PAULA WICK RIZZOLI

Desempenho, incremento de energia e digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte contendo enzimas exógenas

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Douglas Emygdio de Faria

Pirassununga
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

Rizzoli, Paula Wick
R627d Desempenho, incremento de energia e digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte contendo enzimas exógenas / Paula Wick Rizzoli. -- Pirassununga, 2009.
64 f.
Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo.
Departamento de Zootecnia.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.
Orientador: Prof. Dr. Douglas Emygdio de Faria.

1. Alfa-amilase 2. Aves 3. Beta-glucanase 4. Metodologias de digestibilidade 5. Xilanase. I. Título.

Aos meus pais, Airton e Suely, por acreditarem e priorizarem a educação de seus filhos, pelo amor e paciência.

E aos meus irmãos, Fernanda, Rodrigo e Fábio,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por se mostrar presente em todos os momentos e iluminar meu caminho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Ao professor Douglas Emygdio de Faria pela orientação e confiança durante o mestrado.

Aos meus professores da graduação e pós-graduação da FZEA, responsáveis pelo meu conhecimento na área de zootecnia.

À empresa DSM Nutritional Products pela contribuição financeira e aos seus funcionários Jeffersson Lecznieski e José Otávio Sorbara, pela confiança, ajuda e bons conselhos.

Ao meu amigo Henrique por ter me incentivado a estagiar com avicultura na graduação e pela grande ajuda nos experimentos.

Às meninas do Laboratório de Avicultura: Karina, Márcia, Raquel e Vanessa, pela ajuda e amizade.

Aos estagiários e agregados do laboratório que me ajudaram: Carol, Celso (Teco), Daniel (Pepê), Guilherme, Joyce, Lucas, Ludmila, Mariana, Pâmela, Renata, Roberta e Thiago (Fronha).

Às minhas companheiras de quarto, Andréa, Jane e Luciane, pelos bons momentos que compartilhamos.

Ao Sr. Pedro Marini pela atenção, ajuda e amizade.

Ao Marcelo do Laboratório de Produtos Funcionais, Guilherme do Lab. de Bioprocessos, Sérgio do Lab. de Construções Rurais e Roberta do Lab. de Biotecnologia Ambiental, por terem possibilitado a realização das minhas análises.

Aos funcionários do setor de avicultura, Edinho e China, pela ajuda.

Aos funcionários da empresa A’Doro: Patrícia, Dirceu, Alcides e Josias, por terem me recebido tão bem e por terem facilitado meu trabalho.

À assistente social da FZEA, Tânia Bartholo Andreotti, e a professora Catarina Abdalla Gomide, por terem permitido minha permanência na moradia estudantil.

Aos meus cães, Lucy, Bobinho e Bixiga, por me proporcionarem paz e alegria.

Ao meu namorado, Eduardo, pelo amor, pela força e por fazer minha vida mais feliz.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

RIZZOLI, P.W. **Desempenho, incremento de energia e digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte contendo enzimas exógenas.** 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

Essa pesquisa avaliou o efeito da suplementação de dois complexos enzimáticos sobre o desempenho, incremento de energia e digestibilidade da matéria seca (MS), proteína (PB), aminoácidos (AAs) e extrato etéreo (EE) por 3 metodologias (coleta total de fezes, coleta com indicador e coleta ileal) em rações de frangos. No ensaio de desempenho foram utilizados 2.592 pintos machos distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos (1: controle positivo; 2: controle negativo 1 (CN 1) decrescido de 2% de energia metabolizável aparente (EMA), AA e PB na fase de 1 a 21 dias e de 2,5% na fase de 22-42 dias; 3: controle negativo 2 (CN 2) decrescido de 4% de EMA, AA e PB na fase de 1 a 21 dias e de 5% na fase de 22-42 dias; 4: CN 1 mais 400 g do complexo A (α-amilase e β-glucanase); 5: CN 1 mais 500 g do complexo B (α-amilase, β-glucanase e xilanase); 6: CN 2 mais 400 g do complexo A; 7: CN 2 mais 500 g do complexo B), sendo o tratamento 1 com 6 repetições e os outros com 7, totalizando 48 parcelas experimentais com 54 aves cada. Foi adotado um programa alimentar com 2 fases: de 1 a 21 dias e de 22 a 42 dias. As características de desempenho avaliadas foram: consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, conversão alimentar ajustada, viabilidade e índice de eficiência produtiva. No ensaio de metabolismo foram utilizados 351 pintos machos de um dia alojados em baterias seguindo delineamento inteiramente casualizado com os mesmos tratamentos do experimento 1, sendo os três primeiros com 5 repetições e os demais com 6, totalizando 39 parcelas experimentais com 9 aves por gaiola. O complexo enzimático B na dieta com menor redução proporcionou desempenho similar ao encontrado no controle positivo nas diferentes fases estudadas. Na primeira coleta do ensaio de metabolismo, realizada com aves de 21 dias, os complexos enzimáticos não foram eficazes em incrementar a energia da ração e a digestibilidade da matéria seca, do extrato etéreo, da proteína bruta e dos aminoácidos. Na coleta realizada com aves de 42 dias, o tratamento 5 proporcionou maiores valores de energia digestível e metabolizável, não diferindo dos tratamentos 1, 3 e 4 na metodologia de coleta total e dos tratamentos 3 e 4 nas metodologias de coleta com indicador e coleta ileal. O tratamento 5 ainda apresentou maior digestibilidade da MS pela metodologia de coleta com indicador. Os complexos enzimáticos melhoraram a digestibilidade do EE quando comparados aos seus respectivos tratamentos controle. Os tratamentos 4 e 5 apresentaram maior digestibilidade da PB pela metodologia de coleta ileal. Os maiores coeficientes de digestibilidade dos AAs concentraram-se no tratamento 5, seguido pelo tratamento 4. No geral, a metodologia de coleta total de excretas promoveu resultados mais consistentes. Conclui-se que a utilização de enzimas exógenas é viável técnica e economicamente.

Palavras-chave: alfa-amilase, aves, beta-glucanase, metodologias de digestibilidade, xilanase

ABSTRACT

RIZZOLI, P.W. **Performance, energy increment and digestibility of nutrients in broiler chickens diets containing exogenous enzymes.** 2009. 64 f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

This study evaluated the effect of supplementation of two enzymatic complexes on performance, energy increment and digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP), amino acids (AA) and ether extract (EE) by three methodologies (total excreta collection, collection with marker and ileal collection) in broilers diets. In the performance assay a total of 2,592 male broiler chicks were randomly distributed in seven treatments (1: positive control; 2: negative control 1 (NC 1) with 2% reduction on apparent metabolizable energy (AME), AA and CP from 1 to 21 days and 2,5% from 22 to 42 days; 3: negatice control 2 (CN 2) with 4% reduction on AME, AA and CP from 1 to 21 days and 5% from 22 to 42 days; 4: NC 1 with 400 ppm of enzymatic complex A (α-amylase and β-glucanase); 5: NC 1 with 500 ppm of enzymatic complex B (α-amylase, β-glucanase and xylanase); 6: NC 2 with 400 ppm of enzymatic complex A; 7: NC 2 with 500 ppm of enzymatic complex B. Treatment one had six replicates and all the others treatments had seven replicates, in a total of 48 experimental units of 54 birds each. A feeding program with two phases was used from 1 to 21 days and from 22 to 42 days. Body weight gain, feed intake, feed conversion rate, adjusted feed conversion rate, viability and index of production efficiency were measured. In the metabolism assay a total of 351 male broiler chicks were housed in metallic batteries and randomly distributed in the same treatments of the performance assay. Treatments 1, 2 and 3 had 5 replicates and all the others treatments had 6 replicates, in a total of 39 experimental units of 9 birds by cage. The enzymatic complex B in the diet with lower reduction reached the same level of performance as the positive control diet. In the first collection of the metabolism assay (21 days), the enzymatic complexes were not efficient to increment the energy of the feed and digestibility of DM, EE, CP and AA. In the collection with 42 days, the treatment 5 provided the best result for digestible and metabolizable energies, but was not different of the treatments 1, 3 and 4 in total excreta collection methodology and of the treatments 3 and 4 in collection with marker and ileal collection methodologies. Treatment 5 even provided higher digestibility of DM by collection with marker methodology. The enzymatic complexes improved the ether extract digestibility when compared to their respective control treatments. The treatments 4 and 5 presented higher crude protein digestibility by ileal collection. The highest coefficients of digestibility of AA were observed in treatment 5, followed by treatment 4. In general, the total excreta collection methodology promoted higher consistency of the results. It was concluded that the exogenous enzymes utilization is technical and economically feasible.

Key Words: alfa-amylase, beta-glucanase, birds, digestibility methodologies, xylanase

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista interna do galpão onde foi conduzido o experimento de desempenho 23

Figura 2 - Unidade experimental, frangos com 42 dias 24

Figura 3 - Bateria de gaiolas utilizadas no ensaio de metabolismo.....29

Figura 4 - Intestino de frango e cortes realizados para coleta do conteúdo ileal.....31

Figura 5 - Coleta do conteúdo ileal.....31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos.....22

Tabela 2 - Valores médios semanais de temperatura e umidade relativa registrados no galpão de desempenho.....23

Tabela 3 - Valores médios semanais de temperatura e umidade relativa registrados no galpão de metabolismo 25

Tabela 4 - Composições percentual e calculada das dietas experimentais iniciais para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade 26

Tabela 5 - Composições percentual e calculada das dietas experimentais de crescimento para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.....27

Tabela 6 - Fórmulas para cálculo das energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) e energia digestível ileal (EDI) e coeficientes de digestibilidade aparente e ileal da matéria seca (CDAMS, CDIMS), proteína bruta (CDAPB, CDIPB), extrato etéreo (CDAEE, CDIEE) e digestibilidade ileal dos aminoácidos (CDIAA). 32

Tabela 7 - Valores médios de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e conversão alimentar ajustada (CAA) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexos enzimáticos.....34

Tabela 8 - Valores médios de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e conversão alimentar ajustada (CAA) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade alimentados com rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexos enzimáticos.....36

Tabela 9 - Desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexos enzimáticos 37

Tabela 10 - Valor médio (kcal/kg) da energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) determinada pelas metodologias de coleta total e com indicador e energia digestível ileal (EDI) de aves com 21 e 42 dias de idade. ..41

Tabela 11 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação da EMAn e EDI com aves de 21 e 42 dias de idade.....42

