

ARRUDA, E.M.F. Efeito do complexo enzimático no valor energético e nutricional de ...

EMMANUELE MARIA FLORÊNCIO DE ARRUDA

EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO NO VALOR ENERGÉTICO E  
NUTRICIONAL DE DIETAS E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

RECIFE

2014

EMMANUELE MARIA FLORÊNCIO DE ARRUDA

EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO NO VALOR ENERGÉTICO E  
NUTRICIONAL DE DIETAS E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia para  
obtenção do título de *Magister  
Scientiae*, área de nutrição de  
não-ruminantes

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello

RECIFE

2014

Ficha Catalográfica

A778e Arruda, Emmanuele Maria Florêncio de  
Efeito do complexo enzimático no valor nutricional e  
energético de dietas e desempenho de frangos de corte /  
Emmanuele Maria Florêncio de Arruda. -- Recife, 2014.  
86 f.: il.

Orientador (a): Carlos Bôa-Viagem Rabello.  
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia,  
Recife, 2014.  
Referências.

1. Enzimas 2. Digestão 3. Rações 4. Desempenho  
5. Frango de corte I. Rabello, Carlos Bôa-Viagem, orientador  
II. Título

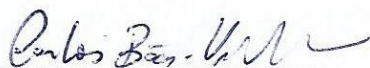
CDD 636

EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO NO VALOR ENERGÉTICO E  
NUTRICIONAL DE DIETAS E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

EMMANUELE MARIA FLORÊNCIO DE ARRUDA

Dissertação defendida e aprovada em 19/02/2014, pela banca examinadora

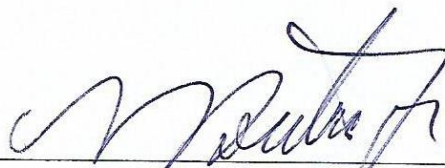
Orientador:



Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello

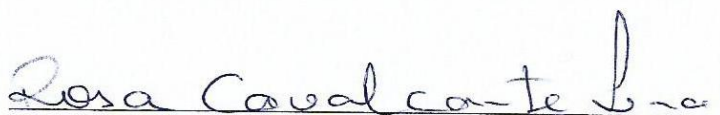
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:



Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior

Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosa Cavalcante Lira

Universidade Federal de Alagoas



Dr. Cláudio José Parro de Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE

2014

## BIOGRAFIA

EMMANUELE MARIA FLORÊNCIO DE ARRUDA nasceu em 11 de setembro de 1987, filha de Gilvanete Florencio Arruda e Emanuel de Aquino Arruda, na cidade de Moreno, Pernambuco. Em agosto de 2006, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, de 2007 a 2011. Realizou *Graduação Sanduíche* na Universidade da Flórida, EUA, de Janeiro a Junho de 2011, através do Programa de intercâmbio CAPES/FIPSE. Recebeu o título de Bacharel em Zootecnia em fevereiro de 2012 e no mês seguinte ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na área de Nutrição de Não Ruminantes, na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Em fevereiro de 2014, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**Dedico,**

*A Deus, meu Senhor, que me acompanha e me guia em cada passo da minha vida, o responsável por todas as minhas vitórias.*

**Ofereço,**

*Aos meus pais, Gilvanete Florencio Arruda e Emanuel de Aquino Arruda, pela educação, pelo esforço para viabilizar minha formação, pela dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida.*

*Bendirei continuamente ao Senhor,  
Seu louvor não deixará meu lábios.  
Glorie-se minha alma no Senhor;  
Ouçam-me os humildes, e se alegrem,  
Glorificai comigo o Senhor,  
Juntos exaltemos o seu nome.*

***Salmo 33, 2-4***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, saúde e sabedoria.

Aos meus pais, Gilvanete e Emanuel, pelo apoio e compreensão.

A minha irmã, Mariana e meu cunhado, Júnior, pelo apoio durante essa trajetória e pelas caronas durante o período do experimento, pouparam muito minhas energias.

A minha família, especialmente minhas tias Gilvaneide, Givanilda e Marília e meus primos Lívia, Giulia e Victor, pela torcida e apoio durante toda minha formação.

Ao meu noivo e futuro marido, Neto, que esteve presente em todas as etapas desse trabalho, por seu amor, força, apoio e paciência. E a sua mãe, Zeneide, pela força e apoio.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade e contribuição na minha formação.

Aos professores responsáveis pelos Laboratórios de Forragicultura, de Química Vegetal, de Química e Fertilidade do Solo e CENAPESQ, pela disponibilidade das instalações.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

A empresa Bioenzima Ltda, pelo financiamento da pesquisa.

Ao meu professor orientador, Carlos Bôa-Viagem Rabello, por todos os ensinamentos, conselhos, confiança e dedicação que muito contribuíram para o resultado desse trabalho e para meu aprendizado.

A todos os professores que contribuíram com minha formação durante essa jornada e aos funcionários da Universidade Federal de Pernambuco.

A minha amiga e companheira de mestrado, Jaqueline Silva, por todo seu apoio, força e companheirismo, juntas fizemos esse mestrado acontecer de fato.

Aos meus amigos de graduação, Sabrina Félix, Jacqueline Leite, Nathália Oliveira, Marina Almeida, Driane Ventura, Janaína Tatiana, Rafael Acioly e Gustavo Vasconcelos, que compartilharam comigo alegrias, conquistas, superando as dificuldades com força e companheirismo, durante 7 anos.



A minha amiga Cláudia Lopes, que acompanhou toda minha trajetória na avicultura, companheira pra todas as horas, por todo seu apoio e ajuda, sou muito grata pelo aprendizado adquirido em sua companhia, em todos os aspectos.

Aos meus amigos, Edney Pereira e Michele Bernardino, que apesar de não estarem presentes nessa etapa, merecem meus agradecimentos, pois estiveram comigo nos meus primeiros passos na pesquisa, com eles aprendi muito, por isso contribuíram indiretamente com esse trabalho.

Ao grupo de Avicultura, Cláudio Parro, Nataly Ribeiro, Waleska Medeiros, Rogério Ventura, Lidiane Custódio, Elayne, Ana Carolina, Izaura Lorena e Luiz Camelo. A Seu Biu e aos agregados do grupo, José Eriberto e Tayara Lima e meus estagiários, Gabriela Becker e Everton Lima, vocês foram fundamentais na execução do experimento e análises.

Enfim, a todos que torceram por mim em qualquer fase da minha vida.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>RESUMO</b> .....                                                                                                                               | 12 |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                                                                                             | 13 |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                                                        | 14 |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                                                                                                             | 15 |
| 2.1 Enzimas.....                                                                                                                                  | 15 |
| 2.2 Importância do uso de enzimas na dieta de aves.....                                                                                           | 17 |
| 2.2.1 Carbohidrases.....                                                                                                                          | 20 |
| 2.2.2 Pectinases.....                                                                                                                             | 23 |
| 2.2.3 Proteases.....                                                                                                                              | 24 |
| 2.2.4 Fitase.....                                                                                                                                 | 25 |
| <b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                                                                                        | 28 |
| <b>EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O APROVEITAMENTO NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL</b> .....        | 32 |
| <b>RESUMO</b> .....                                                                                                                               | 33 |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                                                                                             | 34 |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                                                           | 35 |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                                                                                                   | 36 |
| <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                                                                                                               | 44 |
| <b>CONCLUSÃO</b> .....                                                                                                                            | 49 |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                                                                                           | 60 |
| <b>EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O APROVEITAMENTO NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE DE CRESCIMENTO</b> ..... | 62 |
| <b>RESUMO</b> .....                                                                                                                               | 63 |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                                                                                             | 64 |
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                                                           | 65 |
| <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                                                                                                                   | 66 |
| <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                                                                                                               | 74 |
| <b>CONCLUSÃO</b> .....                                                                                                                            | 84 |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....85

### LISTA DE TABELAS

#### **EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O APROVEITAMENTO NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL**

|           |                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. | Composição do milho, farelo de soja e farelo de trigo utilizados para formulação das dietas experimentais e suas respectivas valorizações.....                                                                                | 38 |
| Tabela 2. | Composição centesimal e nutricional calculados das dietas experimentais do primeiro experimento (1 a 9 dias de idade).....                                                                                                    | 39 |
| Tabela 3. | Composição centesimal e nutricional calculados das dietas experimentais do segundo experimento (11 a 20 dias de idade).....                                                                                                   | 40 |
| Tabela 4. | Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de dietas contendo complexo enzimático determinados em pintos de corte de 1 a 9 dias de idade e de 11 a 20 dias de idade, expressos com base na matéria natural..... | 45 |
| Tabela 5. | Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDMS) e proteína bruta (CDPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD), expressos com base na matéria seca.....                       | 50 |
| Tabela 6. | Aproveitamento do fósforo total em dietas suplementadas com complexo enzimático para pintos de corte.....                                                                                                                     | 53 |
| Tabela 7. | Parâmetros de desempenho zootécnico de pintos de corte de 1 a 9 e 11 a 21 dias de idade, alimentados com rações suplementadas com complexo enzimático.....                                                                    | 55 |

**EFEITO DO COMPLEXO ENZIMÁTICO SOBRE O APROVEITAMENTO  
NUTRICIONAL E ENERGÉTICO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA  
FASE DE CRESCIMENTO**

|           |                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. | Composição do milho, farelo de soja e farelo de trigo utilizados para formulação das dietas experimentais e suas respectivas valorizações.....                                                          | 68 |
| Tabela 2. | Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais na fase de crescimento I (21 a 30 dias de idade).....                                                                   | 69 |
| Tabela 3. | Composição centesimal e nutricional das calculadas das dietas experimentais na fase de crescimento II (31 a 40 dias de idade).....                                                                      | 72 |
| Tabela 4. | Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de dietas contendo complexo enzimático determinados em frangos de corte na fase de crescimento, expressos com base na matéria natural.....     | 75 |
| Tabela 5. | Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDMS) e proteína bruta (CDPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD), expressos com base na matéria seca..... | 79 |
| Tabela 6. | Parâmetros de desempenho zootécnico de frangos de corte na fase de crescimento, alimentados com rações suplementadas com complexo enzimático.....                                                       | 81 |

## RESUMO

ARRUDA, Emmanuele Maria Florêncio de. **Efeito do complexo enzimático no valor energético e nutricional de dietas e desempenho de frangos de corte** 2011. 86p. Dissertação (Mestrado em nutrição de não ruminantes). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

A fim de avaliar o complexo enzimático Bioenzima® (CE) em dietas de frangos de corte foram realizados quatro ensaios de digestibilidade no Laboratório de digestibilidade de não-ruminantes do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As aves foram alojadas em gaiolas metabólicas e distribuídas num delineamento inteiramente casualizados com cinco tratamentos e seis repetições. Em cada parcela foram alojadas 10, 8, 5 e 4 aves, respectivamente às idades de 1 a 10, de 11 a 20 dias (fase inicial) e de 21 a 30 e 31 a 40 dias (fase de crescimento). O primeiro tratamento foi denominado controle e não continha o complexo enzimático (D1), o segundo foi o controle positivo, com inclusão de 150 ppm do complexo enzimático (D2) e os demais foram denominados dietas testes (D3, D4 e D5), pois além do complexo enzimático na concentração de 150 ppm, apresentaram uma valorização na composição química do milho, farelo de soja e farelo de trigo em 2,5; 5,0 e 7,5%, com relação aos valores de energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos limitantes, cálcio e fósforo disponível. O complexo enzimático era composto de amilase,  $\beta$ -glucanase, fitase, protease, pectinase e xilanase. Foram avaliados a energia metabolizável aparente e a aparente corrigida para balanço de nitrogênio, digestibilidade ileal de matéria seca e proteína bruta, retenção de fósforo total das dietas experimentais, bem como parâmetros de desempenho zootécnico das aves. Em ambos os experimentos da fase inicial e no primeiro da fase de crescimento, o complexo enzimático da Bioenzima melhorou a digestibilidade em dietas à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo valorizados em até 2,5%, enquanto que, no período de 31 a 40 dias de idade, o complexo enzimático utilizado melhorou a digestibilidade das dietas experimentais em até 5%, visto que exerceu efeito compensatório sobre a digestibilidade dessas dietas, sem comprometer o desempenho zootécnico.

### ABSTRACT

ARRUDA, Emmanuele Maria Florêncio de. **Effect of enzymatic complex on nutritional and energetics value of diets and performance of broilers** 2011. 86p. Dissertation (Master in non-ruminants). University of Federal Rural of Pernambuco.

In order to analyze the enzymatic Bioenzima® complex (EC) on digestibility of broiler's diets, four trials were conducted in the Animal Science department at University Federal Rural of Pernambuco. The birds were allocated in cages and distributed completely randomized design, five treatments and six replications with 10, 8, 5 and 4 birds/replication, respectively to each trail (1 to 9 days old, 11 to 20 days old – starter phase; and 21 to 30 days old, 31 to 40 days old – grower phase). The first treatment was called control diet without EC (D1), the second one was positive control with 150 ppm EC (D2) and three another treatment was called test diets, besides 150 ppm of EC also had overestimated nutrient composition (metabolizable energy, crude protein, calcium, available phosphorus and essential amino acids) of ingredients corn, soybean meal and wheat meal in 2.5% (D3), 5.0% (D4) and 7.5% (D5). The enzymatic complex had amylase,  $\beta$ -glucanase, phytase, cellulase, protease, pectinase and xylanase. The broiler performance and apparent metabolizable energy, apparent metabolizable energy corrected by nitrogen, ileal digestibility of dry matter and crude protein of diets and phosphorus retention were evaluated. In conclusion, in both experiments of starter phase and until the growing phase 21 to 30 days old, the EC improved the digestibility of broiler's diets based in corn, soybean meal and wheat meal overestimated in 2,5%, although, in the last growing phase (31 to 40 days old), the EC used improved de digestibility of diets until 5%, because showed compensatory effect on diets digestibility and it didn't impair the performance of broiler.

## 1.0. INTRODUÇÃO

A avicultura de corte e de postura brasileira é responsável por produzir alimentos de alto valor nutricional com plena capacidade para abastecer a demanda brasileira, bem como parte da demanda mundial, por meio das exportações. De acordo com a UBABEF (2013), o ano de 2012 foi um dos mais desafiadores para o setor avícola brasileiro, devido a escassez de soja e milho, o qual ocasionou a elevação dos preços desses, que são os principais ingredientes da ração das aves.

Como consequência dessa variação, houve redução de 3,17% na produção de carne de frango em relação ao ano anterior, chegando a 12,645 milhões de toneladas. Entretanto, mesmo com este desempenho, o Brasil conseguiu se manter na posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, seguido dos Estados Unidos e da China. Logo, nota-se como a alimentação exerce considerável impacto sobre a produtividade na avicultura de corte, por representar a maior parte dos custos da produção.

Vale ressaltar que as rações utilizadas na avicultura no Brasil são predominantemente baseadas em milho e farelo de soja que possuem alto valor nutritivo para as aves, contribuindo, efetivamente, com a maioria da energia e proteína disponível na dieta. E, esses mesmos grãos, considerados *commodities*, apresentam preços que variam ao longo do ano, dependentes de safra e condições climáticas e, mais recentemente, o custo destas *commodities* tem sido fortemente impactados pelo aumento da produção de etanol. Desta forma, o custo com a alimentação das aves tem grande influência nos custos da produção avícola e, conseqüentemente, no preço do produto final dessa cadeia.

Logo, medidas para reduzir os impactos nos custos de produção podem significar lucro para o setor, sendo uma dessas medidas a adição de enzimas exógenas na ração das aves. Dessa forma, diversos estudos têm sido realizados avaliando o uso desses aditivos em busca de potencializar a digestibilidade dos principais ingredientes utilizados nas rações avícolas, bem como viabilizar o uso de outros ingredientes (considerados alternativos), que apresentam menor digestibilidade para não ruminantes devido à sua composição.

## **2.0. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Enzimas**

Enzimas são proteínas globulares, de estrutura terciária e quaternária, que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações químicas no organismo, sem serem, elas próprias, alteradas neste processo (CHAMPE; HARVERY, 1989).

As reações catalíticas das enzimas são influenciadas pela presença de cofatores que participam dessas reações, podendo ser íons metálicos ou moléculas orgânicas. Ou ainda, pela concentração da enzima e do substrato, pela presença de inibidores, pela temperatura e pelo pH do meio. Elas possuem um pH ótimo ou uma faixa de pH ideal para que possam desenvolver sua atividade catalítica; sendo assim, valores de pH superiores ou inferiores ao ideal podem suprimir ou desnaturar as mesmas. Por exemplo, a pepsina digestiva do estômago é ativada em pH 2,0, enquanto que outras enzimas, destinadas a funcionarem em pH neutro, são desnaturadas neste pH ácido, devendo ser protegidas ao passar pelo estômago (CAMPESTRINI et.al., 2005).



De acordo com Champe e Harvey (1989) e Lehninger et al. (2006), as enzimas são, portanto, classificadas pelos substratos nos quais irão reagir e por sua especificidade de reação. Assim, quando o substrato são os lipídeos, ela é denominada de lipase, caso o substrato seja o amido, classifica-se como amilase, e assim sucessivamente. Quanto ao seu mecanismo de ação, podem ser oxido-redutases, transferases, liases, isomerases, ligases e por fim hidrolases, que realizam reações de hidrólise, como, por exemplo, a lactase ao hidrolisar a lactose em glicose e galactose, sendo estas as que mais interessam aos nutricionistas, visto que podem representar maior aproveitamento de nutrientes importantes para as aves e que se encontram indisponíveis no interior das estruturas dos ingredientes vegetais utilizados.

Além disso, as enzimas também podem ser denominadas habituais ou constitutivas, para aquelas que as células sempre as sintetizam; indutivas, quando as células só as sintetizam quando estão na presença do substrato da enzima; e isoenzimas que apresentam a mesma função, ou seja, catalisam uma mesma reação, porém apresentam estruturas diferentes.

As enzimas que agem dentro das moléculas, como por exemplo, as endoamilases, hidrolisam ligações glicosídicas ao acaso ao longo das cadeias de amilose, sendo denominadas de endoenzimas; aquelas que agem nas extremidades da molécula, como é o caso da exoamilases, hidrolisam, sucessivamente, ligações glicosídicas a partir da extremidade não redutora das mesmas, e são por sua vez, denominadas de exoenzimas (CHAMPE; HARVEY, 1989; LEHNINGER, et al., 2006).

Já as enzimas do trato digestório, sintetizadas pelos animais, são chamadas de enzimas endógenas, sendo aquelas adicionadas às rações denominadas enzimas exógenas, que podem ser derivadas de fontes microbianas, animais e vegetais, principalmente por fungos do gênero *Aspergillus*, (GIACOMETTI et al., 2003).

