas não apresentou efeito sobre a área de absorção na mucosa do duodeno, jejuno ou íleo de aves alimentadas com dietas contendo ou não DDGS em sua formulação. Portanto, a melhoria na digestibilidade dos nutrientes (MS, PB e FDA) observada com a suplementação enzimática, pode não estar associada diretamente a um benefício sobre os componentes da mucosa intestinal.

CONCLUSÃO

A adição de complexo multcarboidrase em dietas com níveis de até 10% de DDGS resultou em aumento da EMA e EMAn e da digestibilidade da fibra detergente neutro.

A suplementação enzimática aumentou a concentração de ácido acético no conteúdo cecal, melhorou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente ácido.

A inclusão de DDGS resultou em menor área de absorção da mucosa do jejuno e íleo e, reduziu o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, no entanto, aumentou a digestibilidade da fibra em detergente ácido, em dietas de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

- APPERSON, K. D.; CHERIAN, G. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1228-1234, 2017.
- ATTIA, G. A.; METWALLY, A. E.; BEHEIRY, R. R.; FARAHAT, M. H. Effect of a multcarboidrase supplementation to diets varying in metabolisable energy level on

the performance, carcase traits, caecal microbiota, intestinal morphology, and nutrient digestibility in broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 215-225, 2021.

AWAD, W. A.; GHAREEB, K.; ABDEL-RAHEEM, S.; BÖHM, J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. **Poultry science**, v. 88, n. 1, p. 49-56, 2009.

BAIDOO, S.K.; SHIRES, A.; ROBBLEE, A.R. Effect of kernel density on the apparent and true metabolizable energy value of corn for chickens. *Poult. Sci.*, v.70, p.2102-2107, 1991.

BEDFORD, M. R.; APAJALAHTI, J. Microbial interactions in response to Exogenous enzyme utilization. In: *Enzymes in Farm Animal Nutrition*; BEDFORD, M.R.; PARTRIGE, G. G.; Eds. CAB International: Wallingford, UK, 2001; pp. 299–314.

BIASATO, I.; GASCO, L.; DE MARCO, M.; RENNA, M.; ROTOLO, L.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A. Efeitos da inclusão de larvas de farinha amarela (*Tenebrio molitor*) em dietas para frangos de corte fêmeas: implicações para a saúde animal e histologia intestinal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 253-263, 2017.

CIAS – Central de Inteligência de Aves e Suínos. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

COURTIN, C. M.; BROEKAERT, W. F.; SWENNEN, K.; LESCROART, O.; ONAGBESAN, O.; BUYSE, J.; DELCOUR, J. A. Dietary inclusion of wheat bran arabinoxyloligosaccharides induces beneficial nutritional effects in chickens. **Cereal Chemistry**, v. 85, n. 5, p. 607-613, 2008.

DAMASCENO, J. L.; ROCHA, C. S.; EYNG, C.; BROCH, J.; SAVARIS, V. D.; WACHHOLZ, L.; NUNES, R. V. Corn distillers' dried grains with solubles to feed broiler chickens from 22 to 42 D of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 3, p. 573-583, 2020.

DELMASCHIO, I. Enzimas na alimentação de animais monogástricos - Revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária-UNORP**, v. 2, n. 1, p. 06-20, 2018.

DE VADDER, F.; KOVATCHEVA-DATCHARY, P.; GONCALVES, D.; VINERA, J.; ZITOUN, C.; DUCHAMPT, A.; MITHIEUX, G. Microbiota-generated metabolites promote metabolic benefits via gut-brain neural circuits. **Cell**, v. 156, n. 1-2, p. 84-96, 2014.

EL-HACK, M. E. A.; ALAGAWANY, M.; FARAG, M. R.; DHAMA. Use of maize distiller's dried grains with solubles (DDGS) in laying hen diets: trends and advances. **Asian J. Anim. Vet. Adv**, v. 10, n. 11, p. 690-707, 2015.

ENGBERG, R. M.; HEDEMANN, M. S.; STEENFELDT, S.; JENSEN, B. B. Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. **Poultry science**, v. 83, n. 6, p. 925-938, 2004.

FERREIRA, C. B.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A.; BRITO, J. A. G.; BERTECHINI, A. G.; PINHEIRO, S. R. F. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 249-254, 2015.

GONZÁLEZ-ORTIZ, G.; OLUKOSI, O. A.; JURGENS, G.; APAJALAHTI, J.; BEDFORD, M. R. Short-chain fatty acids and ceca microbiota profiles in broilers and turkeys in response to diets supplemented with phytase at varying concentrations, with or without xylanase. **Poultry Science**, v. 99, n. 4, p. 2068-2077, 2020.

JHA, R.; BERROCOSO, J. D. Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1441-1452, 2015.

KARIMI, K.; ZHANDI, M. The effect of β -mannanase and β -glucanase on small intestine morphology in male broilers fed diets containing various levels of metabolizable energy. **Journal of applied animal research**, v. 43, n. 3, p. 324-329, 2015.

KHERAVII, S. K.; MORGAN, N. K.; SWICK, R. A.; CHOCT, M.; WU, S. B. Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 74, n. 2, p. 301-316, 2018.

KIARIE, E.; ROMERO, L. F.; NYACHOTI, C. M. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. **Nutrition research reviews**, v. 26, n. 1, p. 71-88, 2013.

KIARIE, E.; ROMERO, L. F.; RAVINDRAN, V. Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. **Poultry Science**, v. 93, n. 5, p. 1186-1196, 2014.

KISIELINSKI, K.; WILLIS, S.; PRESCHER, A.; KLOSTERHALFEN, B.; SCHUMPELICK, V. A simple new method to calculate small intestine absorptive surface in the rat. **Clinical and experimental medicine**, v. 2, n. 3, p. 131-135, 2002.