Tabela 12 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) determinados pelas metodologias de coleta total e uso de indicador e coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) de aves com 21 e 42 dias de idade.....44

Tabela 13 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação do CDAMS com aves de 21 e 42 dias de idade. 45

Tabela 14 - Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDAEE) determinados pelas metodologias de coleta total e uso de indicador e coeficiente de digestibilidade ileal do extrato etéreo (CDIEE) de aves com 21 e 42 dias de idade.....47

Tabela 15 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação do CDAEE com aves de 21 e 42 dias de idade. 48

Tabela 16 - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) determinados pelas metodologias de coleta total e uso de indicador e coeficiente de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) de aves com 21 e 42 dias de idade.....51

Tabela 17 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação do CDAPB com aves de 21 e 42 dias de idade. 52

Tabela 18 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos (%) determinados em frangos com 21 dias de idade.....55

Tabela 19 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos (%) determinados em frangos com 42 dias de idade.....56

Tabela 20 - Custo de produção (R$/kg de frango vivo) aos 42 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais*. 58

LISTA DE SIGLAS

AA	Aminoácido
BN	Balanço de Nitrogênio
CA	Conversão Alimentar
CAA	Conversão Alimentar Ajustada
CAI	Cinza Ácida Insolúvel
CDAEE	Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Extrato Etéreo
CDAMS	Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca
CDAPB	Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Proteína Bruta
CDIAA	Coeficiente de Digestibilidade Ileal do Aminoácido
CDIMS	Coeficiente de Digestibilidade Ileal da Matéria Seca
CDIEE	Coeficiente de Digestibilidade Ileal do Extrato Etéreo
CDIPB	Coeficiente de Digestibilidade Ileal da Proteína Bruta
CE	Complexo Enzimático
CN	Controle Negativo
CP	Controle Positivo
CR	Consumo de Ração
CV	Coeficiente de Variação
EB	Energia Bruta
EDI	Energia Digestível Ileal
EE	Extrato Etéreo
EMA	Energia Metabolizável Aparente
EMAn	Energia Metabolizável Aparente corrigida para nitrogênio
EMV	Energia Metabolizável Verdadeira
FBG	Fungal β-glucanase: quantidade de enzima, que em condições normais (pH 5,0; 30°C) libera glicose ou outros carboidratos reduzidos a uma velocidade de 1 µmol de glicose por minuto
FI	Fator de Indigestibilidade
FXU	Farbe Xylanase Unit: atividade determinada a partir da incubação da enzima com o substrato remazol-xylan em pH 6,0 e a 50°C durante 30 minutos e comparação com a atividade de uma enzima referência padrão (*Humicola insolens* xilanase)
FZEA	Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

GP	Ganho de Peso
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IEP	Índice de Eficiência Produtiva
kNU	Kilo Novo Unit: quantidade de alfa-amilase que, em condições normais (pH 7,1; 37°), dextriniza 5,26 g de amido (em base seca) por hora
MHA	Metionina Hidroxi Análoga
MS	Matéria Seca
PB	Proteína Bruta
PNA	Polissacarídeo não-amiláceo
RS	Resistent Starch

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO ____ *14*

2. REVISÃO DE LITERATURA ____ *15*

2.1 Uso de enzimas exógenas para frangos de corte ____ **15**

2.2 Diferentes metodologias para avaliar a digestibilidade de nutrientes ____ **20**

3. MATERIAL E MÉTODOS ____ *22*

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO ____ *34*

4.1 Características de Desempenho ____ **34**

4.2 Ensaio de Metabolismo ____ **38**

4.2.1 Incremento de Energia ____ 38

4.2.2 Digestibilidade da Matéria Seca ____ 43

4.2.3 Digestibilidade do Extrato Etéreo ____ 46

4.2.4 Digestibilidade da Proteína Bruta ____ 49

4.2.5 Digestibilidade Ileal dos Aminoácidos ____ 53

4.3 Viabilidade Econômica ____ **57**

5. CONCLUSÕES ____ *59*

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ____ *59*

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é uma atividade econômica cada vez mais relevante mundialmente e sua evolução teve como suporte a melhoria das linhagens genéticas, condições de alimentação, manejo, instalações, sanidade, processamento, comercialização, entre outros.

Os nutricionistas se esforçam na busca por alternativas que tornem possível a formulação de rações mais eficientes e econômicas, uma vez que o custo da alimentação é responsável por aproximadamente 70% do custo de produção.

Desde a década de 1940, se usam aditivos nas rações visando melhorar o desempenho das aves. A utilização de enzimas exógenas, com o objetivo de aumentar o aproveitamento dos alimentos e tornar as aves mais eficientes, representa um dos principais avanços na nutrição com notável aplicação nos últimos anos (Bedford, 1996).

Enzimas são proteínas que agem como catalisadores das reações químicas em todo o processo metabólico do organismo animal. No trato digestivo, a enzima adicionada à ração é ativada quando se mistura aos fluidos digestivos e sob a temperatura do organismo (Rotter, 1990).

Para Classen (1996) as enzimas exógenas adicionadas às rações de animais visam quatro objetivos distintos: remoção ou hidrólise de fatores antinutricionais, aumento da digestibilidade dos nutrientes existentes, suplementação das enzimas endógenas e hidrólise de polissacarídeos não-amídicos solúveis (PNAs).

No Brasil, cerca de 90% das rações de aves são produzidas à base de milho e o farelo de soja. Estes ingredientes entram na formulação de todas as fases de criação, por serem ricos em energia e em aminoácidos essenciais. No entanto, em suas composições, existem fatores antinutricionais e/ou substâncias que não são eficientemente digeridos pelas enzimas endógenas e o uso de enzimas exógenas específicas melhoram o aproveitamento destes compostos.

Embora já esteja sendo usada em algumas partes do mundo, as indústrias ainda estão em busca de uma enzima altamente eficaz para os chamados grãos não viscosos, como o milho e o sorgo.

No milho, as enzimas podem atuar, por exemplo, na porção dos amidos resistentes e nos arabinoxilanos. Já no farelo de soja, existem de 15-20% de

polissacarídeos não-amídicos (PNAs) que podem servir de substrato para enzimas (Choct, 1998).

O melhor aproveitamento dos nutrientes através do uso de enzimas e principalmente da energia, o componente mais caro das formulações para frangos de corte, permitirá que as empresas avícolas se tornem mais eficientes e com menores custos, além de reduzirem a poluição ambiental.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adição de 2 complexos enzimáticos sobre o desempenho das aves, incremento de energia e digestibilidade da matéria seca, proteína, aminoácidos e extrato etéreo por diferentes metodologias (coleta total de excretas, coleta com o uso de indicador e coleta ileal), em rações fareladas à base de milho e farelo de soja, para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de enzimas exógenas para frangos de corte

Apesar do milho e do farelo de soja apresentarem altos valores de digestibilidade, existem alguns componentes destes ingredientes que só podem ser aproveitados pelas aves com o auxílio de enzimas exógenas.

O milho fornece aproximadamente 65% de energia e 20% da proteína das dietas (Cowieson & Adeola, 2005). O amido é o principal carboidrato de reserva do grão de milho sendo também a principal fonte de energia do cereal.

A diferença na digestibilidade do amido é a principal causa das variações nos valores de energia metabolizável do milho em aves e suínos (Yu & Chung, 2004). Lima (2005) apresentou uma revisão com vários trabalhos de energia metabolizável realizados na CNPSA da EMBRAPA com diferentes tipos e procedências de milho e encontrou variações maiores que 10% nos valores de energia.

O amido, em seu estado natural, não processado, é armazenado em grânulos no endosperma dos grãos. Estes grânulos são compostos por dois tipos de alfa-glucanos, amilose e amilopectina. A amilose é um polímero essencialmente linear formado por unidades de glicose unidas 99% por ligações do tipo alfa-1,4 e alfa-1,6. Já a amilopectina é um polímero maior, bastante ramificado e suas moléculas de

glicose estão unidas por ligações 95% do tipo alfa-1,4 e 5% do tipo alfa-1,6 (Tester et al., 2004).

Três enzimas estão envolvidas na digestão do amido: alfa-amilase, maltase e isomaltase, sendo a maior parte da hidrólise realizada no duodeno por ação da alfa-amilase pancreática (Tester et al., 2004). Esta enzima tem especificidade de ação sobre as ligações glicosídicas do tipo alfa-1,4, resultando em maior digestibilidade da amilopectina. A amilose, além de possuir mais ligações alfa-1,6, tem menor tamanho e forma complexos com outras moléculas, dificultando a ação das enzimas e tornando o amido menos digestível. O milho brasileiro apresenta, em média, 28% de amilose e 72% de amilopectina (Penz Jr., 1998).

Fatores não diretamente relacionados ao amido podem também afetar a digestibilidade. Grânulos de amido podem estar encapsulados ou incorporados às mesmas nas paredes celulares do próprio ingrediente, reduzindo o acesso das enzimas (Classen, 1996). Bedford (2002) citado por Choct (2006) demonstrou que nutrientes, assim como o amido, que permanecem encapsulados nas paredes das células no intestino de frangos, podem ser liberados com uma suplementação de xilanase.

Outros fatores intrínsecos ao animal (idade, consumo, velocidade de passagem do alimento e capacidade de absorção) também afetam a digestão do amido. Segundo Weurding (2002), as aves jovens não possuem a mesma capacidade de digerir o amido que aves adultas. Este dado corrobora com os de Yuste et al. (1991) que, trabalhando com uma variedade de ingredientes, observaram que a digestibilidade do amido é menor em frangos até os 21 dias de idade que em adultos, indicando que o trato gastrintestinal de aves aos 21 dias de idade não é totalmente desenvolvido e capaz de digerir amido.

Existem ainda os amidos resistentes que correspondem às frações de amido não digeridas pelas aves. Segundo Bedford (2000), cerca de 15% do amido presente no milho pode ser classificado como amido resistente. Este amido pode servir de substrato para bactérias presentes na parte distal do trato digestivo. Entretanto, segundo Weurding (2002), boa parte do amido resistente é eliminado nas excretas e que, para boa parte dos ingredientes, a digestibilidade total do amido foi igual à digestibilidade ileal. A fermentação bacteriana é energeticamente menos eficiente que a digestão enzimática no intestino delgado.