## **2.2 Importância do uso de enzimas na dietas de aves**

As grandes cadeias glicídicas presentes nas paredes celulares dos ingredientes utilizados nas rações avícolas são degradadas por uma combinação de exoenzimas e de endoenzimas. Durante a passagem pelo trato digestório, as paredes celulares dos ingredientes vegetais sofrem diferentes e sucessivas hidrólises, ativadas pela mistura do complexo de enzimas. Estas hidrólises liberam nutrientes, antes complexados, tornando-os então, mais acessíveis às enzimas endógenas (amilases, proteases e lipases), deixando tais nutrientes disponíveis para serem utilizados pelos animais, resultando em melhor absorção da energia das gorduras e dos carboidratos, além de uma melhor utilização das proteínas (LESLIE et al., 2007; TOLEDO et. al., 2007).

Outra consideração pertinente sobre o uso de enzimas na ração de frangos de corte é a presença dos polissacarídeos não amiláceos (PNAs) presentes em muitos grãos que formam a base das rações avícolas, sendo considerados fatores antinutricionais e/ou substâncias que não são digeridas pelas enzimas digestivas, e que, mesmo não sendo tóxicos para os animais, sua presença nos alimentos causa redução no crescimento, piora na conversão alimentar e até alterações hormonais, devido ao aumento da viscosidade do conteúdo no trato gastrointestinal, comprometendo a ação das enzimas endógenas e

absorção dos nutrientes, bem como aumentam o tempo de retenção da digesta, favorecendo a proliferação de bactérias no trato digestório (MENG; SLOMINSKI, 2005; SOUZA, 2005; SLOMINSKI, 2011).

Dependendo da solubilidade dos seus constituintes, os PNAs são classificados em solúveis e insolúveis, estes últimos são as celuloses, as ligninas e algumas hemiceluloses, já os solúveis são compostos por pectinas, gomas e principalmente pela hemicelulose. A hemicelulose, por sua vez, é constituída por arabinosilanos,  $\beta$ -Glucanos, D-xilanos, D-mananos e xiloglucanos, entre outros (TAVERNARI et al., 2008).

Segundo Kocher et al. (2002), avaliando o uso de enzimas sobre a digestibilidade do farelo de soja relatou que a quantidade de PNA's, especialmente os insolúveis pode variar amplamente dependendo da variedade da soja e das etapas de processamento aplicados durante a extração do óleo. Em particular, o grau de remoção da casca influenciará fortemente essa quantidade. Os autores observaram que a estrutura principal de polissacarídeo no farelo de soja foi a ramnogalacturonana (polissacarídeo pectino), ou seja, arabinanas e galactose, assim como arabinogalactana tipo I e uma alta cadeia neutra de arabinanas. Nesse mesmo estudo, os autores comentam que a adição de enzimas em dietas a base de farelo de soja alteraram significativamente a concentração de PNA's neutros no trato digestivo de frangos. Entretanto, Marsman et al. (1997) mostrou que componentes de PNA's solúveis ainda se mantêm presente na soja após extrusão.

Neste sentido, Classen (1996) afirmou que as enzimas exógenas são adicionadas à ração dos animais com diversos objetivos, como a remoção ou hidrólise de fatores

antinutricionais, aumento da digestibilidade de nutrientes, suplementação das enzimas endógenas e, também, hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs).

Para Bertechini (2006) e Campestrini et.al. (2005), o uso de enzimas específicas, adicionadas à ração permite a melhoria do aproveitamento da energia contida nos ingredientes, além da diminuição da eliminação de substâncias poluentes como o nitrogênio e o fósforo.

Além disso, o fato das enzimas serem específicas em suas reações determina que os produtos compostos de uma enzima apenas sejam insuficientes para produzir o máximo benefício, sugerindo que misturas de enzimas sejam mais efetivas no aproveitamento dos nutrientes das dietas. Em virtude disso, vários estudos vêm sendo realizados com a adição de enzimas exógenas, particularmente na forma de complexo multienzimático (TEJEDOR et.al., 2001).

Nesse contexto, Dourado (2008) afirma que enzimas exógenas podem ser incorporadas nas formulações das rações dos animais de duas formas: de modo a suplementar as dietas com formulação padrão, sem alterar os níveis nutricionais, com intuito de melhorar o desempenho, chamada de ração “on top”, ou quando se altera a formulação da ração, com redução dos nutrientes, adicionando-se as enzimas exógenas para restaurar o valor nutricional da dieta padrão, visando o mesmo desempenho de uma dieta com níveis nutricionais não alterados, porém de forma mais econômica.

### 2.2.1 Carboidrases

As carboidrases compreendem as amilases,  $\beta$ -glucanases, arabinoxilanas, celulases e hemicelulases, cujos substratos são o amido,  $\beta$ -glucanos, arabinoxilanos, celulose e hemicelulose, respectivamente. Este grupo de enzimas é responsável pela hidrólise desses carboidratos, tendo como finalidade melhorar o aproveitamento da energia dos ingredientes nas rações avícolas (FORTES, 2010).

Dentre as principais carboidrases adicionadas às rações de aves está a xilanase, que é uma glicosidade responsável, principalmente, pela hidrólise das ligações  $\beta$ -1,4 presentes na xilana vegetal (componentes da hemicelulose). A endoxilanase é uma enzima que atua sobre as pentosanas presentes nos cereais, degradando-as em açúcares de maior disponibilidade aos animais (BELLAYER, 2005).

Coughlan e Hazlewood (1993) ressaltam que as hemiceluloses são constituídas de vários polímeros (principalmente xilana), formados por diferentes resíduos de açúcares, cuja degradação completa necessita da ação cooperativa de um consórcio de enzimas microbiais específicas, podendo incluir nesse contexto a degradação de arabinoxilanas, o mais importante polissacarídeo não amiláceo (PNA) presente no trigo.

A  $\beta$ -Glucanase, por exemplo, é uma enzima que atua sobre o polissacarídeo  $\beta$ -glucana presente nos grãos de cereais, liberando maior quantidade de açúcares disponíveis (BELLAYER, 2005), sendo a  $\beta$ -1,3 glucanase (1,3- $\beta$ -D-glucana glucanohidrolase), catalisadora da reação de hidrólise das ligações  $\beta$ -Dglicosídicas da  $\beta$ -1,3 glucana (FLEURI; SATO, 2005).

Choct (2006) também reforça a necessidade da aplicação de mais de uma enzima ao afirmar que a celulose é uma cadeia composta de 1-4  $\beta$ -glucanos e requer uma combinação de celobiohidrolase, endoglucanase e  $\beta$ -glucosidase para que ocorra a completa quebra em glicose. Outros exemplos são os (1-3), (1-4)-  $\beta$ - glucanos, presentes na cevada e aveia, que podem ser rapidamente quebrados em glicose com a combinação de endoglucanase e  $\beta$ -glucosidase.

Estudo realizado por Meng et al. (2005) indicou que a preparação de carboidrases foi efetiva na degradação *in vitro* da parede celular dos polissacarídeos do trigo, farelo de soja e farelo de canola em cerca de 11 a 30%, bem como proporcionou efeitos positivos sobre o desempenho e utilização de nutrientes *in vivo*. Os efeitos benéficos observados nos frangos de corte podem ser resultados da eliminação do efeito de encapsulamento dos nutrientes da parede celular e da redução da viscosidade intestinal. Os mesmos autores sugerem que a aplicação apropriada da combinação de carboidrases sobre as diversas estruturas da parede dos polissacarídeos poderia, posteriormente, melhorar a eficácia das enzimas existentes em dietas baseadas em trigo, farelo de soja e farelo de canola.

Wang et al. (2005) encontraram melhoras no coeficiente de digestibilidade aparente de proteína bruta em aproximadamente 3% em dietas a base de trigo. Afirmou, também, que enzimas exógenas como xilanase e  $\beta$ -glucanase podem melhorar o desempenho de frangos de corte alimentados com esse tipo de dieta, especialmente na fase de crescimento, sendo a dosagem ótima encontrada nesse estudo a de 200ppm.

Juanpere et al. (2005) relataram que a  $\beta$ -glucanase melhorou tanto a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), quanto a digestibilidade da matéria seca, amido,  $\beta$ -glucanos e lipídeos em dietas à base de cevada, enquanto a xilanase, em dietas à base de trigo, melhorou a digestibilidade do amido e da matéria seca.

Dietas à base de sorgo e farelo de soja com níveis reduzidos de EMAn, proteína bruta, aminoácidos, fósforo disponível e cálcio em até 120 kcal/kg, 1,5%; 1,5%; 0,153% e 0,12%, , quando suplementadas com carboidrases e fitase, proporcionaram um desempenho de frangos de corte semelhante ao da dieta com níveis nutricionais adequados e sem suplementação, de acordo com estudo de Avila et al. (2012).

A suplementação de dieta baseada em milho e farelo de soja com  $\alpha$ -galactosidase não promoveu melhora no desempenho de frangos de corte da linhagem Peterson  $\times$  Arbor Acres, não diferindo da dieta sem enzima. No entanto, essa suplementação reduziu a conversão alimentar e a mortalidade, especialmente durante períodos com condições de temperaturas altas em frangos da linhagem Ross (KIDD et al., 2001).

Estudo realizado por Adeola et. al. (2010) comprova os efeitos positivos do uso dessas carboidrases ao testarem a utilização de xilanase e amilase em rações para frangos de corte em crescimento, no qual obtiveram aumento de 12% na digestibilidade ileal da energia, de 5,7% na energia metabolizável e de 6,2% na EMAn do glúten de milho.

Mais recentemente, Nian et al. (2011) relataram que a adição de xilanase em dietas à base de trigo reduziu significativamente a produção de calor, levando a uma melhor energia líquida e melhor conversão alimentar para frangos de corte.

Esses relatos demonstraram que é possível se obter diferentes respostas à suplementação enzimática, o que requer a realização de estudos que permitam mais acurácia nos resultados, embora já esteja consolidado o fato de que as enzimas exercem efeitos benéficos sobre a digestibilidade das dietas e desempenho das aves.

### **2.2.2 Pectinases**

As pectinases correspondem a um grupo de enzimas muito utilizado na nutrição animal, no qual seu uso se faz com o principal intuito de reduzir os efeitos antinutritivos de leguminosas e a formação de gel na luz intestinal das aves, que eleva a viscosidade do bolo alimentar, encontrado no farelo de soja, que é composto de 29,02% PNAs, sendo 4,21% de pentosanas e 6,16% de pectinas (MALATHI; DEVEGOWDA, 2001).

Tahir et. al. (2008), ao suplementar dietas com baixos teores de proteína bruta (19 e 21%) e combinações de diferentes enzimas (hemicelulase, pectinase e celulase) observaram aumento de até 7% da digestibilidade da proteína bruta e de 3% da digestibilidade da matéria seca, além de melhores resultados de ganho de peso (até 11%) em frangos de corte, comparado com aquelas ausentes de complexo enzimático, o que indica a ação efetiva desses complexos na degradação de constituintes celulares, indigestíveis pelas aves, e no benefício da digestibilidade da proteína da ração.



### **2.2.3 Proteases**

As proteases são enzimas que apresentam grande potencial para melhorar o valor nutricional da soja, pois são efetivas em degradar os inibidores da tripsina e lectinas presentes na soja mal processada (RODRIGUES et al., 2003), bem como pela contribuição as enzimas endógenas das aves, complementando seu efeito (FLEURI; SATO, 2005; LIMA et.al., 2007).

Angel et. al. (2011), ao suplementar dietas de frango de corte, baseadas em milho e farelo de soja, com proteases na concentração de 200 mg/kg, obtiveram melhor digestibilidade de aminoácidos, superando os efeitos negativos no ganho de peso e conversão alimentar das aves submetidas às dietas com níveis mais baixos de proteína bruta. O que significa uma economia no uso de aminoácidos industriais na formulação da ração, minimizando seu custo.

De acordo com Marsman et al. (1997), testando dois tipos de processamento do farelo de soja, associado à inclusão de enzimas (carboidrases e proteases), encontraram aumento significativo, nos tratamentos que continham enzimas, para digestibilidade ileal aparente de proteína bruta (cerca de 2%) e PNA's (cerca de 6%). Porém, essa melhora não se refletiu no desempenho dos frangos, cujos dados não apresentaram diferenças significativas.

#### **2.2.4 Fitase**

A fitase (mio-inositol-hexaquifosfato fosfohidrolase) é uma enzima que catalisa a liberação do fosfato de fitato (mio-inositol hexaquifosfato), que é a principal forma de fósforo presente em grãos de cereais, legumes e sementes oleaginosas. A suplementação da ração animal com fitase permite a assimilação do fosfato nos ingredientes da ração e diminui a presença deste nas fezes e subsequente contaminação do ambiente, além da lixiviação do fósforo a partir de excretas de aves para a água de superfície e lençóis freáticos, que acarreta um grave problema de poluição ambiental, que por sua vez pode ser minimizado com o uso de uma enzima fitase exógena.

De acordo com Costa et al. (2007), há a preocupação com o fósforo dos ingredientes vegetais, que, por estarem ligados ao ácido fítico na forma de fitato, é pouco disponível para os animais monogástricos, pois estes não dispõem de quantidades suficientes da enzima fitase para aproveitá-lo, estando apenas um terço do fósforo total destes alimentos disponível para aves.

Segundo Cowieson e Ravindran (2007), o fluxo de nitrogênio e aminoácidos endógenos é acentuadamente elevado com a ingestão de ácido fítico; no entanto, a presença de fitase é por sua vez efetiva na redução desses efeitos adversos. Woyengo et al. (2010) comentam que suplementação com fitase melhorou os valores de EMAn de dietas deficientes em 0,2% de fósforo e cálcio, no qual pode ter sido devido ao aumento do rendimento-energético provindo da digestibilidade dos nutrientes, tais como gordura, proteínas e carboidratos.

Cowieson e Bedford (2009) reforçaram a ação sinérgica entre as enzimas quando relataram os efeitos do uso da xilanase e fitase, que por sua vez se dá pela redução da integridade estrutural dos carboidratos importantes realizada pela xilanase, seguida da ação da fitase que melhora a solubilidade do conteúdo celular e/ou facilitando a destruição do fitato associado à fibra.

Ao estudar o uso da adição do complexo enzimático que continha amilase, pectinase,  $\beta$ -glucanase, pentosanase, celulase, protease e fitase, em rações formuladas com sorgo, Leite et. al. (2011) relataram melhoria na conversão alimentar e na digestibilidade dos nutrientes somente na fase inicial de criação dos frangos. Entretanto, nas dietas baseadas em milho, o uso desse complexo enzimático não proporcionou aumento no desempenho dos frangos.

Entretanto, a secreção de enzimas pancreáticas é influenciada pela concentração de enzimas no lúmen intestinal, pelo substrato e pelos produtos da hidrólise do substrato. E, dessa forma, a suplementação de enzimas exógenas teria um efeito poupador de energia e aminoácidos para o organismo, que podem ser utilizados para aumento da produção (LIMA et.al., 2007).

Olukosi et al. (2007) concluíram que a adição de fitase combinada com xilanase, amilase e protease melhorou o desempenho de frangos alimentados com dietas baseadas em milho e farelo de soja, com níveis decrescentes de energia metabolizável e fósforo. A suplementação isolada com fitase foi capaz de melhorar o ganho de peso, entretanto, xilanase, protease e amilase sem a fitase não proporcionaram o mesmo efeito benéfico.

Pelo exposto, as enzimas oferecem uma possibilidade de redução dos efeitos de fatores antinutricionais presentes em quase todos os alimentos usados atualmente. O desenvolvimento de tecnologias contribuirá com o desenvolvimento científico de enzimas específicas para a solução de problemas nutricionais de alguns alimentos.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O; JENDZA, J.A.; SOUTHERN, L.L. et al. Contribution of exogenous dietary carbohydrases to the metabolizable energy value of corn distillers grains for broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, p.1947–1954, 2010.
- ANGEL, C. R.; SAYLOR, W.; VIEIRA, S. L. et al. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. **Poultry Science**, v.90, p.2281–2286, 2011.
- AVILA, E.; ARCE, J.; SOTO, C. et al. Evaluation of an enzyme complex containing nonstarch polysaccharide enzymes and phytase on the performance of broilers fed a sorghum and soybean meal diet. **Journal Applied Poultry Research**, v. 21, p.279–286, 2012.
- BELLAVER, C. Utilização de melhoradores de desempenho na produção de suínos e de aves. Associação brasileira de Zootecnia. **In: Congresso internacional de Zootecnia**. Embrapa Pantanal, p.1-29, 2005.
- BERTECHINI, A.B. **Nutrição de monogástrico**. Editora UFLA, Lavras, p. 223-224, 2006.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M.; APPELT, M.D. Utilização de enzima na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 27, v.2, p.259-272, 2005.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.. **Bioquímica Ilustrada**. Editora Artes Médicas, Porto Alegre, p.126-131, 1989.
- CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 5-16, 2006.
- CLASSEN, H. Enzymes in action. **Feed Mix**, v.4, p.22-29, 1996.
- COSTA, F.G.P.; BRANDÃO, P.A.; BRANDÃO, J.S. et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, p. 865-870, 2007.
- COUGHLAN, M.P.; HAZLEWOOD, G.P. Beta-1,4-D-xylan-degrading enzyme systems: biochemistry, molecular biology and applications. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v.17, p.259-289, 1993.
- COWIESON, A.J.; BEDFORD, M.R. The effect of phytase and carbohydrase on ileal amino acid digestibility in monogastric diets: complimentary mode of action? **World's Poultry Science Journal**, v. 65, p. 609-624, 2009.