KLUTH, H.; RODEHUTSCORD, M. Effect of inclusion of cellulose in the diet on the inevitable endogenous amino acid losses in the ileum of broiler chicken. **Poultry science**, v. 88, n. 6, p. 1199-1205, 2009.

LATORRE, J. D.; HERNANDEZ-VELASCO, X.; VICENTE, J. L.; WOLFENDEN, R.; HARGIS, B. M.; TELLEZ, G. Effects of the inclusion of a *Bacillus* direct-fed microbial on performance parameters, bone quality, recovered gut microflora, and intestinal morphology in broilers consuming a grower diet containing corn distillers dried grains with solubles. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2728-2735, 2017.

LENTLE, R. G.; JANSSEN, P. W. M. Manipulating digestion with foods designed to change the physical characteristics of digesta. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 2, p. 130-145, 2010.

LIU, K. Chemical composition of distillers grains, a review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 5, p. 1508-1526, 2011.

MACAMBIRA, G. M.; RABELLO, C. B. V.; LOPES, C. C.; SANTOS, M. J. B.; RIBEIRO, A. G.; OLIVEIRA, H. S. H.; SILVA, J. M. S. Carboidrases exógenas e a saúde intestinal

de aves. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e48910716774-e48910716774, 2021.

MASEY-O'NEILL, H. V.; SINGH, M.; COWIESON, A. J. Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility, volatile fatty acid production and digestive tract thermal profiles of broilers fed on wheat-or maize-based diet. **British poultry science**, v. 55, n. 3, p. 351-359, 2014.

MATHLOUTHI, N.; LALLÈS, J. P.; LEPERCQ, P.; JUSTE, C.; LARBIER, M. Xylanase and β -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 2773-2779, 2002.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.**, n. 7, 1965.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal feed science and technology**, v. 108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.

PACK, M.; BEDFORD, M.; WYATT, C. Feed enzymes may improve corn, sorghum diets. *Feedstuffs*, v.70, p.18-19, 1998.

PAHM, A. A.; SCHERER, C. S.; PETTIGREW, J. E.; BAKER, D. H.; PARSONS, C. M.; STEIN, H. H. Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. **Poultry science**, v. 88, n. 3, p. 571-578, 2009.

RAKOWSKA, M.; REK-CIEPLY, B.; SOT, A.; LIPINSKA, E.; KUBINSKI, T.; BARCZ, I.; AFANASJEW, B. The effect of rye, probiotics and nisine on faecal flora and histology of the small intestine of chicks. **J. Anim. Feed Sci**, v. 2, n. 1-2, p. 73-81, 1993.

ROSTAGNO, H. S.; BÜNZEN, S.; SAKOMURA, N. K.; ALBINO, L. F. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 295-304, 2007.

SHYER, A. E.; TALLINEN, T.; NERURKAR, N. L.; WEI, Z.; GIL, E. S.; KAPLAN, D. L.; MAHADEVAN, L. Villification: how the gut gets its villi. **Science**, v. 342, n. 6155, p. 212-218, 2013.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition—towards a physiologically valid approach to their determination. **World's poultry science journal**, v. 52, n. 2, p. 203-221, 1996.

SVIHUS, B.; CHOCT, M.; CLASSEN, H. L. Function and nutritional roles of the avian caeca: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, n. 2, p. 249-264, 2013.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 15, n. 2, p. 253-260, 2006.

SWIATKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A.; JOZEFIAK, Damian. 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**, v. 163, p. 110-119, 2014.

SWIATKIEWICZ, S.; SWIATKIEWICZ, M.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A., & JOZEFIAK, D. Efficacy of feed enzymes in pig and poultry diets containing distillers dried grains with solubles: a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 15-26, 2016.

TAVERNARI, F. C.; CARVALHO, T. A.; ASSIS, A. D.; LIMA, H. J. D. Polissacarídeos não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 673-689, 2008.

TEJEDA, O. J.; KIM, W. K. Role of dietary fiber in poultry nutrition. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 461, 2021.

TENG, P.; KIM, W. K. Roles of prebiotics in intestinal ecosystem of broilers. **Frontiers in Veterinary Science**, p. 245, 2018.

VARGAS, R. C.; GERALDO, A.; ROCHA, T. C.; SILVA, I. M.; TELES, S. P.; NOGUEIRA, F. S.; GONÇALVES, R. A. Multi-enzyme complex in laying hens diet. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 61-69, 2017.

WANDERS, A. J.; VAN DEN BORNE, J. J.; GRAAF, C.; HULSHOF, T.; JONATHAN, M. C.; KRISTENSEN, M.; FESKENS, E. J. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. **Obesity reviews**, v. 12, n. 9, p. 724-739, 2011.

WICKRAMASURIYA, S.; KIM, E.; SHIN, T. K.; CHO, H. M.; KIM, B.; PATTERSON, R.; HEO, J. M. Multicarbohydrase addition into a corn-soybean meal diet containing wheat and wheat by products to improve growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 2, p. 399-409, 2019.

YADAV, S.; JHA, R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2019.

YANG, Y.; IJI, P. A.; CHOCT, M. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, n. 1, p. 97-114, 2009.

YASON, C. V.; SUMMERS, B. A.; SCHAT, K. A. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology. **American journal of veterinary research**, v. 48, n. 6, p. 927-938, 1987.

ZHANG, L.; XU, J.; LEI, L.; JIANG, Y.; GAO, F.; ZHOU, G. H. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility and non-starch polysaccharide degradation in different sections of the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-based diets. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 27, n. 6, p. 855, 2014.