Numa revisão sobre os diferentes tipos de amido resistente, Cowieson & Adeola (2005) relatam que os amidos resistentes podem ser divididos em 3 sub-categorias: RS1 amido não digerido devido associação ou encapsulamento na matriz do alimento com outros compostos como carboidratos ou proteínas; RS2 amido não digerido devido a estrutura e conformação dos grânulos de amido; RS3 está associado aos efeitos do processamento pelo qual passa o amido, por exemplo, gelatinização devido ação térmica e a formação de pontes de hidrogênio. Tester et al. (2004) sugerem uma quarta classificação (RS4) que inclui a formação de uma nova ligação química tipo “cross-linking”, esterificação e eterificação, diferente da alfa-1,4 e alfa-1,6 já conhecidas.

A grande quantidade de alimento ingerido (em relação ao seu peso e a secreção endógena de enzimas), a alta velocidade de passagem do alimento pelo trato digestório, bem como o baixo tempo de retenção (aproximadamente 3 horas), são agravantes da digestibilidade do amido pelos frangos.

Noy & Sklan (1995) afirmam que a digestibilidade do amido do milho no final do íleo pode ser menor que 85%. Segundo Zanella et al. (1999), a digestibilidade ileal do amido em aves com 37 dias de idade é de 87%. Estes mesmos autores, ao trabalharem com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com amilase, protease e xilanase, verificaram aumento da energia ileal da dieta de 3.076 para 3.153 kcal/kg.

Gracia et al. (2003) relataram melhora na digestibilidade do amido com o uso de amilase, melhorando a digestibilidade da matéria seca, energia metabolizável aparente corrigida e energia total da dieta.

D’Alfonso (2003) citado por Choct (2006) reportou significativa variação no valor nutritivo do milho em frangos, com valor de energia digestível no íleo variando em 2,04 MJ/kg de matéria seca. Esta variação foi reduzida por um complexo enzimático que continha xilanase, protease e amilase.

O farelo de soja é a fonte de proteína mais usada na nutrição animal, embora não seja bem utilizado pelas aves. Isto se deve a grande quantidade de polissacarídeos não-amídicos, os quais as aves possuem dificuldade de digerir. A energia metabolizável do farelo de soja é bastante baixa em relação à energia bruta, principalmente devido aos carboidratos não digeríveis, tais como a rafinose e estaquiose (Choct, 1997).

Kocher et al. (2002) demonstraram os efeitos benéficos do uso das enzimas nos valores de energia metabolizável e na digestibilidade dos polissacarídeos não-amídicos em dietas à base de soja.

Os componentes das fibras dos grãos consistem, primeiramente, em polissacarídeos não-amídicos, os quais formam parte da estrutura da parede celular. Este termo (PNA) se refere a uma cadeia de açúcares ligados por algumas ligações beta, as quais são responsáveis pela indigestibilidade dos polissacarídeos nas dietas, uma vez que os monogástricos não possuem enzimas endógenas para quebrá-las. Com o suplemento enzimático, estas ligações são hidrolisadas encurtando as cadeias e liberando os açúcares simples para a utilização da energia. Os PNAs também podem atuar como barreira física de enzimas digestivas, como amilase e protease, dessa maneira, reduz a digestão eficiente dos nutrientes dos grãos.

Segundo Yu & Chung (2004), a alfa-amilase é eficiente em aumentar a digestibilidade do amido do milho e quando combinada a beta-glucanase e xilanase oferece respostas adicionais. Rutherfurd et al. (2007), trabalhando com a mesma mistura de enzimas, verificou aumento da EMA e da digestibilidade aparente e verdadeira de aminoácidos em dietas de milho e farelo de soja com inclusão de farelo de trigo e farinha de canola.

Segundo Bedford & Schulze (1998), as enzimas xilanase, beta-glucanases são praticamente ausentes no trato gastrointestinal de monogástricos, enquanto que seus substratos, arabinoxilanos e beta-glucanos, respectivamente, estão presentes em relativa abundância nas rações.

Trabalhos realizados por Choct (1998) demonstram que enzimas com afinidade por PNAs insolúveis podem provocar uma resposta positiva no desempenho de frangos. Isto indica que a quebra da parede das células, especialmente dos componentes insolúveis, podem facilitar o acesso das enzimas digestivas em seus substratos no curto tempo de trânsito alimentar das aves.

Cowieson & Adeola (2005) observaram que enzimas, em particular, as glucanases, aumentam o valor nutritivo de algumas dietas a base de milho e soja, provavelmente após alterar a arquitetura das paredes celulares dos grãos.

O fato de as enzimas serem muito específicas na sua reação catalítica determina que os produtos que contenham só uma enzima sejam insuficientes para produzir máximo benefício como suplemento em dietas avícolas. Isso sugere que

complexos enzimáticos sejam mais efetivos, pois atuam sobre uma série de polissacarídeos da parede celular dos grãos, levando ao melhor aproveitamento da dieta.

Soto Salanova et al. (1996) e Zanella et al. (1999), trabalhando com complexo enzimático contendo amilase, protease e xilanase em dieta à base de milho e farelo de soja, constataram melhora no desempenho dos frangos de corte com o aumento do ganho de peso e melhoria na conversão alimentar.

Carvalho (2006) concluiu que o uso de complexos enzimáticos foi eficiente em elevar a EMAn das dietas, em 2,01%; 2,0%; 4,36% e 3,48%, com o uso dos complexos enzimáticos contendo 0,05% de amilase, protease e xilanase; 0,03% de amilase e β-glucanase; 0,04% de amilase e β-glucanase, e 0,04% de amilase e β-glucanase mais 0,01% de xilanase, respectivamente.

Pack & Bedford (1997) suplementaram dietas à base de milho e farelo de soja com complexo enzimático (amilase, protease e xilanase) para frangos de corte e verificaram aumento significativo no ganho de peso e melhora na conversão alimentar na idade ao abate. Foi avaliada também a suplementação deste complexo enzimático em dietas com redução de 4% na energia metabolizável, proteína, metionina e lisina. Com a redução dos níveis nutricionais da dieta, houve redução do desempenho, sendo o mesmo recuperado com a suplementação enzimática.

Rodrigues et al. (2003) observaram melhoria na digestibilidade ileal da proteína bruta, amido e energia ileal digestível pela suplementação enzimática de amilase, xilanase e protease, em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte.

Cowieson & Ravindran (2008), ao adicionarem um complexo enzimático de xilanase, amilase e protease em rações a base de milho e farelo de soja na ração de frangos na fase inicial, verificaram melhor desempenho e aumento na energia metabolizável, retenção de N e digestibilidade ileal de todos os aminoácidos determinados no estudo.

2.2 Diferentes metodologias para avaliar a digestibilidade de nutrientes

O método de coleta total de excretas é um dos métodos mais utilizados para determinar a digestibilidade aparente de nutrientes assim como os valores de energia metabolizável das rações ou dos ingredientes para aves. Nesse procedimento, o alimento ingerido por um determinado tempo está relacionado com a excreta produzida no mesmo período. O ensaio envolve um período de adaptação dos animais às rações e às instalações o qual deve ser de 4 a 7 dias, e o período de coleta das excretas e o controle do consumo de ração deve ser de 4 a 5 dias (Sakomura & Rostagno, 2007).

Uma alternativa para o método de coleta total de excretas é a determinação da digestibilidade através de uma relação entre substancias indigestíveis presentes no alimento e nas excretas. Essas substâncias, denominadas indicadores, são utilizadas para determinar um fator de indigestibilidade e, com este, estimar a quantidade de excreta que corresponde a uma unidade de ração consumida. Posteriormente, calcula-se a quantidade de nutriente presente na dieta que foi digerida e absorvida pelo animal.

Entre as principais vantagens da utilização de indicadores pode-se citar que não é necessária a mensuração do consumo de ração, o total de excretas produzidas e evita-se a contaminação das excretas com penas e descamações, mudança na composição da excreta devido à fermentação, excreção fora das bandejas e contaminação por ração regurgitada. Esses fatores podem ter influência na determinação da digestibilidade dos nutrientes.

Para que se tenham bons resultados com a utilização de indicadores, é necessário que estes estejam uniformemente misturados à ração e as análises químicas sejam padronizadas para determinar a sua concentração nas rações e excretas em diferentes laboratórios (Sibbald, 1987 citado por Sakomura & Rostagno, 2007). Embora não sejam necessários longos períodos de coleta de amostra quando se utiliza um indicador, é preciso que esse período se estenda por pelo menos 24 h, para que sejam evitadas variações na composição da excreta entre a noite e o dia (Yoshida & Marimoto, 1957 citados por Sakomura & Rostagno, 2007).

O indicador mais utilizado em ensaios de digestibilidade é o óxido crômico, mas este possui as desvantagens de ser prejudicial à saúde quando inalado (Peddie et al., 1982), além de taxa de recuperação incompleta e propriedades eletrostáticas

que interferem na uniformização das rações e a separação do indicador da excreta (Vohra, 1972).

Outro indicador utilizado é a cinza acida insolúvel (CAI), caracterizada como um mineral indigestível, composto em sua maioria por sílica, tem a vantagem de ser determinada por métodos gravimétricos. Segundo Sales & Jansen (2003), a CAI proporciona valores superestimados de digestibilidade em relação à coleta total de excretas, mas por ser de fácil análise e menor custo, esse indicador apresenta um potencial de uso nos ensaios de digestibilidade.

Outra maneira de se avaliar a digestibilidade em aves é a partir da coleta da digesta ileal, utilizada por haver interferência da fermentação microbiana e pela contaminação com nitrogênio proveniente da urina nos resultados de ensaios de digestibilidade baseados na análise da excreta. Trabalhos publicados apresentam diferenças na metodologia de determinação da digestibilidade ileal, incluindo o local de coleta no segmento ileal, o indicador a ser utilizado e sua administração, o sistema de alimentação e o tipo de ave (Short *et al*., 1999).

A digestibilidade ileal é considerada uma melhor medida para medir a disponibilidade de aminoácidos que a digestibilidade total em frangos, no entanto, a diferença entre a digestibilidade ileal e a total pode ser menor em alimentos mais digeríveis (Ravindran et al., 1999).

Vasconcellos et al. (2007) encontraram valores bem próximos de energia metabolizável aparente para dietas com inclusão de diferentes ingredientes calculadas a partir dos métodos de coleta total de excretas e dos indicadores óxido crômico e lignina purificada de eucalipto (LIPE®).