- ARRUDA, E.M.F. Efeito do complexo enzimático no valor energético e nutricional de ...
- COWIESON, A. J.; HRUBY, M.; PIERSON, E. E. M. Evolving enzyme technology: impact on commercial poultry nutrition. **Nutrition Research Reviews**, v.19, p. 90–103, 2006.
- COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at the terminal ileum of growing broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 98, p. 745–752, 2007.
- DOURADO, L.R.B. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. **PhD Dissertação**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 65 p., 2008.
- FLEURI, L.F.; SATO, H.H. Produção, purificação, clonagem e aplicação de enzimas líticas. **Química Nova**, v. 28, p. 871-879, 2005.
- FORTES, B.D.A. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de enzima em rações de frangos de corte. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Goiás. Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 49p, 2010.
- GIACOMETTI, R.A.; TEIXEIRA, A.S.; RODRIGUES, P.B. et al. Valores energéticos do farelo de arroz integral suplementado com complexos enzimáticos para frangos de corte. **Ciência e agrotecnologia**. v.27, p. 703-707, 2003.
- JUANPERE, J.; PÉREZ-VENDRELL, A. M.; ANGULO, E. et al. Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. **Poultry Science**, v. 84, p.571–580, 2005.
- KIDD, M. T.; MORGAN, JR., G. W.; PRICE, C. J. et al. Enzyme supplementation to corn And soybean meal diets for broilers. **Journal Applied Poultry Research**, v. 10, p. 65–70, 2001.
- KOCHER, A.; CHOCT, M.; PORTER, M.D. et al. Effects of feed enzymes on nutritive value of soybean meal fed to broilers. **British Poultry Science**, v.43, p. 54–63, 2002.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo, Sarvier, 1034 p., 2006.
- LEITE, P. R. S. C; LEANDRO, N. S. M.; STRINGHINI, J. H. et al. Desempenho de frangos de corte e digestibilidade de rações com sorgo ou milho e complexo enzimático. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.280-286, 2011.
- LESLIE, M. A.; MORAN JR., E. T.; BEDFORD, M. R. The Effect of Phytase and Glucanase on the Ileal Digestible Energy of Corn and Soybean Meal Fed to Broilers. **Poultry Science**, v. 86, p. 2350–2357, 2007.

- ARRUDA, E.M.F. Efeito do complexo enzimático no valor energético e nutricional de ...
- LIMA, R. de L.; SILVA, J. H. V.; ARAUJO, J. A.; et al. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.1, p. 99-110, 2007.
- MALATHI, V.; DEVEGOWDA, V. In vitro evaluation of non starch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. **Poultry Science**, v. 80, p. 302-305, 2001.
- MARSMAN, G.J.P.; GRUPPEN, H.; VAN DER POEL, A.F.B. et al. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 76, p. 864–872, 1997.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B.A. Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydase preparation of cell wall degrading enzymes. **Poultry Science**, v. 84, p.1242-1251, 2005.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M. et al. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, v.84, p.37–47, 2005.
- NIAN, F.; GUO, Y. M.; RU, Y. J. et al. Effect of exogenous xylanase supplementation on the performance, net energy and gut microflora of broiler chickens fed wheat-based diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.24, p. 400-406, 2011.
- OLUKOSI, O. A.; COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. **Poultry Science**, v. 86, p .77–86, 2007.
- RODRIGUES, P.B; ROSTAGNO, H.S. ; ALBINO, L.F.T. et al. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.171-182, 2003.
- SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v.90, p. 2013–2023, 2011.
- TAHIR, M; SALEH, F; OHTSUKA, A; HAYASHI, K. An effective combination of carbohydrases that enables reduction of dietary protein in broilers: importance of hemicellulose. **Poultry Science**, v. 87, p.713–718, 2008.
- TAVERNARI, F.C.; CARVALHO, T.A.; ASSIS, A.P. et al. Polissacarídeo não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5. n.5, p.673-689. 2008. Disponível em:

ARRUDA, E.M.F. Efeito do complexo enzimático no valor energético e nutricional de ...

[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/068V5N5P673\\_689\\_SET2008.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/068V5N5P673_689_SET2008.pdf). Acessado em 10 de agosto de 2012.

TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito da adição de enzimas em dietas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja sobre a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 809-816, 2001.

TOLEDO, G.S.P; COSTA, P.T.C.; SILVA, J.H. et al. Frangos de corte alimentados com dietas de diferentes densidades nutricionais suplementadas ou não com enzimas. **Ciência Rural**, v.37, p.518-523, 2007.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA (UBABEF). Relatório anual 2013. 2013, 57p.

WANG, Z. R.; QIAO, S. Y.; LU, W. Q. et al. Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 84, p. 875–881, 2005.

WOYENGO, T. A.; SLOMINSKI, B. A.; JONES R. O. Growth performance and nutrient utilization of broiler chickens fed diets supplemented with phytase alone or in combination with citric acid and multicarbohydase. **Poultry Science**, v. 89, p. 2221–2229, 2010.



*Efeito do complexo enzimático sobre o aproveitamento nutricional e energético de dietas  
para frangos de corte na fase inicial*

\*Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

**Efeito do complexo enzimático sobre o aproveitamento nutricional e energético de dietas para frangos de corte na fase inicial**

**RESUMO:** A fim de avaliar o complexo enzimático Bioenzima® (CE) em dietas de frangos de corte foram realizados dois experimentos, nos quais foram utilizados um total 540 pintos de corte Cobb 500, distribuídas num delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 6 repetições. O primeiro tratamento foi denominado controle e não continha o complexo enzimático (D1), o segundo tratamento foi o controle positivo, com inclusão do complexo enzimático na concentração de 150 ppm (D2) e os demais foram denominados dietas testes, pois além do complexo enzimático (150 ppm), apresentaram uma valorização na composição química do milho, farelo de soja e farelo de trigo em 2,5; 5,0 e 7,5% (D3, D4 e D5, respectivamente), sendo a valorização realizada nos valores de energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos limitantes, cálcio e fósforo disponível desses ingredientes. O complexo enzimático era composto de amilase,  $\beta$ -glucanase, fitase, protease, pectinase e xilanase. No primeiro experimento houve efeito significativo do complexo enzimático em todos os parâmetros energéticos, exceto para o coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta. Para os resultados de digestibilidade ileal observou-se que o CE melhorou a digestibilidade ileal da matéria seca e da proteína bruta da dieta 3, em ambos os experimentos, pois não diferiu estatisticamente do controle. A inclusão do CE não proporcionou maior retenção de fósforo no primeiro experimento, mas no segundo, a presença das enzimas proporcionou menor excreção de fósforo, conseqüentemente maior retenção deste. Para os parâmetros de desempenho as dietas com até 5% de valorização e CE, em ambas as fases apresentaram valores semelhantes, com destaque para as aves alimentadas com a dieta 3 que numericamente apresentaram os valores superiores. Assim, conclui-se que a adição de complexo enzimático proporcionou um efeito compensatório sobre a digestibilidade de dietas contendo ingredientes com composição valorizada em até 2,5% sem comprometer o desempenho de frangos de corte.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade, energia, enzimas, ingredientes

### **Use of enzymatic complex on nutrients utilization of starter broilers' diets**

**ABSTRACT:** In order to analyze the enzymatic Bioenzima® complex (EC) on digestibility of broiler's diets, two trials were conducted, 540 male broilers Cobb 500 were allocated in cages and distributed completely randomized design, five treatments and six replications. The first treatment was called control diet without EC (D1), the second one was positive control with 150 ppm EC (D2) and three another treatment was called test diets, besides 150 ppm of EC also had overestimated nutrient composition (metabolizable energy, crude protein, calcium, available phosphorus and essential amino acids) of ingredients corn, soybean meal and wheat meal in 2.5% (D3), 5.0% (D4) and 7.5% (D5). The enzymatic complex had amylase,  $\beta$ -glucanase, phytase, cellulase, protease, pectinase and xylanase. In the first trail, there was significant effect according to all energy parameters, except to coefficient of apparent metabolizability of crude energy. According to results of ileal digestibility, the apparent ileal digestibility coefficients of dry matter and crude protein of D3 were improved by EC, because the D1 and D3 coefficients values no differ each other's, in both trails. The EC did not allow increase the phosphorus retention in the first trail, however, in the second one, the EC increased the phosphorus retention. In both trails, the EC improved the performance of broilers fed diets that had grains overestimated until 5%, mainly the D3, which showed the highest values. Thus, the EC improved digestibility of broiler's diets based in corn, soybean meal and wheat meal overestimated in 2,5%, because showed compensatory effect on diets digestibility and it didn't impair the performance of stater broilers.

**Keywords:** performance, digestibility, energy, enzymes, ingredients

## INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm sido realizados a fim de avaliar o uso de enzimas exógenas em busca de potencializar a digestibilidade dos principais ingredientes utilizados nas rações avícolas como o milho e a soja, e assim, melhorar o valor nutricional das dietas que representam a maior parte dos custos da produção.

De acordo com Adeola e Cowieson (2011), os efeitos das enzimas sobre a digestão dos alimentos podem ser avaliados de diversas formas, entre elas, por meio de respostas no crescimento do animal, utilização de nutriente, avaliação da composição plasmática e qualidade de carcaça. Entretanto, é sabido que a idade e sanidade do animal, a fonte da enzima, a variedade do ingrediente e o local onde foi armazenado, bem como as interações com os outros ingredientes da dieta apresentam um efeito significativo sobre a resposta do animal à suplementação de enzimas (BEDFORD; SCHULZE, 1998).

Sendo assim, além de considerar essas variáveis que interferem na atividade enzimática e o sistema no qual elas atuam, é importante salientar que a suplementação de dietas com enzimas também pode representar uma estratégia nutricional efetiva para reduzir a carga microbiana patógena no interior do trato gastrointestinal, uma vez que elas realizam hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos utilizados por esses microorganismos, minimizando, assim, a capacidade de colonização desses no intestino. Outro aspecto importante é a redução da poluição ambiental no sistema de produção de aves, devido ao aumento na taxa de absorção de nutrientes como fósforo e nitrogênio, em resposta a

diminuição dos fatores antinutricionais presentes na dieta (COWIESON, 2005; ROMERO et al., 2013).

Apesar das vantagens da utilização de enzimas já mencionadas, o uso dessas em dietas à base de milho e soja ainda é contestável, devido à baixa concentração de polissacarídeos não amiláceos (PNA's) nesses grãos. Entretanto, o uso desse tipo de aditivo é relevante, visto que algumas enzimas não são secretadas pelas aves, mesmo na presença de substratos, como é o caso da celulase, xilanase, pentosanase, fitase, entre outras (PENZ JR., 1998). Assim, diante da limitação da secreção de enzimas endógenas, o aumento da atividade enzimática durante a digestão oferece oportunidade de digestão de compostos antes não disponíveis para absorção, o que pode representar maior aproveitamento dessas matérias-primas amplamente utilizadas na indústria avícola.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a digestibilidade de nutrientes e desempenho de pintos de corte na fase inicial (1 a 9 dias de idade e de 11 a 21 dias de idade) alimentados com dietas contendo complexo enzimático.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foi utilizado um total de 540 pintos de corte machos da linhagem Cobb 500. Para o primeiro experimento (1 a 9 dias de idade), 300 pintos foram selecionados pelo peso e alojados em gaiolas metabólicas com dimensões de 1,00x0,50x0,50m, dotadas de comedouro tipo calha, bebedouro tipo copo e bandejas coletoras de excretas durante o

período experimental. Os demais 240 foram alojados em boxes com piso revestido de cama de maravalha, dotados de comedouro semiautomático e bebedouro pendular até alcançarem 11 dias de idade, quando foram selecionados pelo peso e alojados nas gaiolas metabólicas, onde permaneceram até os 20 dias de idade, compreendendo o segundo experimento (11 a 20 dias de idade).

Em ambos os experimentos, todas as aves foram distribuídas utilizando um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições, contendo 10 e 8 aves por parcela, respectivamente aos dois experimentos.

O primeiro tratamento foi denominado controle, à base de milho e farelo de soja sem complexo enzimático (dieta 1-D1), o segundo foi o controle positivo à base de milho e farelo de soja + 150 ppm complexo enzimático (dieta 2-D2) e os demais foram denominados dietas testes, que além do complexo enzimático (150ppm), também eram baseadas em milho, farelo de soja e farelo de trigo valorizados em sua composição química em 2,5 (dieta 3-D3), 5,0 (dieta 4-D4) e 7,5% (dieta 5-D5), com relação aos valores de energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos limitantes, cálcio e fósforo disponível, conforme apresentado na Tabela 1.

As dietas experimentais foram formuladas com base na composição nutricional calculada e descrita na Tabela 1, para os respectivos ingredientes e nutrientes, bem como, segundo a Tabela de composição de alimentos e exigências nutricionais proposta por ROSTAGNO et al. (2011), para os demais ingredientes e nutrientes que compuseram as rações (Tabela 2 e 3), sendo formuladas de acordo com as exigências nutricionais das aves para cada fase de crescimento.

Tabela 1. Composição do milho, farelo de soja e farelo de trigo utilizados para formulação das dietas experimentais e suas respectivas valorizações.

|                                   | Milho |      |      |      | Farelo de soja |       |       |       |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|----------------|-------|-------|-------|
|                                   | 0%*   | 2,5% | 5,0% | 7,5% | 0*             | 2,5%  | 5,0%  | 7,5%  |
| EM, kcal/kg                       | 3381  | 3466 | 3550 | 3635 | 2254           | 2310  | 2367  | 2423  |
| Proteína bruta, %                 | 7,88  | 8,08 | 8,27 | 8,47 | 45,22          | 46,35 | 47,48 | 48,61 |
| Cálcio, %                         | 0,03  | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,24           | 0,25  | 0,25  | 0,26  |
| Fósforo disponível, %             | 0,06  | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,22           | 0,23  | 0,23  | 0,24  |
| Metionina, % <sup>1</sup>         | 0,15  | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,55           | 0,56  | 0,58  | 0,59  |
| Metionina+Cistina, % <sup>1</sup> | 0,29  | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 1,13           | 1,16  | 1,19  | 1,21  |
| Lisina, % <sup>1</sup>            | 0,19  | 0,19 | 0,20 | 0,20 | 2,57           | 2,63  | 2,70  | 2,76  |
| Treonina, % <sup>1</sup>          | 0,27  | 0,28 | 0,28 | 0,29 | 1,57           | 1,61  | 1,65  | 1,69  |
| Triptofano, % <sup>1</sup>        | 0,05  | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,58           | 0,59  | 0,61  | 0,62  |

|                                   | Farelo de trigo |       |       |       |
|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|                                   | 0%*             | 2,5%  | 5,0%  | 7,5%  |
| EM, kcal/kg                       | 1795            | 1840  | 1885  | 1930  |
| Proteína bruta, %                 | 15,62           | 16,01 | 16,40 | 16,79 |
| Cálcio, %                         | 0,14            | 0,14  | 0,15  | 0,15  |
| Fósforo disponível, %             | 0,33            | 0,34  | 0,35  | 0,35  |
| Metionina, % <sup>1</sup>         | 0,18            | 0,18  | 0,19  | 0,19  |
| Metionina+Cistina, % <sup>1</sup> | 0,43            | 0,44  | 0,45  | 0,46  |
| Lisina, % <sup>1</sup>            | 0,47            | 0,48  | 0,49  | 0,50  |
| Treonina, % <sup>1</sup>          | 0,37            | 0,38  | 0,39  | 0,40  |
| Triptofano, % <sup>1</sup>        | 0,19            | 0,19  | 0,20  | 0,20  |

\* Fonte: Rostagno et al., 2011; EM-energia metabolizável; <sup>1</sup> Aminoácidos digestíveis;

O complexo enzimático utilizado foi produzido pela Bioenzima®, composto por celulases (27,35 UmL-1), pectinase (1259,26 Ug-1), betaglucanase (516,66 Ukg), xilanase (77,47 Ug-1), protease (295,56 U. mL), fitase (2,06 Ug-1) e amilase (15,53 UmL-1).

Tabela 2. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais do primeiro experimento (1 a 9 dias de idade).

| Ingredientes (%)                     | D1     | D2     | D3     | D4     | D5     |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Milho                                | 51,903 | 51,903 | 51,957 | 52,011 | 52,064 |
| Farelo de soja                       | 40,496 | 40,496 | 38,726 | 36,955 | 35,185 |
| Farelo de trigo                      | 0,000  | 0,000  | 1,667  | 3,334  | 5,000  |
| Óleo de soja                         | 3,000  | 3,000  | 2,333  | 1,667  | 1,000  |
| Fosfato Bicálcico                    | 1,891  | 1,891  | 1,864  | 1,837  | 1,811  |
| Calcário                             | 0,898  | 0,898  | 0,913  | 0,929  | 0,944  |
| Sal Comum                            | 0,432  | 0,432  | 0,387  | 0,342  | 0,297  |
| L-Lisina HCl                         | 0,237  | 0,237  | 0,253  | 0,268  | 0,283  |
| DL-Metionina                         | 0,352  | 0,352  | 0,350  | 0,349  | 0,347  |
| L-Treonina                           | 0,087  | 0,087  | 0,091  | 0,094  | 0,098  |
| Premix Vitamínico <sup>1</sup>       | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  |
| Premix Mineral <sup>2</sup>          | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bacitracina de Zinco                 | 0,040  | 0,040  | 0,040  | 0,040  | 0,040  |
| Celite                               | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  |
| Complexo enzimático                  | 0,000  | 0,015  | 0,015  | 0,015  | 0,015  |
| Inerte                               | 0,015  | 0,000  | 0,755  | 1,510  | 2,265  |
| Composição calculada                 |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)      | 2960   | 2960   | 2894   | 2828   | 2762   |
| Energia bruta (kcal/kg) <sup>3</sup> | 3996   | 3909   | 3869   | 3803   | 3750   |
| Proteína bruta (%) <sup>3</sup>      | 22,80  | 22,93  | 22,99  | 22,03  | 20,97  |
| Cálcio (%)                           | 0,920  | 0,920  | 0,917  | 0,915  | 0,912  |
| Fósforo disponível (%)               | 0,470  | 0,470  | 0,467  | 0,463  | 0,460  |
| Fósforo total (%) <sup>3</sup>       | 0,805  | 0,759  | 0,596  | 0,650  | 0,738  |
| Sódio (%)                            | 0,190  | 0,190  | 0,172  | 0,154  | 0,136  |
| Cloro (%)                            | 0,309  | 0,309  | 0,282  | 0,255  | 0,229  |
| Potássio (%)                         | 0,892  | 0,892  | 0,877  | 0,861  | 0,846  |
| Gordura (%)                          | 5,57   | 5,57   | 4,93   | 4,30   | 3,67   |
| Fibra bruta (%)                      | 3,04   | 3,04   | 3,11   | 3,17   | 3,24   |
| Aminoácidos digestíveis, %           |        |        |        |        |        |
| Metionina                            | 0,649  | 0,649  | 0,641  | 0,632  | 0,624  |
| Metionina + Cistina                  | 0,953  | 0,953  | 0,939  | 0,924  | 0,910  |
| Lisina                               | 1,324  | 1,324  | 1,298  | 1,273  | 1,247  |
| Treonina                             | 0,861  | 0,861  | 0,843  | 0,825  | 0,808  |
| Triptofano                           | 0,261  | 0,261  | 0,254  | 0,247  | 0,240  |
| Arginina                             | 1,460  | 1,460  | 1,420  | 1,379  | 1,339  |
| Fenilalanina                         | 1,059  | 1,059  | 1,029  | 0,998  | 0,968  |
| Fenilalanina+Tirosina                | 1,812  | 1,812  | 1,759  | 1,706  | 1,653  |
| Leucina                              | 1,759  | 1,759  | 1,715  | 1,671  | 1,627  |
| Valina                               | 0,969  | 0,969  | 0,943  | 0,917  | 0,891  |
| Isoleucina                           | 0,902  | 0,902  | 0,874  | 0,847  | 0,819  |
| Histidina                            | 0,563  | 0,563  | 0,549  | 0,534  | 0,520  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico por kg de ração: ácido fólico 500; ácido pantotênico 13,5g; niacina 30g; selênio 250mg; Vit A 10.000.000 UI; Vit B1 1.880 mg; Vit B12 10.000 mcg; Vit B2 5.000 mg; Vit B6 2.000 mg; Vit D3 2.000.000 UI; Vit E 20.000 UI; Vit K3 4.000 mg. <sup>2</sup> Suplemento mineral por kg de ração: ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg. <sup>3</sup> Valores determinados em análises laboratoriais.