Para avaliar a confiabilidade de um indicador é necessário que sejam feitos ensaios de digestibilidade, comparando os resultados obtidos pelo indicador com aqueles obtidos pela coleta total de fezes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de dois ensaios (desempenho e metabolismo) realizados concomitantemente nos meses de maio e junho de 2008.

O ensaio para avaliação de desempenho teve duração de 42 dias e foi conduzido no galpão experimental da empresa Adoro da cidade de São Carlos/SP (Figura 1).

Foram utilizados 2.592 pintos machos de um dia da linhagem Cobb-500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 7 tratamentos (Tabela 1), sendo o primeiro com 6 repetições e os demais com 7, totalizando 48 parcelas experimentais de 54 aves cada.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos

Tratamentos	1 - 21 dias	22 - 42 dias
1	Controle Positivo sem enzimas	Controle Positivo sem enzimas
2	Controle Negativo 1 (Trat. 1 com redução de 2% de EMA, PB e aas) sem enzimas	Controle Negativo 1 (Trat. 1 com redução de 2,5% de EMA, PB e aas) sem enzimas
3	Controle Negativo 2 (Trat. 1 com redução de 4% de EMA, PB e aas) sem enzimas	Controle Negativo 2 (Trat. 1 com redução de 5% de EMA, PB e aas) sem enzimas
4	CN 1 + complexo enzimático A (0,4 kg/t) *	CN 1 + complexo enzimático A (0,4 kg/t)
5	CN 1 + complexo enzimático B (0,5 kg/t) **	CN 1 + complexo enzimático B (0,5 kg/t)
6	CN 2 + complexo enzimático A (0,4 kg/t)	CN 2 + complexo enzimático A (0,4 kg/t)
7	CN 2 + complexo enzimático B (0,5 kg/t)	CN 2 + complexo enzimático B (0,5 kg/t)

* Complexo enzimático A: (80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase)

** Complexo enzimático B: (80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase)

Cada unidade experimental media 4,5 m² (Figura 2) e nelas foi utilizada casca de arroz como cama. Para o manejo inicial foram utilizadas campânulas para aquecimento das aves, comedouro infantil e bebedouro pendular. Depois de 10 dias o comedouro infantil foi trocado por um pendular.

Os valores de temperatura e umidade foram registrados diariamente através de um termohigrômetro (Tabela 2). O galpão possui sistema de pressão negativa para controle da temperatura.

Tabela 2 - Valores médios semanais de temperatura e umidade relativa registrados no galpão de desempenho

Semanas	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1ª	25,2 ± 0,3	30,2 ± 2,3	50,4 ± 9,5	59,0 ± 7,9
2ª	24,5 ± 1,4	29,2 ± 1,4	61,5 ± 4,2	75,9 ± 8,5
3ª	23,6 ± 1,3	27,5 ± 1,8	62,6 ± 8,6	83,3 ± 7,4
4ª	21,9 ± 1,5	26,5 ± 1,2	63,3 ± 14,2	88,1 ± 2,8
5ª	22,1 ± 1,8	26,8 ± 2,3	57,4 ± 18,6	83,9 ± 8,3
6ª	18,1 ± 1,5	24,1 ± 1,1	54,3 ± 16,0	90,9 ± 4,4

Figura 1 - Vista interna do galpão onde foi conduzido o experimento de desempenho

Figura 2 - Unidade experimental, frangos com 42 dias

Foi adotado um programa alimentar com 2 fases: 1 a 21 dias e de 22 a 42 dias. As dietas experimentais foram processadas na forma farelada e formuladas à base de milho e farelo de soja, com os níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2005), conforme as Tabelas 4 e 5. A decisão pela maior redução na fase de crescimento se deve ao fato dos complexos enzimáticos promoverem maior incremento de EMA na fase final de criação (Carvalho et al., 2008).

As dosagens utilizadas das enzimas foram baseadas nas recomendações comerciais do fabricante. Ração e água foram fornecidas à vontade durante todo o período.

O ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e conversão alimentar ajustada para peso corporal (CAA) foram mensurados em cada fase, levando em consideração o peso das aves mortas. As equações para o cálculo da CAA foram baseadas em Carvalho (2001) citado por Sorbara (2008), e são as seguintes: para a fase inicial, utiliza-se ganho de peso-padrão de 0,7 kg: CAA= (0,7-GP)+CA; para a fase crescimento, utiliza-se ganho de peso-padrão de 1,8 kg: CAA=[(1,8-GP)/3,2]+CA; e para o período total o ganho de peso-padrão utilizado é de 2,5 kg: CAA= [(2,5-GP)/3,7]+CA. Os valores 3,2 e 3,7, presentes nas fórmulas de

crescimento e período total, respectivamente, são fatores de correção do ganho de peso corporal-padrão. A CAA auxilia na comparação da conversão alimentar quando há diferentes ganhos de peso, além de possibilitar a comparação entre diferentes experimentos.

Também foram calculados a viabilidade, percentual de frangos vivos no final do experimento, e o índice de eficiência produtiva para avaliação do desempenho. Este índice leva em consideração o peso vivo, viabilidade, idade e a conversão alimentar, de acordo com a fórmula:

$$IEP = \frac{\text{Peso vivo (kg) x Viabilidade (\%)}}{\text{Idade (dias) x Conversão alimentar}} \times 100$$

O ensaio de metabolismo foi realizado no galpão experimental da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), campus de Pirassununga. Os animais permaneceram do 1º ao 42º dia de idade em gaiolas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5 m) equipadas com bebedouro automático tipo nipple e comedouro tipo calha (Figura 3).

Foram utilizados 351 pintos machos de um dia da linhagem Cobb-500, alojados em baterias em delineamento inteiramente casualizado com 7 tratamentos (os mesmos descritos na Tabela 1), sendo os três primeiros com 5 repetições e os demais com 6, totalizando 39 parcelas experimentais com 9 aves por gaiola.

No galpão de metabolismo também foram registrados diariamente os valores de temperatura e umidade através de um termohigrômetro (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios semanais de temperatura e umidade relativa registrados no galpão de metabolismo

Semanas	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
1ª	27,7 ± 2,0	33,0 ± 2,4	26,9 ± 4,5	42,8 ± 16,1
2ª	28,2 ± 1,7	32,0 ± 1,6	33,4 ± 4,3	45,6 ± 5,1
3ª	25,9 ± 1,1	29,5 ± 2,0	37,4 ± 5,3	48,8 ± 2,9
4ª	23,7 ± 2,2	27,6 ± 0,6	34,3 ± 5,2	53,9 ± 5,5
5ª	20,6 ± 0,8	26,6 ± 2,4	36,0 ± 9,1	55,4 ± 5,5
6ª	17,0 ± 2,2	22,8 ± 2,0	35,5 ± 9,3	54,7 ± 10,0

Tabela 4 - Composições percentual e calculada das dietas experimentais iniciais para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade

Ingredientes	**Trat 1**	**Trat 2**	**Trat 3**	**Trat 4**	**Trat 5**	**Trat 6**	**Trat 7**
Milho	55,321	58,411	61,213	58,011	57,911	60,813	60,713
Farelo de Soja 45,5%	35,900	34,400	33,000	34,400	34,400	33,000	33,000
Gordura de Frango	4,000	2,400	1,000	2,400	2,400	1,000	1,000
Sal Comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Celite® (indicador)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário	1,060	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
Fosfato bicálcico	1,260	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240
L-Lisina	0,216	0,223	0,238	0,223	0,223	0,238	0,238
L-Treonina	0,085	0,082	0,078	0,082	0,082	0,078	0,078
Metionina Líq. MHA	0,358	0,344	0,331	0,344	0,344	0,331	0,331
Cloreto de Colina 60	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Fitase[1]	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Suplemento vitamínico-mineral[2]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Complexo Enzimático A[3]	**-**	**-**	**-**	**0,400**	**-**	**0,400**	**-**
Complexo Enzimático B[4]	**-**	**-**	**-**	**-**	**0,500**	**-**	**0,500**
Total	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**	**100,000**
Níveis Calculados							
EM (kcal/kg)	3.000	2.940	2.880	2.940	2.940	2.880	2.880
Proteína (%)	21,33	20,90	20,47	20,90	20,90	20,47	20,47
Extrato Etéreo (%)	6,67	5,20	3,90	5,20	5,20	3,90	3,90
Fibra Bruta (%)	3,32	3,29	3,26	3,29	3,29	3,26	3,26
Cálcio (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Fósforo Total (%)	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Fósforo Disponível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Potássio (%)	0,89	0,87	0,85	0,87	0,87	0,85	0,85
Cloro (%)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Lisina Total (%)	1,34	1,31	1,29	1,31	1,31	1,29	1,29
Lisina Dig. (%)	1,24	1,21	1,19	1,21	1,21	1,19	1,19
Metionina Total (%)	0,61	0,59	0,58	0,59	0,59	0,58	0,58
Metionina Dig. (%)	0,58	0,57	0,55	0,57	0,57	0,55	0,55
Metionina + Cistina Total (%)	0,96	0,94	0,92	0,94	0,94	0,92	0,92
Metionina+Cistina Dig. (%)	0,88	0,86	0,84	0,86	0,86	0,84	0,84
Treonina Total (%)	0,90	0,88	0,85	0,88	0,88	0,85	0,85
Treonina Dig. (%)	0,80	0,78	0,76	0,78	0,78	0,76	0,76
Triptofano Total (%)	0,26	0,25	0,24	0,25	0,25	0,24	0,24
Triptofano Dig. (%)	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20
Arginina Total (%)	1,42	1,38	1,34	1,38	1,38	1,34	1,34
Arginina Dig. (%)	1,31	1,27	1,23	1,27	1,27	1,23	1,23
Isoleucina Total (%)	0,91	0,89	0,86	0,89	0,89	0,86	0,86
Isoleucina Dig. (%)	0,83	0,81	0,79	0,81	0,81	0,79	0,79

[1] 5000 FYT/g de fitase. Considerou-se a matriz nutricional do produto na formulação: 0,1% de fósforo disponível, 0,1% de Ca e 12 kcal de EM/KD de ração.