Tabela 3. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais do segundo experimento (11 a 20 dias de idade).

| Ingredientes                         | D1     | D2     | D3     | D4     | D5     |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Milho                                | 56,037 | 56,037 | 56,426 | 56,826 | 57,215 |
| Farelo de soja                       | 36,137 | 36,137 | 34,409 | 32,630 | 30,902 |
| Farelo de trigo                      | 0,000  | 0,000  | 1,650  | 3,350  | 5,000  |
| Óleo de soja                         | 3,580  | 3,580  | 2,765  | 1,925  | 1,110  |
| Fosfato Bicálcico                    | 1,556  | 1,556  | 1,537  | 1,518  | 1,499  |
| Calcário                             | 0,933  | 0,933  | 0,945  | 0,958  | 0,970  |
| Sal Comum                            | 0,433  | 0,433  | 0,364  | 0,292  | 0,223  |
| L-Lisina HCl                         | 0,234  | 0,234  | 0,250  | 0,268  | 0,284  |
| DL-Metionina                         | 0,311  | 0,311  | 0,309  | 0,307  | 0,305  |
| L-Treonina                           | 0,074  | 0,074  | 0,078  | 0,082  | 0,085  |
| Premix Vitamínico <sup>1</sup>       | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  |
| Premix Mineral <sup>2</sup>          | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bacitracina de Zinco                 | 0,040  | 0,040  | 0,040  | 0,040  | 0,040  |
| Celite                               | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  |
| Complexo enzimático                  | 0,000  | 0,015  | 0,015  | 0,015  | 0,015  |
| Inerte                               | 0,015  | 0,000  | 0,562  | 1,140  | 1,702  |
| Total                                | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| <b>Composição calculada</b>          |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)      | 3050   | 3050   | 2983   | 2914   | 2846   |
| Energia bruta (kcal/kg) <sup>3</sup> | 3935   | 3908   | 3817   | 3776   | 3724   |
| Proteína bruta (%) <sup>3</sup>      | 21,18  | 21,76  | 20,87  | 20,55  | 19,41  |
| Cálcio (%)                           | 0,841  | 0,841  | 0,839  | 0,838  | 0,836  |
| Fósforo disponível (%)               | 0,401  | 0,401  | 0,399  | 0,398  | 0,396  |
| Fósforo total (%) <sup>3</sup>       | 0,608  | 0,586  | 0,674  | 0,624  | 0,628  |
| Na (%)                               | 0,190  | 0,190  | 0,163  | 0,135  | 0,107  |
| Cl (%)                               | 0,310  | 0,310  | 0,269  | 0,227  | 0,185  |
| K (%)                                | 0,824  | 0,824  | 0,810  | 0,796  | 0,783  |
| Gordura (%)                          | 6,22   | 6,22   | 5,45   | 6,66   | 3,89   |
| Fibra bruta (%)                      | 2,88   | 2,88   | 2,96   | 3,03   | 3,10   |
| <b>Aminoácidos digestíveis (%)</b>   |        |        |        |        |        |
| Metionina                            | 0,591  | 0,591  | 0,583  | 0,575  | 0,567  |
| Metionina + Cistina                  | 0,876  | 0,876  | 0,863  | 0,849  | 0,836  |
| Lisina                               | 1,217  | 1,217  | 1,194  | 1,170  | 1,148  |
| Treonina                             | 0,791  | 0,791  | 0,775  | 0,758  | 0,742  |
| Triptofano                           | 0,238  | 0,238  | 0,231  | 0,224  | 0,217  |
| Arginina                             | 1,336  | 1,336  | 1,298  | 1,259  | 1,221  |
| Fenilalanina                         | 0,978  | 0,978  | 0,950  | 0,920  | 0,892  |
| Fenilalanina+Tirosina                | 1,673  | 1,673  | 1,623  | 1,572  | 1,523  |
| Leucina                              | 1,657  | 1,657  | 1,618  | 1,577  | 1,537  |
| Valina                               | 0,897  | 0,897  | 0,873  | 0,848  | 0,824  |
| Isoleucina                           | 0,828  | 0,828  | 0,802  | 0,775  | 0,749  |
| Histidina                            | 0,522  | 0,522  | 0,509  | 0,496  | 0,483  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico por kg de ração: ácido fólico 500; ácido pantotênico 13,5g; niacina 30g; selênio 250mg; Vit A 10.000.000 UI; Vit B1 1.880 mg; Vit B12 10.000 mcg; Vit B2 5.000 mg; Vit B6 2.000 mg; Vit D3 2.000.000 UI; Vit E 20.000 UI; Vit K3 4.000 mg. <sup>2</sup>Suplemento mineral por kg de ração: ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg. <sup>3</sup>Valores determinados em análises laboratoriais.

As variáveis de desempenho zootécnico avaliadas foram o peso vivo (PV), ganho de peso médio (GP), consumo médio de ração (CR) e conversão alimentar (CA), determinadas através da mensuração da quantidade de ração consumida durante todo o período experimental e peso das aves no início e ao final de cada experimento. Tais variáveis foram calculados de acordo com as fórmulas descritas abaixo:

$$PV = \text{peso ave final}$$

$$GP = (\text{peso ave final} - \text{peso ave inicial});$$

$$CR = (\text{peso ração ofertada} - \text{peso sobra de ração});$$

$$CA = CR/GP$$

As variáveis de metabolizabilidade aparente avaliadas foram a energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMAMS) e energia bruta (CMAEB) das rações experimentais e o fósforo total ingerido, excretado e retido, cujas foram determinadas através do método de coleta total.

Por meio da coleta ileal foram determinados as a variáveis de digestibilidade ileal aparente, como por exemplo, os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDMS) e proteína bruta (CDPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD) das rações experimentais.

Para a determinação dos valores de metabolizabilidade aparente das rações e seus coeficientes foi realizada a coleta total de excreta durante os últimos 5 dias de cada experimento, sendo 4 dias de adaptação e 5 dias de coleta. O óxido férrico foi acrescentado à ração como marcador fecal numa concentração de 1% no primeiro e no último dia da coleta e nesse período foram mensurados o consumo de ração e a produção de excretas.

Para a determinação da digestibilidade ileal dos nutrientes e seus coeficientes, foi acrescido às rações experimentais 0,5% do indicador de digestibilidade (Celite®- cinza insolúvel em ácido) durante todo o período experimental. E ao final de cada experimento, todas as aves foram abatidas por deslocamento cervical para a coleta do conteúdo ileal (digesta), realizada por meio de incisão abdominal e exposição do intestino, no qual a digesta foi extraída na porção média do íleo, correspondente a 2 cm após o divertículo de Merckel até 2 cm antes da junção íleo-ceco-cólica, de acordo com a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007).

As amostras de excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer a -20°C até o final do experimento, quando foram então descongeladas, homogeneizadas por parcela, pré-secas em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 55°C durante 72 horas. Enquanto as amostras de digestas, de cada unidade experimental, foram acondicionadas em potes plástico identificados, armazenados em freezer a -20°C para posterior pré-secagem em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 55 °C, durante 48 horas. Todas as amostras, inclusive as de rações foram moídas em moinho tipo bola e encaminhadas para o laboratório.

As amostras de rações, excretas e digestas foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) e nitrogênio (N), sendo as de excretas e de rações também avaliadas quanto aos teores de energia bruta (EB) e fósforo ( $P_2O_5$ ), segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Instituto Adolfo Lutz (1985), respectivamente. Além disso, as amostras de digestas e de rações também foram analisadas quanto aos teores de cinza insolúvel em ácido (Celite®), segundo a metodologia descrita no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009).

A partir dos resultados das análises laboratoriais das amostras de excretas e ração foram calculados os EMA e EMAn, CMAMS e CMAEB, conforme as fórmulas descritas a seguir:

$$\text{EMA da ração (kcal/kg)} = (\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}) / \text{MS ingerida}$$

$$\text{EMAn da ração (kcal/kg)} = [(\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}) \pm 8,22 * \text{BN}] / \text{MS ingerida}$$

Onde, BN (balanço de nitrogênio) = N ingerido - N excretado.

Os valores de CMAMS e CMAEB foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$\text{CMAMS (\%)} = [(\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}) / \text{MS ingerida}] \times 100$$

$$\text{CMAEB (\%)} = (\text{EMAn} / \text{EB ração}) \times 100$$

Os valores de fósforo total (P) ingerido, excretado e retido, segundo as fórmulas descritas a seguir:

$$\text{P ingerido (mg/ave/dia)} = (\% \text{P ração} \times \text{MS ingerida}) / 100$$

$$\text{P excretado (mg/ave/dia)} = (\% \text{P excreta} \times \text{MS excretada}) / 100$$

$$\text{P retido (mg/ave/dia)} = \text{P ingerido} - \text{P excretado}$$

$$\text{P retido (\%)} = [(\text{P ingerido} - \text{P excretado}) / \text{P ingerido}] \times 100$$

A partir das análises laboratoriais das digestas e rações foram calculados o CDMS e CDPB, MSD e PBD, conforme as fórmulas descritas a seguir:

$$\text{CDMS (\%)} = \{[\text{MS ração} - (\text{ASE digesta} \times \text{FI})] / \text{MS ração}\} \times 100$$

$$\text{CDPB (\%)} = \{[\text{PB ração} - (\% \text{PB digesta} \times \text{FI})] / \text{PB ração}\} \times 100$$

Onde FI (fator de indigestibilidade) = % indicador ração / % indicador digesta

$$\text{MSD (g/kg ração)} = (\text{MS ração} \times \text{CDMS}) \times 1000$$

$$\text{PBD (g/kg ração)} = (\text{PB ração} \times \text{CDPB}) \times 1000$$

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade realizadas pelo programa estatístico JMP®-SAS enterprise, versão 9.0, Cary, Carolina do Norte.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios da EMA, EMAn, CMAMS e CMAEB das dietas experimentais, na qual é possível observar que houve efeito significativo do complexo enzimático em todos os parâmetros, exceto para o CMAEB, no primeiro experimento. Com relação à EMA e EMAn, em ambos os experimentos, notou-se que a presença do CE não deprimiu linearmente a energia metabolizável nas dietas testes (D3, D4 e D5), visto que não apresentaram diferença significativa entre elas, mesmo essas apresentando valores decrescentes, quando comparado aos dois controles (D1 e D2).

Tabela 4. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de dietas contendo complexo enzimático determinados em pintos de corte de 1 a 9 dias de idade e de 11 a 20 dias de idade, expressos com base na matéria natural.

| Tratamento            | EMA (kcal/kg)            | EMAn (kcal/kg)           | CMAEB (%)                  | CMAMS (%)                  |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                       | 1 a 9 dias de idade      |                          |                            |                            |
| Dieta 1               | 3.050 <sup>a</sup> ± 48  | 2.858 <sup>a</sup> ± 44  | 71,52 ± 1,11               | 71,74 <sup>ab</sup> ± 1,20 |
| Dieta 2               | 3.010 <sup>ab</sup> ± 67 | 2.807 <sup>ab</sup> ± 62 | 71,93 ± 1,58               | 73,22 <sup>a</sup> ± 1,71  |
| Dieta 3               | 2.935 <sup>bc</sup> ± 63 | 2.732 <sup>bc</sup> ± 56 | 70,61 ± 1,45               | 71,66 <sup>ab</sup> ± 1,81 |
| Dieta 4               | 2.823 <sup>c</sup> ± 86  | 2.638 <sup>c</sup> ± 80  | 69,62 ± 2,11               | 69,01 <sup>b</sup> ± 2,16  |
| Dieta 5               | 2.854 <sup>c</sup> ± 30  | 2.675 <sup>c</sup> ± 18  | 71,34 ± 0,67               | 70,45 <sup>ab</sup> ± 0,94 |
| CV (%)                | 2,05                     | 1,98                     | 1,98                       | 2,26                       |
| P                     | **                       | **                       | ns                         | **                         |
| 11 a 20 dias de idade |                          |                          |                            |                            |
| Dieta 1               | 2.960 <sup>a</sup> ± 26  | 2.785 <sup>a</sup> ± 23  | 72,39 <sup>a</sup> ± 1,29  | 71,47 <sup>ab</sup> ± 0,63 |
| Dieta 2               | 2.967 <sup>a</sup> ± 24  | 2.782 <sup>a</sup> ± 24  | 71,19 <sup>ab</sup> ± 0,61 | 72,03 <sup>a</sup> ± 0,85  |
| Dieta 3               | 2.874 <sup>b</sup> ± 11  | 2.704 <sup>b</sup> ± 12  | 70,84 <sup>bc</sup> ± 0,31 | 70,96 <sup>ab</sup> ± 0,28 |
| Dieta 4               | 2.804 <sup>c</sup> ± 21  | 2.639 <sup>c</sup> ± 21  | 69,89 <sup>c</sup> ± 0,54  | 70,80 <sup>bc</sup> ± 0,58 |
| Dieta 5               | 2.749 <sup>d</sup> ± 20  | 2.600 <sup>d</sup> ± 18  | 69,83 <sup>c</sup> ± 0,48  | 69,75 <sup>c</sup> ± 0,67  |
| CV (%)                | 0,78                     | 0,75                     | 1,06                       | 0,97                       |
| P                     | **                       | **                       | **                         | **                         |

EMA, Energia metabolizável aparente; EMAn, Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio; CMAMS, coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca; CMAEB, coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta; Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo;

Entretanto a D3, no primeiro experimento, não diferiu significativamente da D2 (controle positivo), demonstrando que o CE permitiu a valorização de 2,5% dos ingredientes sem comprometer os valores energéticos da dieta nesse período, quando comparado com a dieta controle positivo. Resultados que corroboram com os de Douglas et

al. (2000), que observaram melhoras nos valores energéticos em dietas à base de milho e soja com suplementação enzimática de carboidrase e protease.

Entretanto, com relação aos valores decrescentes de EMA e EMAn, tais resultados foram semelhantes aos de Olukosi et al. (2008), que encontraram menores valores de energia metabolizável para as dietas experimentais, também baseadas em milho, farelo de soja e trigo como fonte de PNA's, suplementadas com fitase e carboidrases, nas idades de 1 a 7 dias e de 8 a 14 dias. Em contrapartida, nesse mesmo estudo, as dietas suplementadas apresentaram valores superiores para a energia líquida, o que sugeriu que a energia líquida de produção pode ter mais acurácia do que a energia metabolizável, quando se trata da utilização da energia em resposta a fitase em frangos, além de que a primeira apresenta uma correlação mais alta com o peso corporal do que a energia metabolizável.

A ausência de efeito significativo em todos os parâmetros entre as dietas testes, no primeiro experimento, pode ser explicada devido à valorização na qual os ingredientes foram submetidos, que conseqüentemente, proporcionou a redução na quantidade de ingredientes que tem como característica a maior disponibilidade de energia bruta, como por exemplo, o óleo de soja, bem como pela maior inclusão de farelo de trigo. E como este último apresenta um teor médio de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) em torno de 15 a 28% superior ao milho (SMIT; ANNISON, 1996; CHOCT, 1997, SANTOS et al., 2011), este também pode ter possibilitado o aumento da ação enzimática e provimento de nutrientes, o que resultou no suprimento das diferenças de EMAn calculada entre elas (66 kcal/kg em média), devido ao conseqüente aumento proporcional na quantidade de substratos para as enzimas nessas dietas.

De maneira geral, os resultados de EMA e EMAn das dietas testes do segundo experimento se comportaram de modo semelhante aos do primeiro, pois, apesar de terem apresentado diferença significativa entre as dietas testes, esses foram mínimos e representaram apenas um decréscimo de 2,4% entre as dietas 3 e 4, além de 1,5% entre as dietas 4 e 5, sendo similar o efeito do complexo enzimático em ambos experimentos.

Apesar do conhecimento já consolidado da ação das enzimas exógenas sobre os nutrientes das dietas, ainda são encontrados na literatura resultados divergentes quando se trata de rações à base de milho e farelo de soja, havendo resultados de digestibilidade satisfatórios e insatisfatórios. Como, por exemplo, os de Woyengo et al. (2008), que afirmaram que a ação sinérgica da adição de enzimas exógenas como xilanase e fitase em dietas baseadas em grãos não melhoraram significativamente a utilização de nutrientes e o desempenho de frangos de corte, provavelmente devido à baixa concentração de arabinoxilana e viscosidade deste tipo de dieta.

Isso sugere que essa interação pode ocorrer apenas quando há dietas com alta viscosidade e maior presença de arabinoxilanas solúveis, fato que também pode explicar o decréscimo na EMA e EMAn das dietas testes, que mesmo apresentando quantidades crescentes de farelo de trigo (1,7; 3,3 e 5,0%), talvez não foram quantitativamente relevantes para evidenciar os efeitos benéficos das enzimas sobre a energia metabolizável.

Dessa forma, apesar da pequena queda na EMAn das dietas testes no primeiro experimento, notou-se que o CE não comprometeu a taxa de metabolizabilidade da energia nas aves, pois não houve efeito significativo sobre o CMAEB. Ou seja, a quantidade de



energia metabolizada pela ave (71% média) foi igualmente proporcional para todas as dietas, independente da EB dessas, uma vez que a medida que os ingredientes foram valorizados em sua composição, a necessidade de inclusão de óleo a fim de atender a exigência de EMAn da dieta foi minimizada. Contudo, a quantidade de óleo presente nelas foi decrescendo, enquanto que a de farelo de trigo foi aumentando, o que resultou em dietas com valores de EB decrescentes (3996, 3909, 3869, 3803 e 3750 kcal, respectivamente para a D1, D2, D3, D4 e D5, visto que o teor de EB do farelo de trigo é, em média, 58% menor do que o do óleo de soja.

Com relação ao CMAMS, ambos os experimentos apresentaram resultados semelhantes que, por sua vez, evidenciaram que as diferenças nutricionais e de proporção dos ingredientes entre as dietas experimentais pouco influenciaram seu teor de MS e sua ingestão. Principalmente, porque todas as dietas apresentaram 89% de MS, determinada em análises laboratoriais, bem como não apresentaram alteração na taxa de consumo e excreção desse constituinte, demonstrados pelos valores de CMAMS. O que ressalta a capacidade do CE em hidrolisar os nutrientes e torná-los mais passível de absorção durante a digestão.

Como ressalta Cowieson (2005), a respeito da digestibilidade da matéria seca, a medida que as enzimas exógenas complementam o sistema das enzimas endógenas, hidrolizando carboidratos com valor energético direto para o animal, reduzem as perdas endógenas, melhorando a energia líquida do milho, mesmo sendo considerado um ingrediente com baixas concentrações de PNA's.

Meng e Slominski (2005) relataram que a utilização dos nutrientes de dietas à base de milho e farelo de soja poderia ser melhorada pela atividade de suplemento de multcarboidrase, devido ao aumento de amido disponível após degradação enzimática da parede celular dos carboidratos presentes nesses grãos. Corroborando com KONG et al. (2011), que encontraram efeito positivo com uso de enzimas, visto que a digestibilidade ileal aparente da matéria seca de ração suplementada com  $\beta$ -mananase foi melhorada.

Sendo assim, a melhora na digestibilidade dos ingredientes não está associada apenas à presença de substrato, mas ao efeito das enzimas presentes no complexo, como a xilanase sobre os PNAs, favorecendo, assim, a digestibilidade de outros nutrientes (PUCCI et al., 2003). Segundo Cho e Kim (2013), em geral, a suplementação em dietas de frangos à base de milho, farelo de soja e trigo com  $\beta$ -mananase pode corrigir parcialmente um decréscimo na densidade energética da dieta, sendo o efeito dessa suplementação fortemente associada com o aproveitamento de outros ingredientes da dieta que não do seu substrato específico, pois melhorou parcialmente a digestibilidade dos nutrientes.

Entretanto, ao observar os valores de CDMS, CDPB, MSD e PBD apresentados na Tabela 5, nota-se mais claramente que o CE melhorou a digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta da dieta 3 em ambos os experimentos. Devido à semelhança significativa entre a dieta controle e a dieta 3, que apresentou em média 66 kcal/kg de EMAn a menos que o controle, 1,7% a mais de farelo de trigo, além de uma quantidade inferior de óleo e farelo de soja.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDMS) e proteína bruta (CDPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD), expressos com base na matéria seca.

| Tratamento            | CDMS (%)                   | CDPB (%)                   | MSD (g/kg)                  | PBD (g/kg)                 |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1 a 9 dias de idade   |                            |                            |                             |                            |
| Dieta 1               | 88,63 <sup>a</sup> ± 0,65  | 93,06 <sup>a</sup> ± 0,56  | 788,79 <sup>a</sup> ± 5,80  | 238,36 <sup>a</sup> ± 1,45 |
| Dieta 2               | 85,93 <sup>ab</sup> ± 0,83 | 91,44 <sup>ab</sup> ± 0,64 | 764,79 <sup>bc</sup> ± 7,38 | 235,58 <sup>a</sup> ± 1,64 |
| Dieta 3               | 87,74 <sup>a</sup> ± 0,74  | 92,38 <sup>a</sup> ± 0,56  | 780,85 <sup>ab</sup> ± 6,61 | 238,58 <sup>a</sup> ± 1,46 |
| Dieta 4               | 83,39 <sup>b</sup> ± 1,03  | 89,88 <sup>b</sup> ± 0,94  | 742,18 <sup>c</sup> ± 9,15  | 222,44 <sup>b</sup> ± 2,33 |
| Dieta 5               | 74,45 <sup>c</sup> ± 2,92  | 83,34 <sup>c</sup> ± 2,34  | 662,62 <sup>d</sup> ± 25,99 | 196,36 <sup>c</sup> ± 5,51 |
| CV (%)                | 0,95                       | 0,75                       | 0,91                        | 0,67                       |
| P                     | **                         | **                         | **                          | **                         |
| 11 a 20 dias de idade |                            |                            |                             |                            |
| Dieta 1               | 87,69 <sup>b</sup> ± 0,58  | 93,08 <sup>a</sup> ± 0,39  | 780,42 <sup>b</sup> ± 5,13  | 221,54 <sup>b</sup> ± 0,93 |
| Dieta 2               | 88,85 <sup>ab</sup> ± 0,61 | 93,43 <sup>a</sup> ± 0,42  | 790,70 <sup>ab</sup> ± 5,44 | 228,46 <sup>a</sup> ± 1,04 |
| Dieta 3               | 89,19 <sup>a</sup> ± 0,65  | 93,52 <sup>a</sup> ± 0,68  | 793,80 <sup>a</sup> ± 5,82  | 219,28 <sup>b</sup> ± 1,60 |
| Dieta 4               | 86,26 <sup>c</sup> ± 0,91  | 91,71 <sup>b</sup> ± 0,60  | 767,67 <sup>c</sup> ± 8,08  | 211,72 <sup>c</sup> ± 1,38 |
| Dieta 5               | 81,63 <sup>d</sup> ± 1,08  | 88,99 <sup>c</sup> ± 0,92  | 726,47 <sup>d</sup> ± 9,60  | 194,08 <sup>d</sup> ± 2,01 |
| CV (%)                | 1,89                       | 1,79                       | 1,39                        | 1,29                       |
| P                     | **                         | **                         | **                          | **                         |

Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo.

Os resultados de CDMS, CDPB, MSD e PBD puderam melhor demonstrar os efeitos benéficos da suplementação enzimática sobre a digestão dos nutrientes pelas aves, também confirmado por Zanella et al., (2004), uma vez que no íleo há menor fermentação microbiana, sendo a digestão em sua grande maioria realizada por meio das enzimas endógenas e exógenas oriundas da ração. Isso acarretou numa maior percepção do efeito

compensatório das enzimas em dieta com nível nutricional decrescente como na dieta 3, quando se avaliam os parâmetros de digestibilidade ileal.

Tendo em vista que esses valores foram determinados a partir da digesta e não da excreta, não havendo assim o efeito da fermentação ocorrida nos cecos, o maior desaparecimento de matéria seca antes evidenciado no CMAMS do controle positivo (Tabela 4) pode ser atribuído a digestão microbiana ocorrida no ceco das aves, o que superestimou a metabolizabilidade da matéria seca dessa dieta.

Todavia, vale ressaltar que o maior valor de CMAMS do controle positivo pode ser atribuído a presença do CE em dietas com níveis nutricionais adequados, no qual pôde potencializar a hidrólise dos ingredientes, nesta em maior quantidade, disponibilizando substratos mais passíveis para digestão microbiana no intestino grosso das aves. Efeito também observado por Zanella et al. (2004), onde a superioridade nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca verificada pelos frangos intactos em relação aos frangos cecectomizados foi atribuída à utilização da proteína, aminoácidos e amido pelos microorganismos presentes no ceco, resultando em menor concentração de matéria seca nas excretas e conseqüentemente em maior digestibilidade.

O fato das aves não terem aproveitado, em maior grau, os nutrientes da dieta 2, suplementada com CE, pode ser devido ao fato que os efeitos benéficos pelo uso das enzimas são limitados quando os animais recebem dietas contendo níveis nutricionais ótimos (CHARLTON, 1996). Visto que a medida que as aves já apresentam suas necessidades nutricionais atendidas mediante aqueles níveis nutricionais, essas passam a não serem capazes de demonstrar claramente a contribuição das enzimas exógenas sobre a melhoria na digestibilidade dos ingredientes da ração. Sendo assim, os efeitos da

suplementação são limitados quando é aplicada e causam o extrapolamento das necessidades nutricionais das aves.

Ao avaliar os resultados de digestibilidade do fósforo total (Tabela 6) notou-se que no primeiro experimento as dietas 2 e 5 não apresentaram diferença significativa para retenção de fósforo em termos percentuais, contrastando com os valores inferiores das dietas 3 e 4. Esses resultados podem ser explicados pelas concentrações de fósforo total determinadas nas análises laboratoriais (0,90; 0,85; 0,67; 0,73 e 0,83%, respectivamente às dietas experimentais) na qual é possível notar a semelhança entre as dietas 2 e 5 e os valores inferiores das dietas 3 e 4.

Com isso, denota-se que não houve um efeito direto do CE sobre a digestibilidade do fósforo no primeiro experimento, pois a retenção de fósforo manteve-se inalterada, seguindo o comportamento dos teores de fósforo total presente nas dietas, bem como os de ingestão pelas aves, não havendo uma maior disponibilização desse nutriente.

Tabela 6. Aproveitamento do fósforo total em dietas suplementadas com complexo enzimático para pintos de corte.

| Tratamento            | P ingerido             | P excretado<br>(mg/ave) | P retido               | P retido<br>(%)            |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
|                       |                        |                         |                        |                            |
| Dieta 1               | 261 <sup>a</sup> ± 13  | 71 ± 6                  | 190 <sup>a</sup> ± 11  | 72,70 <sup>a</sup> ± 2,06  |
| Dieta 2               | 269 <sup>a</sup> ± 15  | 81 ± 8                  | 188 <sup>a</sup> ± 13  | 69,81 <sup>ab</sup> ± 2,65 |
| Dieta 3               | 214 <sup>b</sup> ± 14  | 81 ± 15                 | 141 <sup>bc</sup> ± 23 | 62,7 <sup>c</sup> ± 6,07   |
| Dieta 4               | 205 <sup>b</sup> ± 16  | 76 ± 10                 | 128 <sup>c</sup> ± 6   | 62,74 <sup>c</sup> ± 2,22  |
| Dieta 5               | 247 <sup>a</sup> ± 22  | 86 ± 11                 | 158 <sup>b</sup> ± 13  | 64,78 <sup>bc</sup> ± 1,69 |
| CV (%)                | 6,78                   | 12,63                   | 8,91                   | 4,63                       |
| P                     | **                     | ns                      | **                     | **                         |
| 11 a 20 dias de idade |                        |                         |                        |                            |
| Dieta 1               | 563 <sup>bc</sup> ± 30 | 319 <sup>a</sup> ± 22   | 244 <sup>d</sup> ± 39  | 43,24 <sup>c</sup> ± 5,17  |
| Dieta 2               | 544 <sup>c</sup> ± 23  | 258 <sup>b</sup> ± 24   | 286 <sup>cd</sup> ± 11 | 52,66 <sup>b</sup> ± 3,03  |
| Dieta 3               | 636 <sup>a</sup> ± 5   | 261 <sup>b</sup> ± 20   | 375 <sup>a</sup> ± 23  | 58,96 <sup>a</sup> ± 3,30  |
| Dieta 4               | 591 <sup>b</sup> ± 18  | 262 <sup>b</sup> ± 10   | 329 <sup>bc</sup> ± 19 | 55,61 <sup>ab</sup> ± 1,83 |
| Dieta 5               | 597 <sup>ab</sup> ± 21 | 255 <sup>b</sup> ± 12   | 342 <sup>ab</sup> ± 22 | 57,75 <sup>ab</sup> ± 2,27 |
| CV (%)                | 3,67                   | 6,90                    | 7,95                   | 6,32                       |
| P                     | **                     | **                      | **                     | **                         |

Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo.

Em contrapartida, no segundo experimento, a presença do CE aumentou em até 15% a retenção de fósforo ao comparar as dietas testes com o controle. Visto que o CE contido nessas dietas pôde proporcionar menor excreção de fósforo, e conseqüentemente maior retenção deste, implicando em menor poluição ambiental e melhor aproveitamento do fósforo contido nos ingredientes.

Resultados que corroboram com os de Juanpere et al. (2005), onde a fitase aumentou a retenção de fósforo em dietas estudadas à base de trigo e cevada. Embora esses autores tenham encontrado resultado positivo sobre a utilização do fósforo apenas nas dietas com ingredientes mais fibrosos, como o trigo e a cevada, eles também avaliaram dietas à base de milho e relataram segundo seus resultados que, em geral, não houve interação negativa entre a fitase e as glicosidases ( $\alpha$ -galactosidase, xilanase, and  $\beta$ -glucanase) nesse tipo de dieta. Atribuindo esses efeitos benéficos à relação física entre essas enzimas, baseada na hidrólise da parede celular das partículas, oferecendo maior acesso da fitase ao fitato, resultando numa ação complementar entre as enzimas utilizadas.

Segundo Lu et al. (2013), a suplementação de carboidrases e fitase, especialmente na fase de crescimento aumentaram o desempenho, a digestibilidade ileal da matéria seca, fósforo e nitrogênio em frangos alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja marginalmente deficientes nutricionalmente.

Logo, a suplementação com fitase pode reduzir as perdas endógenas em frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja formuladas com níveis subótimos de fósforo e cálcio, através do aumento da disponibilidade de nutrientes como demonstraram os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos, os maiores valores de EMA e a retenção de alguns minerais (COWIESON et al., 2006).

Já com relação aos parâmetros de desempenho zootécnico apresentados na Tabela 7 pôde-se notar que houve efeito significativo para todos os parâmetros, exceto para o consumo de ração no segundo experimento.

Tabela 7. Parâmetros de desempenho zootécnico de pintos de corte de 1 a 9 e 11 a 21 dias de idade, alimentados com rações suplementadas com complexo enzimático.

| Tratamentos           | Consumo de ração     | Ganho de peso        | Peso vivo (g)        | Conversão alimentar |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|                       | (g/ave)              | (g/ave)              |                      | (g/g)               |
| 1 a 9 dias de idade   |                      |                      |                      |                     |
| Dieta 1               | 198,75 <sup>b</sup>  | 177,48 <sup>b</sup>  | 230,21 <sup>ab</sup> | 1,11 <sup>b</sup>   |
| Dieta 2               | 210,74 <sup>ab</sup> | 184,88 <sup>ab</sup> | 238,62 <sup>ab</sup> | 1,12 <sup>ab</sup>  |
| Dieta 3               | 218,74 <sup>a</sup>  | 192,97 <sup>a</sup>  | 243,23 <sup>a</sup>  | 1,13 <sup>ab</sup>  |
| Dieta 4               | 207,18 <sup>ab</sup> | 183,06 <sup>ab</sup> | 231,71 <sup>ab</sup> | 1,15 <sup>ab</sup>  |
| Dieta 5               | 215,64 <sup>ab</sup> | 176,88 <sup>b</sup>  | 228,71 <sup>b</sup>  | 1,21 <sup>a</sup>   |
| CV (%)                | 4,99                 | 4,48                 | 3,37                 | 4,44                |
| P                     | *                    | *                    | *                    | *                   |
| 11 a 20 dias de idade |                      |                      |                      |                     |
| Dieta 1               | 755,45               | 558,58 <sup>ab</sup> | 890,96 <sup>ab</sup> | 1,34 <sup>b</sup>   |
| Dieta 2               | 752,11               | 583,19 <sup>a</sup>  | 916,42 <sup>a</sup>  | 1,29 <sup>b</sup>   |
| Dieta 3               | 759,51               | 561,16 <sup>ab</sup> | 893,74 <sup>ab</sup> | 1,32 <sup>b</sup>   |
| Dieta 4               | 750,40               | 553,84 <sup>bc</sup> | 867,79 <sup>bc</sup> | 1,42 <sup>a</sup>   |
| Dieta 5               | 759,92               | 508,48 <sup>c</sup>  | 841,11 <sup>c</sup>  | 1,48 <sup>a</sup>   |
| CV (%)                | 2,97                 | 3,26                 | 2,05                 | 2,78                |
| P                     | ns                   | **                   | **                   | **                  |

Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo;

Com relação aos resultados do primeiro experimento, as aves alimentadas com a dieta 5, mesmo com 183 kcal/kg de EMAn a menos que o controle, apresentaram ganho de peso e peso vivo semelhantes e não diferiram entre si (em média 178,3 g/ave e 229 g, respectivamente). Este resultado pode ser considerado parcialmente positivo, visto que ao



avaliar a conversão alimentar entre essas dietas nota-se que houve diferença significativa em resposta ao maior consumo de ração das aves submetidas à dieta 5, indicando que para alcançar semelhantes valores de ganho de peso e peso vivo, as aves tiveram que consumir mais ração, provavelmente a fim de suprir a necessidade de ingestão diária de nutrientes, presentes em quantidades inferiores na dieta 5, o que pode implicar em maiores custos com a ração.

Além disso, a semelhança na conversão alimentar das aves alimentadas com as demais dietas demonstrou que a suplementação enzimática pode significar economia no consumo da ração, tendo em vista que o valor de ganho de peso das aves alimentadas com a dieta controle foi semelhante ao das alimentadas com a dieta 2, 4 e 5, mesmo a D4 apresentando valor inferior para os parâmetros de digestibilidade estudados; e, principalmente, com relação à dieta 3, em que onde as aves apresentaram maior ganho de peso e semelhante conversão alimentar, quando comparado às demais dietas avaliadas.

No segundo experimento não foram observadas diferenças significativas para as variáveis de desempenho zootécnico estudadas entre as aves submetidas aos tratamentos D1 e D3, sendo em média 758 g/ave para consumo de ração, 559 g/ave para ganho de peso, 892 para peso vivo e 1,33 para conversão alimentar. Evidenciando com mais clareza que a suplementação enzimática nas dietas para aves durante essa fase de 11 a 20 dias de idade pode suprir a valorização de 2,5% na composição dos ingredientes utilizados na referida dieta.

Estudo realizado por Olukosi et al. (2008) mostrou que a suplementação enzimática de xilanase, protease e amilase não melhorou a conversão alimentar em pintos de corte de 1

a 7 dias de idade, mas a inclusão da fitase na suplementação melhorou a resposta das aves no período de 0 a 14 dias e 0 a 21 dias, sendo o ganho de peso superior em aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase isoladamente em todas as idades.

Esses autores também mencionaram que a influência da suplementação de fitase, sobre a mineralização óssea e desempenho animal é mais consistente do que sobre os resultados de energia metabolizável; contudo, outros estudos citados no mesmo trabalho evidenciam as melhorias no crescimento das aves, mesmo sem a melhora nos valores de energia metabolizável ao suplementar simultaneamente dietas com fitase e carboidrases. Tais relatos corroboram com os resultados do presente estudo, pois a dieta 3 apresentou valores energéticos inferiores à dieta controle, porém semelhantes para os parâmetros de desempenho.