[2] Conteúdo por kg de produto: Vit. A 3.850.200 UI; Vit. D3 1.435.000 UI; Vit. E 14.000 mg; Vit. K3 1.750 mg; Vit. B_1 1.050 mg; Vit. B_2 2.800 mg; Vit. B_6 1.400 mg; Vit. B_{12} 5.950 mcg; Niacina 17.500 mg; Ácido Pantotênico 6.300 mg; Ácido fólico 700 mg; Biotina 17,50 mg; Ferro 17.500 mg; Cobre 3.150 mg; Manganês 35.000 mg; Zinco 28.000 mg; Iodo 350 mg; Selênio 105 mg; Avilamicina 3.500 mg; Halquinol 7000 mg; Nicarbazina 39.377 mg; Etoxiquim 23.100 mg;

[3] Complexo enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase

[4] Complexo enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase

Tabela 5 - Composições percentual e calculada das dietas experimentais de crescimento para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade

Ingredientes	**Trat 1**	**Trat 2**	**Trat 3**	**Trat 4**	**Trat 5**	**Trat 6**	**Trat 7**
Milho	61,525	64,678	67,124	64,278	64,178	66,724	66,624
Farelo de Soja 45,5%	29,900	28,500	27,700	28,500	28,500	27,700	27,700
Gordura de Frango	4,350	2,600	1,000	2,600	2,600	1,000	1,000
Sal Comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Celite	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário	0,970	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
Fosfato bicálcico	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
L-Lisina	0,156	0,164	0,149	0,164	0,164	0,149	0,149
L-Treonina	0,045	0,042	0,034	0,042	0,042	0,034	0,034
Metionina Líq. MHA	0,264	0,246	0,223	0,246	0,246	0,223	0,223
Cloreto de Colina 60	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Fitase[1]	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Suplemento vitamínico-mineral[2]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Complexo Enzimático A[3]	**-**	**-**	**-**	**0,400**	**-**	**0,400**	**-**
Complexo Enzimático B[4]	**-**	**-**	**-**	**-**	**0,500**	**-**	**0,500**
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**
Níveis Calculados							
EM (kcal/kg)	3.150	3.071	2.993	3.071	3.071	2.993	2.993
Proteína (%)	19,00	18,61	18,42	18,61	18,61	18,42	18,42
Extrato Etéreo (%)	7,18	5,55	4,05	5,55	5,55	4,05	4,05
Fibra Bruta (%)	3,08	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo Total (%)	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Fósforo Disponível (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Potássio (%)	0,79	0,77	0,76	0,77	0,77	0,76	0,76
Cloro (%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Lisina Total (%)	1,14	1,11	1,08	1,11	1,11	1,08	1,08
Lisina Dig. (%)	1,05	1,02	0,99	1,02	1,02	0,99	0,99
Metionina Total (%)	0,50	0,48	0,47	0,48	0,48	0,47	0,47
Metionina Dig. (%)	0,48	0,46	0,44	0,46	0,46	0,44	0,44
Metionina + Cistina Total (%)	0,83	0,80	0,78	0,80	0,80	0,78	0,78
Metionina+Cistina Dig. (%)	0,75	0,73	0,71	0,73	0,73	0,71	0,71
Treonina Total (%)	0,77	0,75	0,73	0,75	0,75	0,73	0,73
Treonina Dig. (%)	0,68	0,66	0,65	0,66	0,66	0,65	0,65
Triptofano Total (%)	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21
Triptofano Dig. (%)	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Arginina Total (%)	1,24	1,20	1,19	1,20	1,20	1,19	1,19
Arginina Dig. (%)	1,14	1,11	1,09	1,11	1,11	1,09	1,09
Isoleucina Total (%)	0,80	0,78	0,77	0,78	0,78	0,77	0,77
Isoleucina Dig. (%)	0,73	0,71	0,70	0,71	0,71	0,70	0,70

[1] 5000 FYT/g de fitase. Considerou-se a matriz nutricional do produto na formulação: 0,1% de fósforo disponível, 0,1% de Ca e 12 kcal de EM/KD de ração.
[2] Conteúdo por kg de produto: Vit. A 3.150.000 UI; Vit. D3 700.000 UI; Vit. E 14.000 mg; Vit. K3 700 mg; Vit. B_1 700 mg; Vit. B_2 2.100 mg; Vit. B_6 875 mg; Vit. B_{12} 4.200 mcg; Niacina 12.250 mg; Ácido Pantotênico 4.550 mg; Ácido fólico 297,5 mg; Biotina 10,5 mg; Ferro 17.500 mg; Cobre 3.150 mg; Manganês 35.000 mg; Zinco 28.000 mg; Iodo 350 mg; Selênio 105 mg; Avilamicina 2.800 mg; Halquinol 3.500 mg; Monensina 42.002 mg; Etoxiquim 43.751 mg;
[2] Complexo enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[3] Complexo enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase

As energias metabolizável e digestível e os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da proteína, dos aminoácidos e do extrato etéreo foram avaliados por três diferentes metodologias: coleta total de excretas, coleta com o uso de indicador e coleta de digesta ileal.

Metodologia de Coleta Total

A coleta total de excretas foi realizada em dois períodos: do 17º ao 21º e do 38º ao 42º dia de idade. As bandejas de alumínio sob as gaiolas foram revestidas com plástico para evitar perdas de excretas. Para identificar as excretas provenientes das dietas em avaliação, foi adicionado 1% de óxido férrico nas rações, no primeiro e no último dia de coleta. Dessa forma, na primeira coleta, descartaram-se as excretas não marcadas e, na última, as excretas marcadas. As rações foram pesadas no início e final do período de coleta para quantificar o consumo por unidade experimental.

Foram realizadas duas coletas por dia (início da manhã e final da tarde) e tomou-se o cuidado de eliminar penas, resíduos de ração e outras possíveis fontes de contaminação das bandejas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados por repetição e congeladas em freezer (-4ºC). Após o descongelamento em temperatura ambiente, as excretas foram pesadas e homogeneizadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55ºC por 72 horas e moídas em moinho de bola. Das dietas e excretas foram analisados: energia bruta por bomba calorimétrica Parr e matéria seca, nitrogênio e extrato etéreo, conforme técnicas descritas por Silva (1990).

A digestibilidade de aminoácidos não deve ser determinada a partir da coleta de excretas, pois aproximadamente 25% dos aminoácidos das excretas são de origem microbiana (Parsons et al., 1982).

Figura 3 - Bateria de gaiolas utilizadas no ensaio de metabolismo

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e do extrato etéreo (CDAEE) de acordo com as fórmulas da Tabela 6.

Metodologia de Coleta com o uso de indicador

Às rações foi adicionado 1,0% de cinza ácida insolúvel (CAI) – Celite® para avaliação da digestibilidade pela metodologia do uso de indicadores. Utilizou-se a mesma excreta coletada nos dois períodos, 17 a 21 dias e 38 a 42 dias, para a realização das análises de cinza ácida insolúvel, segundo metodologia citada por Santos (2005), para determinar a quantidade do indicador na ração e nas excretas.

Para os cálculos da EMAn e dos coeficientes para o método com o uso de indicador foram utilizadas as fórmulas expressas na Tabela 6.

Metodologia de Coleta Ileal

Para a coleta do conteúdo ileal, cinco aves por repetição foram abatidas por deslocamento cervical no 21° dia e quatro aves no 42°. Constantemente, as aves que permaneciam nas gaiolas eram estimuladas ao consumo, para evitar esvaziamento do trato digestivo, o que prejudicaria o procedimento de coleta da digesta. O intervalo de tempo entre o abate e a coleta foi inferior a quinze minutos, pois segundo Summers e Robblee (1985) esse é o tempo para iniciar a descamação do íleo após o abate.

O íleo foi exposto por incisão abdominal, seccionou-se a porção a 4 cm do divertículo de Meckel e a 4 cm da junção íleo-cecal e com leve pressão manual, o conteúdo foi recolhido em recipiente plástico identificado por repetição e levado ao freezer até seu processamento (Figuras 5 e 6). O conteúdo médio coletado por repetição foi de 6,4 g MS (17,1% MS) e 14,6 g MS (17,6% MS) aos 21 e 42 dias, respectivamente.

As amostras de foram colocadas numa mini-câmara de congelamento para alcançarem a temperatura de -40ºC e assim serem secas por liofilização a vácuo por 72 horas (marca Terroni – série LC), moídas e peneiradas a 0,5 mm. A secagem por liofilização é necessária para que não haja perda de aminoácidos por aquecimento.

Foram realizadas as análises dos aminoácidos (exceto triptofano) por HPLC (hidrólise com HCl 6 N + Fenol a 110ºC por 24 hs), energia bruta, nitrogênio, extrato etéreo e cinza ácida insolúvel.

As fórmulas de energia digestível e digestibilidade ileal aparente dos nutrientes se encontram na Tabela 6.

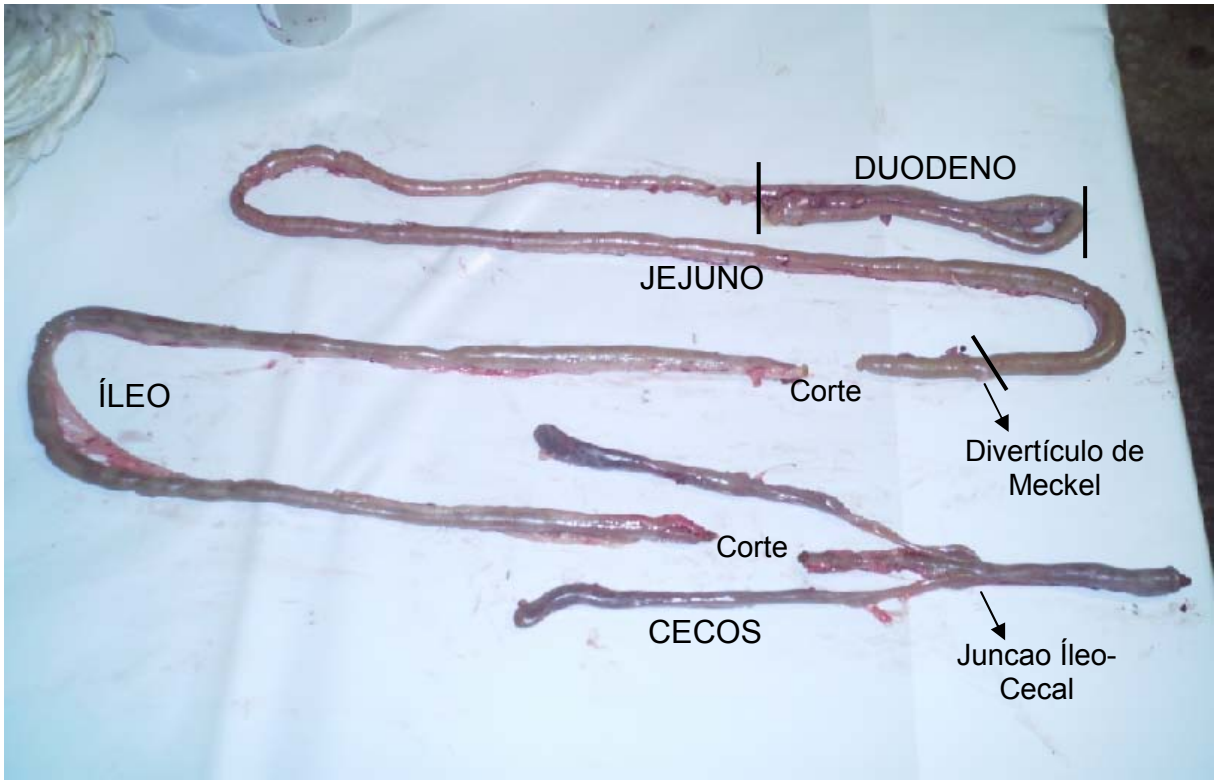

Figura 4 - Intestino de frango e cortes realizados para coleta do conteúdo ileal.

Figura 5 - Coleta do conteúdo ileal.

Tabela 6 - Fórmulas para cálculo das energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) e energia digestível ileal (EDI) e coeficientes de digestibilidade aparente e ileal da matéria seca (CDAMS, CDIMS), proteína bruta (CDAPB, CDIPB), extrato etéreo (CDAEE, CDIEE) e digestibilidade ileal dos aminoácidos (CDIAA)

	Metodologias	Fórmulas
Energia	Coleta Total	EMAn (kcal/kg de MS) = [EB ingerida - (EB excretada + 8,22 x BN)]/ MS ingerida BN = Balanço de nitrogênio = N ingerido – N excretado
	Uso de Indicador	EMAn (kcal/kg de MS) = EB ingerida - [(EB excretada * FI excreta) + 8,22 x (BN)] BN = N ingerido - (N excretado * FI da excreta) FI (Fator de Indigestibilidade) excreta = % CAI na dieta/ % CAI na excreta
	Coleta Ileal	EDI (kcal/kg de MS) = EB ingerida - (EB digesta ileal * FI do íleo) FI do íleo = % CAI na dieta/ % CAI na digesta
Matéria Seca	Coleta Total	CDAMS (%) = [(MS ingerida (g) – MS excretada (g))/ MS ingerida (g)] x 100
	Uso de Indicador	CDAMS (%) = (1- FI) x 100
	Coleta Ileal	CDIMS (%) = (1- FI do íleo) x 100
Proteína Bruta	Coleta Total	CDAPB (%) = [(PB ingerida (g) – PB excretada (g))/ PB ingerida (g)] x 100
	Uso de Indicador	CDAPB (%) = [% PB ingerida – (% PB excretada x FI)]/ % PB ingerida x 100
	Coleta Ileal	CDIPB (%) = [% PB ingerida – (% PB digesta ileal x FI do íleo)]/ % PB ingerida x 100
Extrato Etéreo	Coleta Total	CDAEE (%) = [(EE ingerido (g) – EE excretado (g))/ EE ingerido (g)] x 100
	Uso de Indicador	CDAEE (%) = [% EE ingerido – (% EE excretado x FI)]/ % EE ingerido x 100
	Coleta Ileal	CDIEE (%) = [% EE ingerido – (% EE digesta ileal x FI do íleo)]/% EE ingerido x 100
Aminoácidos	Coleta Ileal	CDIAA (%) = [% AA ingerido – (% AA digesta ileal x FI do íleo)]/ % AA ingerido x 100

Foi avaliado o custo de produção por kg de frango vivo para cada tratamento, tendo como base os preços atuais das matérias-primas da ração (Jox, 2009) com variação de 40% a mais e a menos (20 em 20%) nos preços do milho e do farelo de soja, os ingredientes que mais impactam no custo de formulação. Para determinar o preço por kg de ração consumida, considerando-se as duas fases de criação, e o custo por kg de frango vivo utilizou-se as fórmulas:

Preço/kg de ração consumido = [(custo ração inicial x consumo ração inicial) + (custo ração crescimento x consumo ração crescimento)] / consumo total

Custo/kg de frango vivo = Preço/kg consumido x conversão alimentar ajustada

Considerou-se os seguintes preços por tonelada dos ingredientes: milho R$ 333,30; farelo de soja R$ 822,00; gordura de frango R$ 1.550,00; sal R$ 280,00; calcário R$ 90,00; fosfato bicálcico R$ 1.100,00; L-lisina R$ 4.150,00; L-treonina R$ 4.800,00; metionina líquida MHA R$ 11.100,00; cloreto de colina 60% R$ 4.000,00; fitase R$ 16.000,00; complexo enzimático A US$[1] 8.000,00; complexo enzimático B US$ 8.000,00; premix fase inicial R$ 11.850,00 e premix fase crescimento R$ 10.750,00.

Os resultados de desempenho (consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, conversão alimentar ajustada, viabilidade e eficiência produtiva), EMAn, EDI, CDAMS, CDIMS, CDAPB, CDIPB, CDIAA, CDAEE e CDIEE foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do programa SAS (1996) e as diferenças entre as médias verificadas pelo teste de Tukey (5%), quando necessário.

Para determinação dos coeficientes de correlação linear entre as metodologias foi utilizado o comando manova / printe do SAS. Este coeficiente varia de –1 a +1 e sua interpretação dependerá do valor numérico e do sinal. Quanto mais próximo de 1, maior a relação existente entre as variáveis, isto é, as alterações sofridas por uma são acompanhadas pela outra. O sinal positivo demonstra que as variáveis são diretamente proporcionais e o sinal negativo demonstra que elas são inversamente proporcionais.

[1] 1 US$ = 1,87 reais, valor do dólar do dia 17/08/09

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características de Desempenho

Os resultados das características de desempenho dos frangos de corte nas fases inicial, de crescimento e total encontram-se nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente.

Tabela 7 - Valores médios de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e conversão alimentar ajustada (CAA) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexos enzimáticos

Tratamentos	GP (kg)	CR (kg)	CA (kg/kg)	CAA (kg/kg)
CP [1]	0,910 [a]	1,220	1,342 [c]	1,133 [c]
CN 1 [2]	0,838 [b]	1,181	1,397 [ab]	1,251 [ab]
CN 2 [3]	0,861 [ab]	1,203	1,397 [ab]	1,236 [ab]
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	0,845 [b]	1,173	1,387 [ab]	1,242 [ab]
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	0,882 [ab]	1,212	1,374 [bc]	1,192 [bc]
CN 2 + Complexo Enzimático A	0,836 [b]	1,178	1,409 [a]	1,274 [a]
CN 2 + Complexo Enzimático B	0,837 [b]	1,177	1,406 [ab]	1,270 [a]
CV (%)	3,66	2,76	1,55	3,91

[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% de EM, PB e aas
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% EM, PB e aas
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

No período de 1 a 21 dias, foi observado maior ganho de peso no tratamento 1 (CP) (P<0,05), mas não diferiu estatisticamente dos tratamentos 3 (CN 2) e 5 (CN 1 + CE B). Quando se compara o ganho das aves do tratamento 5 com o seu respectivo controle negativo (CN 1) verificamos que as enzimas exerceram ação. O valor encontrado para o tratamento 3 foi inesperado, já que possuía a maior redução sem a inclusão de enzimas.

Não houve diferença significativa no consumo de ração (P>0,05) entre os tratamentos. Carvalho (2006), ao trabalhar com redução energética e inclusão de enzimas, também não encontrou diferença no consumo nesta fase.

Para as características conversão alimentar e conversão alimentar ajustada, os tratamentos 1 (CP) e 5 (CN 1 + CE B) obtiveram os melhores resultados, demostrando mais uma vez a ação do complexo enzimático B.

Yu & Chung (2004) não verificaram efeito de três complexos enzimáticos (amilase, protease, xilanase; amilase, glucanase; amilase, glucanase, xilanase) nas características de desempenho em aves de 1 a 21 dias.

Cowieson & Ravindran (2008) verificaram aumento de 6% no ganho de peso e de seis pontos na conversão alimentar ao adicionarem um complexo enzimático de xilanase, amilase e protease na ração de frangos na fase inicial. No presente estudo, a adição do complexo B (alfa-amilase, beta-glucanase e xilanase), quando comparado ao controle negativo 1 na fase de 1 a 21 dias, incrementou 5% de ganho de peso e também seis pontos na conversão alimentar ajustada.

No período de 22 a 42 dias (Tabela 8), para a característica ganho de peso, o tratamento 5 (CN 1 + complexo enzimático B) apresentou melhor resultado ($P<0,05$), seguido pelos tratamentos 1 (CP), 2 (CN 1) e 7 (CN 2 + complexo enzimático B).

Yu & Chung (2004) também verificaram maior ganho de peso nas aves que receberam ração suplementada com complexo enzimático B (amilase, glucanase e xilanase). No entanto, a suplementação do complexo enzimático A (amilase, glucanase) no trabalho de tais autores também melhorou o ganho de peso das aves, o que não ocorreu no presente estudo.

Sorbara (2008) verificou que a suplementação de enzimas em dietas com redução de 120 kcal de EM/kg, na fase de crescimento (21 a 40 dias), melhorou o ganho de peso das aves, especialmente o tratamento suplementado com amilase + xilanase, o qual atingiu o mesmo resultado encontrado no controle positivo.

Para a característica consumo de ração não foi encontrada diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos. No entanto, no trabalho de Sorbara (2008) verificou-se que as aves suplementadas consumiram mais que o controle negativo, mas igual ao controle positivo.

Para a característica conversão alimentar, os tratamentos 2 (CN 1) e 5 (CN 1 + CE B) apresentaram os melhores resultados. Na conversão alimentar ajustada, o tratamento 5 (CN 1 + CE B) obteve melhor resultado, demonstrando efeito das enzimas. Sorbara (2008) não evidenciou ação das enzimas para essa característica.

Rodrigues et al. (2003) não obteve melhora no desempenho das aves, no período de 15 a 27 dias de idade, alimentadas com rações a base de milho e soja

suplementadas com complexo enzimático (protease, amilase e xilanase). No entanto, os autores só passaram a fornecer o complexo enzimático a partir dos 14 dias de idade, quando as aves foram transferidas para as baterias.