E, assim como nos parâmetros de digestibilidade, a ausência de diferença significativa entre o controle e controle positivo também foram observadas nos valores de desempenho zootécnico, que por sua vez foi semelhante ao encontrado por Pereira et al. (2010), utilizando enzimas em rações nutricionalmente idênticas, ou seja, sem valorização dos ingredientes. Confirmando a ausência de benefícios efetivos também sobre o desempenho de aves, quando alimentadas com ração suplementadas com enzimas exógenas, mas que atendem a exigência nutricional das aves.

Resultados semelhantes foram encontrados por Strada et al. (2005), que observaram que a redução da densidade energética e aminoácídica das dietas à base de farelo de soja e milho, contendo complexo multienzimático, não comprometeu o desempenho de frangos de

corde, bem como por Toledo et al. (2007), que afirmou que apesar do desempenho das aves submetidas a dietas de baixa densidade com complexo enzimático ter sido inferior às dietas alimentadas com dietas padrão ainda é economicamente mais viável produzir frangos com dietas de baixa densidade suplementadas com o complexo multienzimático do que com dietas convencionais.

Os resultados deste presente estudo não corroboram com os de Singh et al. (2012) que afirmaram que os efeitos positivos de dietas à base de milho e soja suplementadas com xilanase podem não traduzir-se em desempenho, se essas estiverem deficientes em 55 kcal/kg ou mais de energia metabolizável, provavelmente, porque no presente estudo, diferente do anteriormente citado, as rações foram acrescidas de um complexo enzimático que continha protease, amilase, fitase e  $\beta$ -glucanase, além da xilanase.

Logo, o uso estratégico de combinações de enzimas pode ser extremamente efetivo na melhoria do valor nutricional das dietas baseadas em milho, farelo de soja e trigo, permitindo a formulação de dietas de baixo custo, contribuindo com a lucratividade da indústria avícola (COWIESON et al., 2006). Entretanto, o entendimento de como as enzimas funcionam juntas para hidrolizar seus respectivos substratos é essencial para maximizar a eficácia da combinação de enzimas (ADEOLA; COWIESON, 2011).

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que o complexo enzimático da Bioenzima melhora a digestibilidade de dietas à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo para frangos de corte, contendo ingredientes valorizados em até 2,5%, sem comprometer o desempenho zootécnico na fase inicial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O.; COWIESON, A.J. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal Animal Science**, v.89, p.3189-3218, 2011.
- BEDFORD, M.R.; SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v. 11, p.91-114, 1998.
- CHARLTON, P. **Expanding enzyme application: Higher amino acid and energy values for vegetable proteins**. (S.L.): Alltech Technical Publications, 1996. p. 317-326 (Biotechnology in the feed industry).
- CHO, J.H.; KIM, I.H. Effects of beta-mannanase supplementation in combination with low and high energy dense diets for growing and finishing broilers. **Livestock Science**, v. 154, p.137-146, 2013.
- CHOCT, M. **Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance**. (S.L.): The University of New England., 1997. p. 13-26 (Feed Milling International).
- COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Guia de métodos analíticos**. São Paulo: Sincronizações/Anfal; 2009. 188p.
- COWIESON, A.J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p. 293-305, 2005.
- COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Supplementation of corn–soy-based diets with an *Escherichia coli*-derived phytase: effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. **Poultry Science**, v. 85, p.1389–1397, 2006.
- COWIESON, A.J.; HRUBY, M.; PIERSON, E.E.M. Evolving enzyme technology: impact on commercial poultry nutrition. **Nutrition Research Reviews**, v.19, p.90-103, 2006.
- DOUGLAS, M.W.; PARSONS, C.M.; BEDFORD, M.R. Effect of various soybean meal sources and enzyme on chick growth performance ileal digestible energy. **Journal Applied of Poultry Research**, v.9, p.74-80, 2000.
- JUANPERE, J.; PEREZ-VENDRELL, A. M.; ANGULO, E. et al. Assessment of potential interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. **Poultry Science** v. 84, p. 571–580, 2005.
- KONG, C.; LEE, J.H.; ADEOLA, O. Supplementation of b-mannanase to starter and grower diets for broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.389-397, 2011.
- LU, H.; ADEDOKUN, S.A.; PREYNAT, A. et al. Impact of exogenous carbohydrases and phytase on growth performance and nutrient digestibility in broilers. **Canadian Journal Animal Science**, v.93, p. 243-249, 2013.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B.A. Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. **Poultry Science**, v. 84, p.1242-1251, 2005.
- OLUKOSI, O.A.; COWIESON, A.J.; ADEOLA, O. Energy utilization and growth performance of broilers receiving diets supplemented with enzymes containing carbohydrase or phytase activity individually or in combination. **British Journal of Nutrition**, v.99, p.682–690, 2008.

- PENZ Jr, A.M. Enzimas em rações de aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 1998, Botucatu, **Anais...** São Paulo:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 165-178.
- PEREIRA, P.W.Z.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C. et al. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações para frangos de corte criados em aviário comercial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2230-2236, 2010.
- PUCCI, L.E.A.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.909-917, 2003.
- ROMERO, L.F.; PARSONS, C.M.; UTTERBACK, P.L. et al. 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, p.35-44, 2013.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3.ed. Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** 1.ed. Jaboticabal, São Paulo: Editora FUNEP, 2007. 282p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3.ed. Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, 2002. 235p.
- SINGH, A.; MASEY O'NEILL, H.V.; GHOSH, T.K. et al. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize–soybean based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.177, p. 194-203, 2012.
- SMIT, C.H.M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharide in broiler nutrition towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v.52, p. 203-221, 1996.
- STRADA, E.S.O.; ABREU, R.D.; OLIVEIRA, G.J.C. et al. Uso de Enzimas na Alimentação de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2369-2375, 2005.
- TOLEDO, G.S.P; COSTA, P.T.C.; SILVA, J.H. et al. Frangos de corte alimentados com dietas de diferentes densidades nutricionais suplementadas ou não com enzimas. **Ciência Rural**, v.37, p.518-523, 2007.
- WOYENGO, T.A.; GUENTER, W.; SANDS, J.S. et al. Nutrient utilization and performance responses of broilers fed a wheat-based diet supplemented with phytase and xylanase alone or in combination. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.113-123, 2008.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; ROSA, A.P. et al. Efeito da suplementação de enzimas sobre a digestibilidade de dietas à base de milho e de sojas processadas para frangos de corte. **Arquivo Veterinaria**, v. 20, p.144-150, 2004.

*Efeito do complexo enzimático sobre o aproveitamento nutricional e energético de dietas  
para frangos de corte na fase de crescimento*

\*Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

### **Efeito do complexo enzimático sobre o aproveitamento nutricional e energético de dietas para frangos de corte na fase de crescimento**

**RESUMO:** A fim de avaliar o complexo enzimático Bioenzima® (CE) em dietas de frangos de corte foram realizados dois experimentos, nos quais foram utilizados um total de 270 frangos de corte Cobb 500, distribuídas num delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 6 repetições. O primeiro tratamento foi denominado controle e não continha o complexo enzimático (D1); o segundo tratamento foi o controle positivo, com inclusão do complexo enzimático na concentração de 150 ppm (D2), e os demais foram denominados dietas testes, pois além do complexo enzimático (150 ppm), apresentaram uma valorização na composição química do milho, farelo de soja e farelo de trigo em 2,5; 5,0 e 7,5% (D3, D4 e D5, respectivamente), sendo a valorização realizada nos valores de energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos limitantes, cálcio e fósforo disponível desses ingredientes. O complexo enzimático era composto de amilase,  $\beta$ -glucanase, fitase, protease, pectinase e xilanase. Com relação aos resultados do primeiro experimento, as dietas 2, 3, 4 e 5 apresentaram valores que não diferiram entre si para EMA e EMAn (3.024 e 2.881 kcal/kg, respectivamente). Já com relação aos parâmetros de digestibilidade ileal, notou-se que nesse período, a dieta 3 apresentou CDMS, CDPB e MSD semelhantes à dieta controle (em média 89,91%, 95,09% e 799,93 g/kg, respectivamente). No segundo experimento, os efeitos do CE sobre a digestibilidade ileal foi evidenciado até a dieta 4, cujos valores não diferiram do controle em todos os parâmetros, sendo em média 90,78 e 94,82% para CDMS e CDPB; 807,96 e 187,05 g/kg para MSD e PBD, respectivamente. Com relação aos parâmetros de desempenho zootécnico foi possível averiguar que em ambos os experimentos, o consumo de ração não foi alterado com a presença do CE. Conclui-se que o complexo enzimático da Bioenzima melhorou a digestibilidade de dietas a base de milho, farelo de soja e farelo de trigo contendo ingredientes valorizados em até 2,5%, para frangos entre 21 a 30 dias de idade, e até 5% para frangos entre 31 a 40 dias de idade, sem comprometer o desempenho zootécnico, em ambos os períodos.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade, energia, enzimas, ingredientes



### **Use of enzymatic complex on nutrients utilization of grower broilers' diets**

**ABSTRACT:** In order to analyze the enzymatic Bioenzima® complex (EC) on digestibility of broiler's diets, two trials were conducted, 270 male broilers Cobb 500 were allocated in cages and distributed completely randomized design, five treatments and six replications. The first treatment was called control diet without EC (D1), the second one was positive control with 150 ppm EC (D2) and three another treatment was called test diets, besides 150 ppm of EC also had overestimated nutrient composition (metabolizable energy, crude protein, calcium, available phosphorus and essential amino acids) of ingredients corn, soybean meal and wheat meal in 2.5% (D3), 5.0% (D4) and 7.5% (D5). The enzymatic complex had amylase,  $\beta$ -glucanase, phytase, cellulase, protease, pectinase and xylanase. In the first trail, the D2, D3, D4 and D5 had similar results of AME e AMEn (3024 e 2881 kcal/kg, respectively). In the second trail, the EC improved ileal digestibility of D3 and D4, because no differed to control diets and the average values were 90.78 and 94.82% of DMDC and CPDC; 807.96 and 187.05 g/kg of DMD and CPD, respectively. According to results of broiler performance, the bird fed by all diets showed similar feed intake, in both trails. Thus, the EC improved the digestibility of broiler's diets based in corn, soybean meal and wheat meal overestimated in 2,5% for broilers between 21 to 30 days old, and until 5% for broilers between 31 to 40 days old, because showed compensatory effect on diets digestibility and it didn't impair the performance of grower broiler.

**Keywords:** digestibility, energy, enzymes, ingredients, performance

## INTRODUÇÃO

Diversos estudos comprovam os benefícios do uso de enzimas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho das aves, devido principalmente à ação hidrolítica sobre parte da parede celular dos ingredientes, permitindo o acesso de enzimas endógenas aos nutrientes complexados nessa estrutura, melhorando, assim, a digestibilidade não precisamente dos carboidratos componentes da parede celular, mas dos nutrientes envoltos por esta (LESLIE et al., 2007).

E embora muitos estudiosos defendam o uso de enzimas como as  $\beta$ -glucanases, fitase, calulases e proteases apenas em dietas baseadas em centeio, trigo ou outros ingredientes predominantemente fibrosos, pelo fato desses apresentarem maiores teores de polissacarídeos não amiláceos (PNAs), considerado um fator antinutricional nas dietas, o uso desses aditivos em dietas baseadas em milho e farelo de soja requer mais investigações, pois esses ingredientes compõem a base das rações avícolas no Brasil. Embora apresentem baixos teores de PNA's, ainda contêm uma parede celular pobremente digerida pelos frangos, mas potencialmente hidrolizadas por xilanase e outras enzimas acessórias (LU et al., 2013). Contudo, melhora-se o aproveitamento desses grãos, o que pode resultar em menor custo da ração, tendo em vista que esses representam a maior parte dos custos da alimentação na produção desses animais.

Além disso, com o decorrer da vida produtiva do frango de corte, os mesmos se deparam com alguns desafios como diferenciamento com relação ao atendimento das suas exigências nutricionais, como, por exemplo, a energia metabolizável que apresenta

demanda elevada com o passar da idade, associado ao aumento da sensibilidade a estresses térmicos, bem como a manutenção da sanidade do trato gastrointestinal. Dessa forma, com os desafios na digestão das aves adultas, bem como os maiores gastos com ração, o uso de enzimas torna-se necessário a fim de otimizar os recursos nutricionais utilizados nesse sistema de criação.

E diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte na fase de crescimento alimentados com dietas contendo complexo enzimático.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foi utilizado um total de 270 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500. Todas as aves foram criadas em galpão com piso revestido de cama de maravalha, dotados de comedouro tipo semiautomático e bebedouro pendular até serem transferidos para as gaiolas metabólicas. Nesse período receberam ração à base de milho e farelo de soja formulada para atender as exigências nutricionais da fase de crescimento. Para o primeiro experimento (fase de crescimento I-período de 21 a 30 dias de idade), 150 frangos de corte foram selecionados pelo peso e alojados em gaiolas metabólicas com dimensões de 1,00x0,50x0,50m, dotadas de comedouro tipo calha, bebedouro tipo copo e bandejas coletoras de excretas durante o período experimental de 9 dias. Os outros 120 frangos de corte permaneceram no galpão até alcançarem 31 dias, quando foram selecionados pelo

peso e alojados no mesmo tipo de gaiolas metabólicas até o final do experimento, aos 40 dias de idade, o que correspondeu ao segundo experimento (fase de crescimento II).

As aves foram distribuídas num delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições, contendo 5 e 4 aves por parcela, respectivamente as duas fases de crescimento.

O primeiro tratamento foi denominado controle, à base de milho e farelo de soja sem complexo enzimático (dieta 1-D1), o segundo foi o controle positivo à base de milho e farelo de soja + 150 ppm complexo enzimático (dieta 2-D2) e os demais foram denominados dietas testes, que além do complexo enzimático (150ppm), também eram baseadas em milho, farelo de soja e farelo de trigo valorizados em sua composição química em 2,5 (dieta 3-D3), 5,0 (dieta 4-D4) e 7,5% (dieta 5-D5), com relação aos valores de energia metabolizável, proteína bruta, aminoácidos limitantes, cálcio e fósforo disponível, conforme apresentado na Tabela 1.

As dietas experimentais foram formuladas com base na composição nutricional calculada e descrita na Tabela 1, para os respectivos ingredientes e nutrientes, bem como segundo a tabela de composição de alimentos e exigências nutricionais proposta por ROSTAGNO et al. (2011) para os demais ingredientes e nutrientes que compuseram as rações (Tabela 2 e 3), sendo formuladas de acordo com as exigências nutricionais das aves para cada fase de crescimento.

Tabela 1. Composição do milho, farelo de soja e farelo de trigo utilizados para formulação das dietas experimentais e suas respectivas valorizações.

|                                   | Milho           |       |       |       | Farelo de soja |       |       |       |
|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|
|                                   | 0%*             | 2,5%  | 5,0%  | 7,5%  | 0*             | 2,5%  | 5,0%  | 7,5%  |
| EM, kcal/kg                       | 3381            | 3466  | 3550  | 3635  | 2254           | 2310  | 2367  | 2423  |
| Proteína bruta, %                 | 7,88            | 8,08  | 8,27  | 8,47  | 45,22          | 46,35 | 47,48 | 48,61 |
| Cálcio, %                         | 0,03            | 0,031 | 0,032 | 0,032 | 0,24           | 0,246 | 0,252 | 0,258 |
| Fósforo disponível, %             | 0,06            | 0,062 | 0,063 | 0,065 | 0,22           | 0,226 | 0,231 | 0,237 |
| Metionina, % <sup>1</sup>         | 0,15            | 0,154 | 0,158 | 0,161 | 0,55           | 0,564 | 0,578 | 0,591 |
| Metionina+Cistina, % <sup>1</sup> | 0,29            | 0,297 | 0,305 | 0,312 | 1,13           | 1,158 | 1,187 | 1,215 |
| Lisina, % <sup>1</sup>            | 0,19            | 0,195 | 0,2   | 0,204 | 2,57           | 2,634 | 2,699 | 2,763 |
| Treonina, % <sup>1</sup>          | 0,27            | 0,277 | 0,284 | 0,29  | 1,57           | 1,609 | 1,649 | 1,688 |
| Triptofano, % <sup>1</sup>        | 0,05            | 0,051 | 0,053 | 0,054 | 0,58           | 0,595 | 0,609 | 0,624 |
|                                   | Farelo de trigo |       |       |       |                |       |       |       |
|                                   | 0%*             | 2,5%  | 5,0%  | 7,5%  |                |       |       |       |
| EM, kcal/kg                       | 1795            | 1840  | 1885  | 1930  |                |       |       |       |
| Proteína bruta, %                 | 15,62           | 16,01 | 16,4  | 16,79 |                |       |       |       |
| Cálcio, %                         | 0,140           | 0,144 | 0,147 | 0,151 |                |       |       |       |
| Fósforo disponível, %             | 0,330           | 0,338 | 0,347 | 0,355 |                |       |       |       |
| Metionina, % <sup>1</sup>         | 0,180           | 0,185 | 0,189 | 0,194 |                |       |       |       |
| Metionina+Cistina, % <sup>1</sup> | 0,430           | 0,441 | 0,452 | 0,462 |                |       |       |       |
| Lisina, % <sup>1</sup>            | 0,470           | 0,482 | 0,494 | 0,505 |                |       |       |       |
| Treonina, % <sup>1</sup>          | 0,370           | 0,379 | 0,389 | 0,398 |                |       |       |       |
| Triptofano, % <sup>1</sup>        | 0,190           | 0,195 | 0,200 | 0,204 |                |       |       |       |

\* Fonte: Rostagno et al. (2011); EM-energia metabolizável; <sup>1</sup> Aminoácido digestível;

O complexo enzimático utilizado foi produzido pela Bioenzima®, composto por celulases (27,35 UmL-1), pectinase (1259,26 Ug-1), betaglucanase (516,66 Ukg), xilanase (77,47 Ug-1), protease (295,56 U. mL), fitase (2,06 Ug-1) e amilase (15,53 UmL-1).

Tabela 2. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais na fase de crescimento I (21 a 30 dias de idade).

| Ingredientes (%)                  | D1     | D2     | D3     | D4     | D5     |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Milho                             | 58,579 | 58,579 | 59,205 | 59,849 | 60,475 |
| Farelo de soja                    | 32,635 | 32,635 | 30,995 | 29,306 | 27,666 |
| Farelo de trigo                   | 0,000  | 0,000  | 1,485  | 3,015  | 4,500  |
| Óleo de soja                      | 4,650  | 4,650  | 3,745  | 2,812  | 1,910  |
| Fosfato Bicálcico                 | 1,335  | 1,335  | 1,311  | 1,285  | 1,260  |
| Calcário calcítico                | 0,878  | 0,878  | 0,893  | 0,908  | 0,923  |
| Sal Comum                         | 0,232  | 0,232  | 0,233  | 0,233  | 0,233  |
| Bicarbonato de sódio              | 0,331  | 0,331  | 0,222  | 0,109  | 0,000  |
| L-Lisina HCl                      | 0,233  | 0,233  | 0,249  | 0,267  | 0,283  |
| DL-Metionina                      | 0,294  | 0,294  | 0,292  | 0,289  | 0,287  |
| L-Treonina                        | 0,067  | 0,067  | 0,070  | 0,074  | 0,077  |
| Premix Vitamínico <sup>1</sup>    | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  |
| Premix Mineral <sup>2</sup>       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bacitracina de Zinco <sup>3</sup> | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Anticoccidiano                    | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Celite®                           | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  |
| Enzima                            | 0,000  | 0,015  | 0,015  | 0,015  | 0,015  |
| Inerte (Caulim)                   | 0,015  | 0,000  | 0,535  | 1,088  | 1,621  |
| Composição calculada              |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)   | 3150   | 3150   | 3082   | 3012   | 2944   |
| Energia bruta (kcal/kg)*          | 4135   | 4095   | 4020   | 3988   | 3885   |
| Proteína bruta (%)*               | 20,18  | 19,73  | 18,94  | 18,23  | 16,70  |
| Fósforo disponível (%)            | 0,354  | 0,354  | 0,351  | 0,348  | 0,345  |
| Fósforo total (%)*                | 0,593  | 0,491  | 0,431  | 0,624  | 0,525  |
| Cálcio (%)                        | 0,758  | 0,758  | 0,756  | 0,754  | 0,751  |
| Sódio (%)                         | 0,111  | 0,111  | 0,111  | 0,111  | 0,111  |
| Cloro (%)                         | 0,190  | 0,190  | 0,191  | 0,191  | 0,192  |
| Potássio (%)                      | 0,767  | 0,767  | 0,754  | 0,741  | 0,728  |
| Gordura (%)                       | 7,32   | 7,32   | 6,47   | 5,59   | 4,73   |
| Fibra bruta (%)                   | 2,74   | 2,74   | 2,81   | 2,87   | 2,94   |
| Aminoácidos digestíveis (%)       |        |        |        |        |        |
| Metionina                         | 0,559  | 0,559  | 0,551  | 0,543  | 0,535  |
| Metionina + Cistina               | 0,827  | 0,827  | 0,814  | 0,801  | 0,789  |
| Lisina                            | 1,131  | 1,131  | 1,110  | 1,088  | 1,068  |
| Treonina                          | 0,736  | 0,736  | 0,721  | 0,705  | 0,690  |
| Triptofano                        | 0,219  | 0,219  | 0,212  | 0,206  | 0,199  |
| Arginina                          | 1,234  | 1,234  | 1,198  | 1,161  | 1,124  |
| Fenilalanina                      | 0,911  | 0,911  | 0,884  | 0,857  | 0,830  |
| Fenilalanina + tirosina           | 1,557  | 1,557  | 1,511  | 1,463  | 1,417  |
| Leucina                           | 1,568  | 1,568  | 1,532  | 1,496  | 1,460  |
| Valina                            | 0,836  | 0,836  | 0,814  | 0,791  | 0,768  |
| Isoleucina                        | 0,767  | 0,767  | 0,743  | 0,717  | 0,693  |
| Histidina                         | 0,489  | 0,489  | 0,477  | 0,464  | 0,452  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico por kg de ração: ácido fólico 500; ácido pantotênico 13,5g; niacina 30g; selênio 250mg; Vit A 10.000.000 UI; Vit B1 1.880 mg; Vit B12 10.000 mcg; Vit B2 5.000 mg; Vit B6 2.000 mg; Vit D3 2.000.000 UI; Vit E 20.000 UI; Vit K3 4.000 mg. <sup>2</sup> Suplemento mineral por kg de ração: ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg. <sup>3</sup> Nível de garantia por kg do produto 150g.\* Valores determinados em análises laboratoriais.

Tabela 3. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais na fase de crescimento II (31 a 40 dias de idade).

| Ingredientes (%)                  | D1     | D2     | D3     | D4     | D5     |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Milho                             | 62,793 | 62,793 | 63,675 | 64,584 | 65,467 |
| Farelo de soja                    | 28,789 | 28,789 | 27,114 | 25,388 | 23,713 |
| Farelo de trigo                   | 0,000  | 0,000  | 1,650  | 3,350  | 5,000  |
| Óleo de soja                      | 4,587  | 4,587  | 3,532  | 2,445  | 1,390  |
| Fosfato Bicálcico                 | 1,124  | 1,124  | 1,097  | 1,068  | 1,041  |
| Calcário calcítico                | 0,786  | 0,786  | 0,802  | 0,820  | 0,836  |
| Sal Comum                         | 0,198  | 0,198  | 0,181  | 0,164  | 0,147  |
| Bicarbonato de sódio              | 0,363  | 0,363  | 0,243  | 0,120  | 0,000  |
| L-Lisina HCl                      | 0,255  | 0,255  | 0,274  | 0,293  | 0,312  |
| DL-Metionina                      | 0,272  | 0,272  | 0,269  | 0,266  | 0,263  |
| L-Treonina                        | 0,069  | 0,069  | 0,073  | 0,077  | 0,081  |
| Premix Vitamínico <sup>1</sup>    | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  | 0,100  |
| Premix Mineral <sup>2</sup>       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bacitracina de Zinco <sup>3</sup> | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Anticoccidiano                    | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Celite®                           | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  |
| Enzima                            | 0,000  | 0,015  | 0,015  | 0,015  | 0,015  |
| Inerte (Caulim)                   | 0,015  | 0,000  | 0,325  | 0,660  | 0,985  |
| Composição calculada              |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)   | 3200   | 3200   | 3130   | 3058   | 2988   |
| Energia bruta (kcal/kg)*          | 4133   | 4113   | 4020   | 3958   | 3846   |
| Proteína bruta (%)*               | 17,62  | 17,07  | 17,51  | 17,49  | 16,02  |
| Fósforo disponível (%)            | 0,309  | 0,309  | 0,306  | 0,303  | 0,300  |
| Fósforo total (%)*                | 0,446  | 0,463  | 0,498  | 0,435  | 0,505  |
| Cálcio (%)                        | 0,663  | 0,663  | 0,661  | 0,659  | 0,657  |
| Sódio (%)                         | 0,097  | 0,097  | 0,090  | 0,084  | 0,077  |
| Cloro (%)                         | 0,170  | 0,170  | 0,161  | 0,151  | 0,142  |
| Potássio (%)                      | 0,709  | 0,709  | 0,698  | 0,686  | 0,675  |
| Gordura (%)                       | 7,35   | 7,35   | 6,36   | 5,34   | 4,36   |
| Fibra bruta (%)                   | 2,61   | 2,61   | 2,69   | 2,78   | 2,86   |
| Aminoácidos digestíveis (%)       |        |        |        |        |        |
| Metionina                         | 0,559  | 0,559  | 0,551  | 0,543  | 0,535  |
| Metionina + Cistina               | 0,827  | 0,827  | 0,814  | 0,801  | 0,789  |
| Lisina                            | 1,131  | 1,131  | 1,110  | 1,088  | 1,068  |
| Treonina                          | 0,736  | 0,736  | 0,721  | 0,705  | 0,690  |
| Triptofano                        | 0,219  | 0,219  | 0,212  | 0,206  | 0,199  |
| Arginina                          | 1,234  | 1,234  | 1,198  | 1,161  | 1,124  |
| Fenilalanina                      | 0,911  | 0,911  | 0,884  | 0,857  | 0,830  |
| Fenilalanina + tirosina           | 1,557  | 1,557  | 1,511  | 1,463  | 1,417  |
| Leucina                           | 1,568  | 1,568  | 1,532  | 1,496  | 1,460  |
| Valina                            | 0,836  | 0,836  | 0,814  | 0,791  | 0,768  |
| Isoleucina                        | 0,767  | 0,767  | 0,743  | 0,717  | 0,693  |
| Histidina                         | 0,489  | 0,489  | 0,477  | 0,464  | 0,452  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico por kg de ração: ácido fólico 500; ácido pantotênico 13,5g; niacina 30g; selênio 250mg; Vit A 10.000.000 UI; Vit B1 1.880 mg; Vit B12 10.000 mcg; Vit B2 5.000 mg; Vit B6 2.000 mg; Vit D3 2.000.000 UI; Vit E 20.000 UI; Vit K3 4.000 mg. <sup>2</sup> Suplemento mineral por kg de ração: ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg. <sup>3</sup> Nível de garantia por kg do produto 150g. \* Valores determinados em análises laboratoriais.

As variáveis de desempenho zootécnico avaliadas foram o peso vivo (PV), ganho de peso médio (GP), consumo médio de ração (CR) e conversão alimentar (CA), determinadas através da mensuração da quantidade de ração consumida durante todo o período experimental e peso das aves no início e ao final de cada experimento. Tais variáveis foram calculados de acordo com as fórmulas descritas abaixo:

$$PV = \text{peso ave final}$$

$$GP = (\text{peso ave final} - \text{peso ave inicial});$$

$$CR = (\text{peso ração ofertada} - \text{peso sobra de ração});$$

$$CA = CR/GP$$

As variáveis de metabolizabilidade aparente avaliadas foram a energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMAMS) e energia bruta (CMAEB) das rações experimentais, cujas foram determinadas através do método de coleta total.

Por meio da coleta ileal foram determinadas as variáveis de digestibilidade ileal aparente, como por exemplo, os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDMS) e proteína bruta (CDPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD) das rações experimentais .

Para a determinação dos valores de metabolizabilidade aparente das rações e seus coeficientes foi realizada a coleta total de excreta durante os últimos 5 dias de cada experimento, sendo 4 dias de adaptação e 5 dias de coleta. O óxido férrico foi acrescido à ração como marcador fecal numa concentração de 1% no primeiro e no último dia da coleta e nesse período foram mensurados o consumo de ração e a produção de excretas.



Para a determinação da digestibilidade ileal dos nutrientes e seus coeficientes, foi acrescido às rações experimentais 0,5% do indicador de digestibilidade (Celite®- cinza insolúvel em ácido) durante todo o período experimental. E ao final de cada experimento, todas as aves foram abatidas por deslocamento cervical para a coleta do conteúdo ileal (digesta), realizada por meio de incisão abdominal e exposição do intestino, no qual a digesta foi extraída na porção média do íleo, correspondente a 2 cm após o divertículo de Merckel até 2 cm antes da junção íleo-ceco-cólica, de acordo com a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007).

As amostras de excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer a -20°C até o final do experimento, quando foram então descongeladas, homogeneizadas por parcela, pré-secas em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 55°C durante 72 horas. Enquanto as amostras de digestas, de cada unidade experimental, foram acondicionadas em potes plástico identificados, armazenados em freezer a -20°C para posterior pré-secagem em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 55 °C, durante 48 horas. Todas as amostras, inclusive as de rações foram moídas em moinho tipo bola e encaminhadas para o laboratório.

As amostras de rações, excretas e digestas foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) e nitrogênio (N), sendo as de excretas e de rações também avaliadas quanto aos teores de energia bruta (EB), segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002), respectivamente. Além disso, as amostras de digestas e de rações também foram analisadas quanto aos teores de cinza insolúvel em ácido (Celite®), segundo a metodologia descrita no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009).

A partir dos resultados das análises laboratoriais das amostras de excretas e ração foram calculados os EMA e EMAn, CMAMS e CMAEB, conforme as fórmulas descritas a seguir:

$$\text{EMA da ração (kcal/kg)} = (\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}) / \text{MS ingerida}$$

$$\text{EMAn da ração (kcal/kg)} = [(\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}) \pm 8,22 * \text{BN}] / \text{MS ingerida}$$

Onde, BN (balanço de nitrogênio) = N ingerido - N excretado.

Os valores de CMAMS e CMAEB foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$\text{CMAMS (\%)} = [(\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}) / \text{MS ingerida}] \times 100$$

$$\text{CMAEB (\%)} = (\text{EMAn} / \text{EB ração}) \times 100$$

A partir das análises laboratoriais das digestas e rações foram calculados o CDMS e CDPB, MSD e PBD, conforme as fórmulas descritas a seguir:

$$\text{CDMS (\%)} = \{[\text{MS ração} - (\text{ASE digesta} \times \text{FI})] / \text{MS ração}\} \times 100$$

$$\text{CDPB (\%)} = \{[\text{PB ração} - (\% \text{PB digesta} \times \text{FI})] / \text{PB ração}\} \times 100$$

Onde FI (fator de indigestibilidade) = % indicador ração / % indicador digesta

$$\text{MSD (g/kg ração)} = (\text{MS ração} \times \text{CDMS}) \times 1000$$

$$\text{PBD (g/kg ração)} = (\text{PB ração} \times \text{CDPB}) \times 1000$$

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade realizadas pelo programa estatístico JMP®-SAS enterprise, versão 9.0, Cary, Carolina do Norte.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de EMA, EMAn, CMAMS e CMAEB das dietas experimentais, na qual foi possível observar que no primeiro experimento (21 a 30 dias de idade) as dietas que continham o complexo enzimático apresentaram valores médios inferiores de EMA e EMAn (menos 215 e 184 kcal/kg, respectivamente) quando comparadas à dieta controle. Talvez, porque segundo Choct (2006), as enzimas não são capazes de despolimerizar os PNAs nas suas simples unidades durante o curto tempo do trânsito intestinal das aves adultas.

Ainda no primeiro experimento, vale ressaltar que as dietas 2, 3, 4 e 5, por sua vez, apresentaram valores que não diferiram entre si para EMA e EMAn (média de 3.024 e 2.881 kcal/kg, respectivamente). Essa semelhança pode ser explicada devido à diminuição da inclusão de óleo de soja, uma das principais fontes de energia juntamente com o milho, bem como, devido o aumento da inclusão do farelo de trigo, em resposta à valorização da composição dos ingredientes utilizados nas dietas testes, que, conseqüentemente, elevou a proporção de grãos como fonte energética na dieta, representando um maior desafio para as enzimas, devido a maior presença de substratos disponíveis para sua atuação, principalmente naquelas dietas que apresentaram níveis nutricionais abaixo do recomendado (D3, D4 e D5).

Tabela 4. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de dietas contendo complexos enzimáticos determinados em frangos de corte na fase de crescimento, expressos com base na matéria natural.

| Tratamento            | EMA (kcal/kg)            | EMAn (kcal/kg)           | CMAEB (%)                  | CMAMS (%)                  |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                       | 21 a 30 dias de idade    |                          |                            |                            |
| Dieta 1               | 3.239 <sup>a</sup> ± 25  | 3.066 <sup>a</sup> ± 24  | 74,14 <sup>a</sup> ± 0,58  | 72,80 ± 0,55               |
| Dieta 2               | 3.053 <sup>b</sup> ± 98  | 2.899 <sup>b</sup> ± 86  | 70,79 <sup>b</sup> ± 2,11  | 69,10 ± 2,84               |
| Dieta 3               | 3.036 <sup>b</sup> ± 112 | 2.889 <sup>b</sup> ± 99  | 71,87 <sup>ab</sup> ± 2,47 | 69,62 ± 3,22               |
| Dieta 4               | 3.040 <sup>b</sup> ± 76  | 2.898 <sup>b</sup> ± 69  | 72,68 <sup>ab</sup> ± 1,72 | 70,28 ± 2,07               |
| Dieta 5               | 2.967 <sup>b</sup> ± 65  | 2.839 <sup>b</sup> ± 62  | 73,07 <sup>ab</sup> ± 1,59 | 70,69 ± 1,57               |
| CV (%)                | 2,64                     | 2,49                     | 2,50                       | 3,20                       |
| P                     | **                       | **                       | *                          | ns                         |
| 31 a 40 dias de idade |                          |                          |                            |                            |
| Dieta 1               | 2.798 <sup>a</sup> ± 57  | 2.701 <sup>ab</sup> ± 52 | 65,36 <sup>ab</sup> ± 1,27 | 61,29 <sup>b</sup> ± 1,74  |
| Dieta 2               | 2.864 <sup>a</sup> ± 84  | 2.753 <sup>a</sup> ± 70  | 66,94 <sup>a</sup> ± 1,70  | 64,87 <sup>a</sup> ± 2,36  |
| Dieta 3               | 2.762 <sup>ab</sup> ± 54 | 2.648 <sup>bc</sup> ± 44 | 65,87 <sup>ab</sup> ± 1,09 | 63,19 <sup>ab</sup> ± 1,72 |
| Dieta 4               | 2.668 <sup>b</sup> ± 65  | 2.569 <sup>c</sup> ± 56  | 64,90 <sup>ab</sup> ± 1,42 | 61,83 <sup>ab</sup> ± 1,86 |
| Dieta 5               | 2.545 <sup>c</sup> ± 69  | 2.465 <sup>d</sup> ± 62  | 64,09 <sup>b</sup> ± 1,62  | 60,97 <sup>b</sup> ± 1,69  |
| CV (%)                | 2,44                     | 2,19                     | 2,20                       | 3,30                       |
| P                     | **                       | **                       | *                          | **                         |

EMA, Energia metabolizável aparente; EMAn, Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio; CMAMS, coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca; CMAEB, coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta; Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo;

E apesar da inferioridade dos valores obtidos para as dietas testes, quando comparadas com a dieta controle, que possuíam níveis nutricionais adequados, os

resultados podem ser considerados positivos, no sentido que o CE proporcionou efeito compensatório entre essas dietas, mesmo na presença de diferenças energéticas e de composição de ingredientes, que chegaram a 138 kcal/kg de EMAn calculada, além de redução de 48% de óleo de soja, ao comparar as dietas 3 e 5. Isso demonstra a maior efetividade das enzimas quando as dietas apresentam carência nutricional, como o exposto no estudo de Kocher et al. (2003) em que a combinação de pectinase, protease e amilase melhorou significativamente a EMAn de dietas à base de milho e farelo de soja formuladas com baixa energia.