Tabela 8 - Valores médios de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e conversão alimentar ajustada (CAA) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade alimentados com rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexos enzimáticos

Tratamentos	GP (kg)	CR (kg)	CA (kg/kg)	CAA (kg/kg)
CP [1]	2,038 [ab]	3,631	1,782 [ab]	1,707 [bcd]
CN 1 [2]	2,061 [ab]	3,657	1,774 [b]	1,692 [cd]
CN 2 [3]	1,953 [b]	3,584	1,835 [a]	1,787 [a]
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	1,964 [b]	3,590	1,828 [ab]	1,777 [ab]
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	2,101 [a]	3,729	1,775 [b]	1,681 [d]
CN 2 + Complexo Enzimático A	1,972 [b]	3,573	1,812 [ab]	1,759 [abc]
CN 2 + Complexo Enzimático B	2,022 [ab]	3,656	1,805 [ab]	1,739 [abcd]
CV (%)	3,76	4,01	1,72	2,37

[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2,5% de EM, PB e aas
[3] Controle Negativo 2: com redução de 5,0% EM, PB e aas
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c, d] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

No período total (Tabela 9), o tratamento 5 (CN 1 + complexo enzimático B) apresentou o maior valor de ganho de peso (P<0,05), mas não diferiu estatisticamente dos tratamentos 1 (CP), 2 (CN 1) e 7 (CN 2 + CE B). Yu & Chung (2004) também encontraram o maior ganho de peso em aves suplementadas com o CE B na fase total de 1 a 38 dias, mas o bom resultado encontrado para o CE A por tais autores não foi verificado no presente trabalho.

O consumo de ração não diferiu estatisticamente (P>0,05) entre os tratamentos. Yu & Chung (2004) também não verificaram diferença para essa variável na fase inicial, de crescimento e total em experimento realizado em clima quente.

Para as características conversão alimentar e conversão alimentar ajustada, os tratamentos 1 (CP) e 5 (CN 1 + complexo enzimático B) apresentaram os melhores resultados.

A viabilidade criatória não apresentou diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos. Em relação ao índice de eficiência produtiva (IEP), verificou-se maior valor para o tratamento 1 (CP) seguido, novamente, pelo 5 (CN 1 + complexo enzimático B) e menor valor para o tratamento 3 (CN 2).

No geral, os ensaios descritos por Yu & Chung (2004) demonstram ação da enzima amilase sobre o desempenho de frangos na fase de crescimento independente do clima, e que a mistura desta enzima com outras que degradam polissacarídeos não-amiláceos, neste caso glucanase e xilanase, promove desempenho adicional às aves. Nos resultados de desempenho do presente trabalho pode-se observar esta resposta adicional promovida pela enzima xilanase, que difere o complexo enzimático B do complexo A.

Tabela 9 - Desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com rações a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexos enzimáticos

Tratamentos	GP (kg)	CR (kg)	CA (kg/kg)	CAA (kg/kg)	Viabilidade (%)	IEP*
CP [1]	2,956 [ab]	4,850	1,640 [c]	1,517 [c]	95,6	417,1 [a]
CN 1 [2]	2,901 [ab]	4,824	1,663 [bc]	1,554 [bc]	94,5	395,3 [abc]
CN 2 [3]	2,815 [b]	4,796	1,698 [a]	1,613 [a]	95,0	381,0 [c]
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	2,812 [b]	4,757	1,689 [ab]	1,608 [a]	94,4	381,2 [bc]
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	2,983 [a]	4,934	1,654 [c]	1,523 [c]	94,1	405,6 [ab]
CN 2 + Complexo Enzimático A	2,808 [b]	4,747	1,691 [ab]	1,608 [a]	97,1	390,0 [bc]
CN 2 + Complexo Enzimático B	2,859 [ab]	4,826	1,684 [ab]	1,592 [ab]	94,8	388,6 [bc]
CV (%)	3,23	3,53	1,08	1,86	3,18	2,95

[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% de EM, PB e aas na dieta inicial e 2,5% na dieta de crescimento
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% EM, PB e aas na dieta inicial e 2,5% na dieta de crescimento
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
* Índice de Eficiência Produtiva
[a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (*P*<0,05).

4.2 Ensaio de Metabolismo

4.2.1 Incremento de Energia

Os resultados de EMAn pelas metodologias de coleta total e coleta parcial com indicador e EDI, determinados com aves de 21 e 42 dias, estão apresentados na Tabela 10. Os coeficientes de correlação linear existentes entre as diferentes metodologias utilizadas estão na Tabela 11.

Na primeira coleta do ensaio de metabolismo realizada com aves de 21 dias, o tratamento 1 (CP) forneceu os maiores valores de EMAs e EDI não diferindo estatisticamente do tratamento 2 (CN 1), demonstrando que nessa fase os complexos enzimáticos utilizados não foram eficazes em incrementar a energia da ração. Cowieson & Ravindran (2008) ao utilizarem um complexo enzimático de xilanase, amilase e protease na ração de frangos na fase inicial observaram aumento de 3% na EMA, 2% na EMAn e nenhum efeito na EDI. Sorbara (2008), ao trabalhar com diferentes reduções de energia e suplementação de carboidrases com aves de 19 dias, também não verificou diferença na digestibilidade ileal da energia entre os tratamentos.

Já na coleta realizada com aves de 42 dias de idade, o tratamento 5 (CN1 + CE B) foi o que resultou em maiores valores de energia digestível e metabolizável, mas estes resultados não diferem estatisticamente dos tratamentos 1 (CP), 3 (CN 2) e 4 (CN 1 + CE A) na metodologia de coleta total e dos tratamentos 3 e 4 nas metodologias de coleta com indicador e coleta ileal.

O complexo enzimático A incrementou em 2,0; 6,7; e 6,2% e o complexo enzimático B incrementou em 3,0; 8,2 e 7,6% a energia da ração nas metodologias de coleta total, indicador e coleta ileal, respectivamente. Os valores encontrados na coleta total estão mais condizentes com a realidade e com os dados encontrados na literatura. Uma justificativa para as altas percentagens encontradas nas outras metodologias seria a recuperação incompleta do indicador nas rações, excretas e digesta, que teria resultado em incorretos fatores de indigestibilidade (FI), utilizados nas fórmulas da Tabela 6.

Os resultados encontrados para o tratamento 3 não eram esperados por ele ser o controle negativo com maior redução (CN 2), mas análises da ração posteriores ao experimento mostraram que a redução prevista não ocorreu,

possivelmente por algum erro no momento da batida. Sendo assim, a comparação do tratamento 3 com os tratamentos 6 e 7 (CN 2 + CE A e CN 2 + CE B) fica impossibilitada e não se pode concluir se os complexos enzimáticos aumentaram a energia das rações com maior redução.

Segundo Carvalho (2006), a inclusão dos complexos enzimáticos foi eficiente em melhorar a energia metabolizável das dietas em aves de 24 a 26 dias. Os complexos 0,05% de amilase, protease e xilanase; 0,03% de amilase e β-glucanase; 0,04% de amilase e β-glucanase; e 0,04% de amilase e β-glucanase mais 0,01% de xilanase incrementaram em 2,01%; 2,06%; 4,36% e 3,48 %, respectivamente, a EMAn das dietas. Os dois últimos complexos forneceram energia além dos 3% estipulados no referido ensaio.

Ao compararmos os resultados de energia nas diferentes metodologias, observamos que o uso do indicador produz valores inferiores ao da coleta total, diferenças estas que variam de 39 a 227 kcal/kg na coleta com 21 dias e de 34 a 192 kcal/kg na coleta com 42 dias. Apesar dos valores discrepantes entre essas duas metodologias, o coeficiente de correlação linear (*r*) existente entre elas é de 0,66 e 0,42 com 21 e 42 dias, respectivamente, valores que demonstram uma relação moderada entre os dados.

A EDI foi mais alta que as EMAs na maioria dos tratamentos, resultado esperado já que nessa energia ainda está inclusa a energia urinária. O *r* resultante entre a EDI e EMAn determinada por coleta total foi de 0,60 e entre a EDI e EMAn determinada por indicador foi de 0,96. Conclui-se que para a variável energia determinada aos 21 dias, as diferentes metodologias resultam em valores que divergem, mas possuem de média a alta correlação, isto é, quando uma aumenta ou diminui a outra tende a seguir. Aos 42 dias, a correlação entre EDI e EMAn por coleta total é 0,31 e, entre EDI e EMAn por indicador, 0,89. Este último valor sugere que é mais indicado a comparação da energia digestível com a EMAn determinada por indicador.

Segundo Sakomura & Rostagno (2007), os diferentes métodos para determinar a energia com aves geram valores diferentes para um mesmo alimento em razão das características de cada método e, dessa forma, existe a dúvida de quais valores energéticos melhor representam o aproveitamento dos alimentos pelas aves.

Zanella et al. (1999) compararam diferentes métodos de determinar EM, em um estudo que relacionou as EMA, EMV e ED ileal pelos métodos de coleta total com pintos, alimentação precisa com galos e coleta ileal com frangos aos 37 dias, respectivamente, de dietas formuladas à base de milho e sojas integrais processadas com e sem a suplementação de enzimas com o desempenho de frangos e verificaram que a correlação do desempenho com a ED ileal foi maior, seguida pela correlação da EMA. Entretanto, não houve correlação dos valores de EMV com o desempenho.

Gracia et al. (2003), trabalhando com dietas à base de milho e farelo de soja, com a inclusão de amilase, observaram que a suplementação melhorou a digestibilidade do amido e a EMAn, o que resultou em maior ganho de peso nas aves.