Esses efeitos benéficos foram também demonstrados pelos coeficientes de metabolizabilidade, que, embora a dieta controle tenha apresentado valores de EMA e EMAn superiores, esta não apresentaram diferença estatística para as taxas de metabolizabilidade, ou seja, o CE promoveu maior aproveitamento de nutrientes mesmo quando as aves alimentaram-se com dietas de valores energéticos decrescentes (4.646, 4.601, 4.517, 4.481 e 4.365 kcal/kg de EB na MS, respectivamente as dietas experimentais), levando a coeficientes semelhantes.

Portanto, estudos sugerem que, embora a viscosidade não seja o principal problema em dietas à base de milho e soja, o uso de enzima como a xilanase pode ser benéfico, devido à melhora nos coeficientes de digestibilidade, presumidamente mediada por meio das mudanças na estrutura da parede celular, alcançada pela hidrólise da arabinoxilanas que liberam os nutrientes encapsulados na molécula. Ressalta-se que a associação da suplementação desta enzima com outras como proteases, amilases e fitase é importante, pois pode dar consistência à resposta a esta suplementação (COWIESON, 2005).

Efeitos semelhantes também foram apresentados em estudo de Gracia et al. (2003), onde a suplementação com  $\alpha$ -amilase em dietas a base de milho e farelo de soja aumentou a digestibilidade fecal aparente do amido, da matéria seca, matéria orgânica, energia bruta e a EMAn e pode ser utilizada para melhorar o desempenho dos frangos de corte em qualquer idade.

Já na fase final de crescimento, período entre 31 e 40 dias de idade, a dieta 3 apresentou valores de EMA e EMAn semelhantes à dieta controle (em média 2.780 e 2.674 kcal/kg respectivamente), entretanto, vale ressaltar que, em geral, todos os valores foram muito baixos quando comparados aos valores de EMAn calculada para as respectivas dietas (3.200, 3.200, 3.130, 3058 e 2.988 kcal/kg), o que representou uma diferença de cerca de 13% entre a EMAn determinada e calculada.

Tais resultados podem ter sido obtidos devido ao estresse térmico pelo qual as aves foram submetidas, indeliberadamente, visto que a temperatura máxima chegou a 31,8°C, a temperatura média ambiente foi 27,6°C e a mínima 24,4°C. Notou-se que a temperatura máxima no presente experimento aproximou-se da temperatura crítica superior preconizada pela Embrapa (2004), que é de 32°C, bem como a temperatura média ambiente obtida foi acima da temperatura ideal (20 a 23°C) para a quinta semana de vida da ave. Segundo Cassuce (2011), as aves mantidas em estresse térmico pelo calor dos 22 aos 42 dias de idade apresentam seu desempenho comprometido, independente das condições térmicas a que tenham sido submetidas até os 21 dias de idade.

Pelo exposto, leva-se a constatar que o comprometimento no desempenho das aves submetidas a essas condições de estresses ocorre em virtude das alterações metabólicas que ocorrem no organismo das aves nessa situação crítica, o que pode ter deprimido os valores energéticos das dietas experimentais.

Outro indício de que as alterações metabólicas aconteceram mais acentuadamente na porção do intestino grosso do que na digestão no nível do intestino delgado foi o fato de que os resultados de digestibilidade ileal foram superiores aos encontrados na literatura, que variam entre 65 e 72% para CDMS e CDPB (WARPECHOWSKI et al., 2006; BAUHO et al., 2011), demonstrando a regularidade funcional pré intestino grosso.

Com relação aos parâmetros de digestibilidade ileal (Tabela 5), notou-se que entre 21 e 30 dias a dieta 3 apresentou CDMS, CDPB e MSD semelhantes à dieta controle (em média 89,91%, 95,09% e 799,93 g/kg, respectivamente), enquanto que os valores de PBD foram diminuindo, devido ao menor teor de proteína bruta contida nas dietas testes (20,18; 19,73; 18,94; 18,23 e 16,70, respectivamente as dietas experimentais), não sendo o coeficiente de 94,91% da dieta 3 suficiente para compensar a diferença de 6,14% na PB entre esta e a dieta controle. Por conseguinte, os valores inferiores de CDPB e PB das dietas 4 e 5 explicam a redução da PBD dessas.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDMS) e proteína bruta (CDPB), matéria seca digestível (MSD) e proteína bruta digestível (PBD), expressos com base na matéria seca.

| Tratamento            | CDMS (%)                   | CDPB (%)                   | MSD (g/kg)                  | PBD (g/kg)                 |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 21 a 30 dias de idade |                            |                            |                             |                            |
| Dieta 1               | 89,95 <sup>a</sup> ± 0,45  | 95,28 <sup>a</sup> ± 0,25  | 800,54 <sup>a</sup> ± 4,03  | 216,10 <sup>a</sup> ± 0,56 |
| Dieta 2               | 89,81 <sup>a</sup> ± 0,67  | 94,68 <sup>a</sup> ± 0,46  | 799,32 <sup>a</sup> ± 5,93  | 209,85 <sup>b</sup> ± 1,01 |
| Dieta 3               | 89,88 <sup>a</sup> ± 0,79  | 94,91 <sup>a</sup> ± 0,37  | 799,89 <sup>a</sup> ± 7,04  | 202,01 <sup>c</sup> ± 0,78 |
| Dieta 4               | 86,90 <sup>b</sup> ± 0,55  | 93,18 <sup>b</sup> ± 0,55  | 773,85 <sup>b</sup> ± 4,85  | 191,17 <sup>d</sup> ± 1,14 |
| Dieta 5               | 86,84 <sup>b</sup> ± 0,64  | 92,34 <sup>c</sup> ± 0,44  | 772,85 <sup>b</sup> ± 5,69  | 173,26 <sup>e</sup> ± 0,82 |
| CV (%)                | 0,60                       | 0,40                       | 0,71                        | 0,45                       |
| P                     | **                         | **                         | **                          | **                         |
| 31 a 40 dias de idade |                            |                            |                             |                            |
| Dieta 1               | 91,33 <sup>a</sup> ± 0,91  | 95,07 <sup>a</sup> ± 0,91  | 812,87 <sup>a</sup> ± 8,09  | 188,24 <sup>a</sup> ± 1,81 |
| Dieta 2               | 91,11 <sup>a</sup> ± 0,35  | 94,57 <sup>a</sup> ± 0,32  | 810,87 <sup>a</sup> ± 3,13  | 181,44 <sup>b</sup> ± 0,62 |
| Dieta 3               | 89,42 <sup>bc</sup> ± 0,82 | 93,76 <sup>ab</sup> ± 0,68 | 795,83 <sup>bc</sup> ± 7,30 | 168,57 <sup>c</sup> ± 1,23 |
| Dieta 4               | 90,23 <sup>ab</sup> ± 0,70 | 94,57 <sup>a</sup> ± 0,54  | 803,06 <sup>ab</sup> ± 6,22 | 185,87 <sup>a</sup> ± 1,06 |
| Dieta 5               | 88,29 <sup>c</sup> ± 0,92  | 92,87 <sup>b</sup> ± 1,15  | 785,80 <sup>c</sup> ± 8,16  | 167,15 <sup>c</sup> ± 2,07 |
| CV (%)                | 0,90                       | 0,89                       | 0,85                        | 0,81                       |
| P                     | **                         | **                         | **                          | **                         |

Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo;

Já no período de 31 a 40 dias de idade não foi observado efeito significativo sobre a digestibilidade ileal na dieta 4, visto que seus valores não diferiram do controle em todos os parâmetros, sendo em média 90,78 e 94,82% para CDMS e CDPB; 807,96 e 187,05 g/kg para MSD e PBD, respectivamente. O que indica que o CE utilizado melhorou a digestibilidade ileal da MS e PB das dietas com ingredientes valorizados em até 5%.



Estes resultados evidenciam com mais clareza a maior disponibilização desses nutrientes com a suplementação enzimática, visto que exclui os efeitos das ações fermentativas dos microorganismos do ceco. Além disso, de acordo com estudo de Zanella et al. (1999), apenas a avaliação baseada na digesta foi capaz de demonstrar as diferenças entre as sojas e os tratamentos enzimáticos estudados em tal experimento. Esses autores também concluíram que a suplementação enzimática com amilase, protease e xilanase melhoraram a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte, bem como permitiu a redução de energia na formulação das dietas. Corroborando com o presente estudo, no qual as dietas testes foram formuladas com níveis menores de EMAn e PB e apresentaram valores de digestibilidades semelhantes ao controle.

Outro aspecto a ser considerado sobre os benefícios do uso de enzimas, segundo Nian et al. (2011), é que a aplicação de xilanase poderia reduzir o número de salmonelas no íleo, o que é crucial para a saúde das aves e a segurança do produto, embora, em seu estudo, a digestibilidade ileal do nitrogênio e da energia bruta não tenham sido alterados pela presença da enzima, a digestibilidade ileal da hemicelulose foi 20% superior na dieta com xilanase, enquanto que aumentou 119,42 kcal/kg de EMA.

Com relação aos parâmetros de desempenho zootécnico apresentados na Tabela 6, foi possível observar que em ambos os períodos de crescimento o consumo de ração não foi alterado à medida que o CE foi adicionado às rações. Logo, este permitiu que as aves não necessitassem consumir mais ração a fim de suprir a carência energética que apresentavam as rações.

Tabela 6. Parâmetros de desempenho zootécnico de frangos de corte na fase de crescimento, alimentados com rações suplementadas com complexo enzimático.

| Tratamento            | Consumo de ração | Ganho de peso | Peso vivo (g) | Conversão alimentar |
|-----------------------|------------------|---------------|---------------|---------------------|
|                       | (g/ave)          | (g/ave)       |               | (g/g)               |
| 21 a 30 dias de idade |                  |               |               |                     |
| Dieta 1               | 984,37           | 730,05 a      | 1676,65 a     | 1,35 b              |
| Dieta 2               | 1045,50          | 735,73 a      | 1675,07 a     | 1,42 ab             |
| Dieta 3               | 1031,77          | 708,64 ab     | 1647,20 ab    | 1,46 ab             |
| Dieta 4               | 946,03           | 675,58 b      | 1613,34 b     | 1,54 a              |
| Dieta 5               | 1037,54          | 663,24 b      | 1612,03 b     | 1,56 a              |
| CV (%)                | 7,93             | 3,79          | 1,47          | 7,40                |
| P                     | ns               | **            | **            | *                   |
| 31 a 40 dias de idade |                  |               |               |                     |
| Dieta 1               | 1217,92          | 682,08 a      | 2494,67 ab    | 1,79 b              |
| Dieta 2               | 1230,50          | 696,40 a      | 2510,92 ab    | 1,77 b              |
| Dieta 3               | 1267,50          | 680,64 a      | 2514,42 a     | 1,81 b              |
| Dieta 4               | 1244,50          | 693,68 a      | 2507,90 ab    | 1,89 b              |
| Dieta 5               | 1265,67          | 581,36 b      | 2415,33 b     | 2,11 a              |
| CV (%)                | 6,54             | 7,86          | 2,31          | 5,17                |
| P                     | ns               | **            | *             | **                  |

Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, onde médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si; CV- Coeficiente de variação; P – Probabilidade \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; ns – Não significativo.

No período de 21 a 30 dias de idade, o CE permitiu desempenho zootécnico semelhante das aves alimentadas com a dieta 3 (2,5% de valorização), quando comparado com a dieta controle, enquanto que as dietas testes 3, 4 e 5 não diferiram entre si. Demonstrando que a suplementação enzimática pode promover um efeito compensatório em dietas com até 2,5% de valorização evidenciada pela semelhança com o controle, bem

como suprir as diferenças entre dietas com níveis nutricionais abaixo do recomendado (D3, D4 e D5), cujas razões foram mencionadas anteriormente quando avaliou-se os valores energéticos.

Entre 31 e 40 dias de idade, o CE permitiu ganho de peso e conversão alimentar semelhantes para as aves alimentadas com dietas valorizadas em até 5%, enquanto que as aves alimentadas com a dieta 5 (7,5% de valorização) alcançaram peso vivo semelhante à dieta controle. Acompanhando os resultados de digestibilidade ileal, cujo foi possível perceber que o CE tem potencial de melhorar o aproveitamento de dietas valorizadas em até 5%.

Resultados semelhantes a este foram encontrados em estudo realizado por Lu et al. (2013), onde frangos alimentados com uma dieta deficiente em energia metabolizável, proteína e cálcio, suplementada com complexo enzimático contendo xilanase, betaglucanase e fitase apresentaram uma taxa de crescimento similar àqueles alimentados com a dieta controle, com níveis nutricionais adequados. Isso indica que carboidrases podem aumentar a disponibilização de nutrientes e energia das dietas, compensando a redução de energia metabolizável, proteína bruta e aminoácidos.

Francesch e Geraert (2009) também encontraram resultados semelhantes e indicaram que o uso de complexo multi-enzimático contendo xilanase,  $\beta$ -glucanase e fitase permitiram redução da energia metabolizável, proteína bruta e aminoácidos digestíveis, fósforo disponível e teor de cálcio em dietas à base de milho e farelo de soja sem comprometer o desempenho.

Assim como no estudo de Cowieson e Adeola (2005), onde o uso combinado de fitase com xilanase, protease e amilase melhorou a conversão alimentar quando comparado com dietas deficientes nutricionalmente e o ganho de peso aumentou 14%.

Para Coppedge et al. (2012), a inclusão de enzimas degradadoras de PNA's apresenta potencial para melhorar o crescimento de frangos de corte, sendo uma estratégia para reduzir os níveis de energia e custo da ração, visto que frangos alimentados com dieta com nível energético mais baixo (-133kcal/kg EMA) e com enzimas apresentaram desempenho similar àqueles alimentados com uma dieta controle sem enzimas e níveis normais de energia aos 42 dias de idade.

Segundo Adeola e Cowieson (2011), parte das diferenças observadas em diversos estudos, com relação às respostas de frangos de corte a suplementação enzimática, dão-se devido a extensão da redução na densidade de nutrientes na dieta controle. Ou seja, quando essa é menos nutritiva ou apresenta mais efeitos antinutricionais há uma maior expressão nos ganhos em desempenho das aves alimentadas com dietas suplementadas com enzimas. De modo geral, é necessário encontrar o ponto no qual a redução da densidade nutritiva da ração seja suprida pelos nutrientes liberados a partir da hidrólise realizada pelas enzimas.

Yu e Chung (2004) ressaltam que a utilização de misturas de enzimas em dietas baseadas em milho e farelo de soja é praticável, quando estas são formuladas com redução de até 3% ou 100 kcal/kg de energia metabolizável, o uso de carboidrases compensa essa redução sem comprometer a conversão alimentar tanto na estação quente quanto na estação fria.

Para Slominski (2011), um complexo de multcarboidrases é necessário para depolimerizar os PNA's presentes na dieta a fim de promover melhorias no ganho de peso, conversão alimentar e a digestibilidades de ingredientes. Assim, para alcançar viabilidade e retorno econômico consistentes nos programas de alimentação de aves, uma mistura correta de carboidrases como celulases, pectinases, xilanase, glucanase, mananases e galactosidase devem ser aplicadas. Logo, o desenvolvimento de suplementos enzimáticos para dietas baseadas em milho e farelo de soja deve ser estratégica no que diz respeito à identificação de componentes indigestíveis.

Contudo, fazem-se necessários estudos futuros a fim de complementar a avaliação do CE utilizado no presente trabalho, como por exemplo, aplicação de diferentes dosagens, avaliação de desempenho no piso, bem como avaliação de carcaça dos frangos de corte.

## **CONCLUSÃO**

Assim, conclui-se que o complexo enzimático da Bioenzima melhora a digestibilidade de dietas à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo para frangos de corte, contendo ingredientes valorizados em até 2,5% na fase de crescimento de 21 a 30 dias de idade, bem como até 5% na fase de crescimento de 21 a 40 dias de idade, sem comprometer o desempenho zootécnico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. Conforto térmico para aves. **Comunicado Técnico, EMBRAPA**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Concórdia, SC, 2004.
- ADEOLA, O.; COWIESON, A.J. Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal Animal Science**, v.89, p.3189-3218, 2011.
- BAURHOO, N.; BAURHOO, B.; ZHAO, X. Effects of exogenous enzymes in corn-based and Canadian pearl millet-based diets with reduced soybean meal on growth performance, intestinal nutrient digestibility, villus development, and selected microbial populations in broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v. 89, p.4100–4108, 2011.
- CASSUCE, D.C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2011, 103 p.
- CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Association**, v.62, p. 5-16, 2006.
- COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Guia de métodos analíticos**. São Paulo: Sindirações/Anfal; 2009. 188p.
- COPPEDGE, J. R.; ODEN, L. A.; RATLIFF, B. et al. Evaluation of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes in broiler diets varying in nutrient and energy levels as measured by broiler performance and processing parameters. **Journal of Applied Poultry Research**, v.21, p. 226–234, 2012.
- COWIESON, A.J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p. 293-305, 2005.
- COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **Poultry Science**, v.84, p.1860–1867, 2005.
- FRANCESCH, M.; GERAERT, P. A. Enzyme complex containing carbohydrases and phytase improves growth performance and bone mineralization of broilers fed reduced nutrient corn-soybean-based diets. **Poultry Science**, v.88, p.1915–1924, 2009.
- GRACIA, M. I.; ARANÍBAR, M. J.; LÁZARO, R. et al.  $\alpha$ -amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v.82, p.436–442, 2003.
- KOCHER, A.; CHOCT, M.; ROSS, G. et al. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn–soybean meal-based diets in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.275–283, 2003.
- LESLIE, M. A.; MORAN Jr., E. T.; BEDFORD, M. R. The effect of phytase and glucanase on the ileal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers. **Poultry Science**, v.86, p.2350–2357, 2007.
- LU, H.; ADEDOKUN, S. A.; PREYNAT, A. et al. Impact of exogenous carbohydrases and phytase on growth performance and nutrient digestibility in broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, p. 243-249, 2013.

- NIAN, F.; GUO, Y. M.; RU, Y. J. et al. Effect of exogenous xylanase supplementation on the performance, net energy and gut microflora of broiler chickens fed wheat-based diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.24, p. 400-406, 2011.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1.ed. Jaboticabal, São Paulo: Editora FUNEP, 2007. 282p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, 2002. 235p.
- SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v.90, p. 2013–2023, 2011.
- WARPECHOWSKI, M.B.; KESSLER, A.M.; POPHAL, S. et al. Digestibilidade ileal verdadeira da proteína em frangos de corte sob dietas com diferentes níveis de proteína bruta. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 28, p. 281-287, 2006.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N. K.; SILVERSIDES, F. G. et al. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p. 561–568, 1999.