Tabela 10 - Valor médio (kcal/kg) da energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) determinada pelas metodologias de coleta total e com indicador e energia digestível ileal (EDI) de aves com 21 e 42 dias de idade

Tratamentos	21 dias			42 dias		
	EMA (%) Coleta Total*	EMA (%) Indicador*	EDI (%)	EMA (%) Coleta Total**	EMA (%) Indicador**	EDI (%)
CP [1]	3072 [a]	3034 [a]	3213 [a]	3056 [ab]	2914 [b]	3020 [c]
CN 1 [2]	2960 [ab]	2934 [ab]	3108 [ab]	3014 [bc]	2822 [c]	2928 [d]
CN 2 [3]	2909 [b]	2820 [bc]	2992 [bc]	3082 [ab]	3019 [a]	3148 [a]
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	2909 [b]	2796 [bc]	2960 [bcd]	3075 [ab]	3024 [a]	3123 [ab]
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	2959 [b]	2743 [cd]	2928 [cd]	3107 [a]	3073 [a]	3168 [a]
CN 2 + Complexo Enzimático A	2872 [b]	2645 [d]	2817 [d]	2981 [c]	2909 [b]	3024 [c]
CN 2 + Complexo Enzimático B	2881 [b]	2706 [cd]	2886 [cd]	3029 [bc]	2957 [b]	3073 [bc]
CV (%)	1,62	2,69	2,69	1,29	1,02	1,10

Cada valor representa uma média de 5 gaiolas nos tratamentos 1,2 e 3 e 6 gaiolas nos demais, com 9 aves na primeira coleta (21 d) e 4 aves na segunda (42 d)
* Determinado com aves de 17 a 21 dias de idade
** Determinado com aves de 38 a 42 dias de idade
[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% e 2,5% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% e 5,0% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c, d] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 11 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação da EMAn e EDI com aves de 21 e 42 dias de idade

21 dias			
Metodologias	EMAn Coleta Total	EMAn Indicador	EDI
EMAn Coleta Total	1,00	0,66 0,0008	0,60 0,0031
EMAn Indicador	0,66 0,0008	1,00	0,96 <0,0001
EDI	0,60 0,0031	0,96 <0,0001	1,00

42 dias			
Metodologias	EMAn Coleta Total	EMAn Indicador	EDI
EMAn Coleta Total	1,00	0,42 0,0228	0,31 0,0999
EMAn Indicador	0,42 0,0228	1,00	0,89 <0,0001
EDI	0,31 0,0999	0,89 <0,0001	1,00

4.2.2 Digestibilidade da Matéria Seca

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) determinados por coleta total e indicador e os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS), determinados com frangos de 21 e 42 dias de idade, estão apresentados na Tabela 12. Os coeficientes de correlação linear existentes entre as diferentes metodologias utilizadas estão na Tabela 13.

Com aves de 21 dias de idade, os CDAMS por coleta total e CDIMS não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Para o CDAMS por indicador, os tratamentos 1 (CP) e 2 (CN 1) obtiveram os maiores valores. A metodologia do indicador apresentou resultado inferior à metodologia da coleta total para todos os tratamentos, com uma correlação média de 0,45 entre elas.

Nas aves com 42 dias, somente o CDAMS por coleta total não apresentou diferença entre os tratamentos. O CDAMS por indicador foi maior no tratamento 5 (CN 1 + CE B) e para o CDIMS o tratamento 3 obteve o maior valor. Zanella et al. (1999) e Rodrigues et al. (2003) obtiveram melhora na digestibilidade ileal da matéria seca quando enzimas foram adicionadas às dietas. Carvalho (2006) não verificou diferença nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca nos diferentes tratamentos.

O CDIMS foi menor que os CDAMS em todos os tratamentos, nas duas coletas, como era esperado, pois no íleo a matéria seca não foi totalmente digerida. Sua correlação com o CDAMS por indicador foi 0,13 e 0,18 e com o CDAMS pela coleta total foi -0,18 e -0,08, aos 21 e 42 dias, respectivamente. Valores baixos e até mesmo negativos demonstram que essa variável pode não ser tão conclusiva no entendimento da digestibilidade da matéria seca.

Tabela 12 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) determinados pelas metodologias de coleta total e uso de indicador e coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIMS) de aves com 21 e 42 dias de idade

Tratamentos	21 dias			42 dias		
	CDAMS (%) Coleta Total*	CDAMS (%) Indicador*	CDIMS (%)	CDAMS (%) Coleta Total**	CDAMS (%) Indicador**	CDIMS (%)
CP [1]	79,78	77,90 [a]	73,38	77,76	73,01 [c]	71,00 [b]
CN 1 [2]	78,61	77,30 [a]	75,28	79,10	73,52 [c]	72,19 [b]
CN 2 [3]	77,16	74,22 [ab]	73,18	79,95	77,78 [ab]	76,69 [a]
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	77,48	73,62 [ab]	71,27	79,46	77,68 [ab]	74,14 [ab]
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	77,60	72,33 [b]	69,17	80,30	79,11 [a]	74,67 [ab]
CN 2 + Complexo Enzimático A	78,40	71,39 [b]	68,60	80,25	77,77 [ab]	71,46 [b]
CN 2 + Complexo Enzimático B	78,18	72,23 [b]	69,86	79,60	77,20 [b]	70,90 [b]
CV (%)	2,03	3,11	4,73	1,68	1,16	2,16

Cada valor representa uma média de 5 gaiolas nos tratamentos 1,2 e 3 e 6 gaiolas nos demais, com 9 aves na primeira coleta (21 d) e 4 aves na segunda (42 d)
* Determinado com aves de 17 a 21 dias de idade
** Determinado com aves de 38 a 42 dias de idade
[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% e 2,5% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% e 5,0% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 13 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação do CDAMS com aves de 21 e 42 dias de idade

	21 dias		
Metodologias	CDAMS Coleta Total	CDAMS Indicador	CDIAMS
CDAMS Coleta Total	1,00	0,45 0,0195	- 0,18 0,3766
CDAMS Indicador	0,45 0,0195	1,00	0,13 0,5211
CDIAMS	- 0,18 0,3766	0,13 0,5211	1,00

	42 dias		
Metodologias	CDAMS Coleta Total	CDAMS Indicador	CDIAMS
CDAMS Coleta Total	1,00	0,37 0,0600	- 0,08 0,7123
CDAMS Indicador	0,37 0,0600	1,00	0,18 0,3820
CDIAMS	- 0,08 0,7123	0,18 0,3820	1,00

4.2.3 Digestibilidade do Extrato Etéreo

Os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo obtidos pelas técnicas avaliadas, com frangos de 21 e 42 dias de idade, encontram-se na Tabela 14. Os coeficientes de correlação linear existentes entre as diferentes metodologias utilizadas estão na Tabela 15.

Aos 21 dias, os maiores valores de digestibilidade do extrato etéreo foram referentes ao tratamento 1 (CP) e os menores foram do tratamento 4 (CN 1 + CE A), nas três diferentes metodologias. Estes resultados demonstram que os complexos enzimáticos não proporcionaram nenhuma melhora na digestibilidade do extrato etéreo nesta fase.

Na coleta realizada com 42 dias, os CDAEE por coleta total e indicador foram maiores no tratamento 4 (CN 1 + CE A), mas só diferiram estatisticamente do tratamento 3 (CN 2) na coleta total e do 2 (CN 1) e 3 no indicador. No geral, os tratamentos nos quais foram inclusos os complexos enzimáticos apresentaram melhora na digestibilidade do extrato etéreo quando comparados aos seus respectivos tratamentos controle. O CDIEE não apresentou diferença entre os tratamentos.

Zanella et al. (1999), trabalhando com adição de 0,1% de amilase, protease e xilanase na dieta a base de milho e farelo de soja, soja extrusada e soja tostada, relataram significativa melhora da digestibilidade do extrato etéreo (1,6%).

Em relação às metodologias, os coeficientes determinados por indicador foram menores que os determinados pela coleta total, mas com uma correlação alta de 0,93 e 0,90, aos 21 e 42 dias, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade ileal foram superiores aos outros coeficientes em todos os tratamentos e nas duas coletas. A correlação entre o CDI e o CDA por coleta total foi 0,08 e 0,09 e entre o CDI e CDA por indicador foi 0,20 e 0,28, nas coletas com 21 e 42 dias, respectivamente.

Tabela 14 - Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDAEE) determinados pelas metodologias de coleta total e uso de indicador e coeficiente de digestibilidade ileal do extrato etéreo (CDIEE) de aves com 21 e 42 dias de idade

Tratamentos	21 dias			42 dias		
	CDAEE (%) Coleta Total*	CDAEE (%) Indicador*	CDIEE (%)	CDAEE (%) Coleta Total**	CDAEE (%) Indicador**	CDIEE (%)
CP [1]	92,87 [a]	92,24 [a]	96,52 [a]	90,30 [a]	88,13 [ab]	93,19
CN 1 [2]	90,68 [ab]	90,00 [ab]	95,48 [ab]	86,68 [ab]	84,88 [b]	89,69
CN 2 [3]	91,02 [ab]	89,88 [abc]	94,35 [abc]	86,62 [b]	85,17 [b]	91,93
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	87,85 [b]	85,79 [c]	91,70 [c]	90,66 [a]	89,89 [a]	91,69
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	89,27 [b]	86,38 [bc]	92,39 [bc]	89,17 [ab]	87,94 [ab]	89,97
CN 2 + Complexo Enzimático A	89,70 [ab]	86,37 [bc]	94,14 [abc]	89,40 [ab]	88,05 [ab]	92,40
CN 2 + Complexo Enzimático B	89,34 [ab]	86,27 [bc]	93,85 [abc]	89,21 [ab]	87,92 [ab]	90,73
CV (%)	2,03	2,46	1,99	2,12	2,20	2,07

Cada valor representa uma média de 5 gaiolas nos tratamentos 1, 2 e 3 e 6 gaiolas nos demais, com 9 aves na primeira coleta (21 d) e 4 aves na segunda (42 d)
* Determinado com aves de 17 a 21 dias de idade
** Determinado com aves de 38 a 42 dias de idade
[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% e 2,5% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% e 5,0% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 15 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação do CDAEE com aves de 21 e 42 dias de idade

21 dias			
Metodologias	CDAEE Coleta Total	CDAEE Indicador	CDIAEE
CDAEE Coleta Total	1,00	0,93 <0,0001	0,08 0,7221
CDAEE Indicador	0,93 <0,0001	1,00	0,20 0,3803
CDIAEE	0,08 0,7221	0,20 0,3803	1,00

42 dias			
Metodologias	CDAEE Coleta Total	CDAEE Indicador	CDIAEE
CDAEE Coleta Total	1,00	0,90 <0,0001	0,09 0,6711
CDAEE Indicador	0,90 <0,0001	1,00	0,28 0,1854
CDIAEE	0,09 0,6711	0,28 0,1854	1,00

4.2.4 Digestibilidade da Proteína Bruta

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) determinados por coleta total e indicador e os coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB), determinados com frangos de 21 e 42 dias de idade, estão apresentados na Tabela 16. Os coeficientes de correlação linear existentes entre as diferentes metodologias utilizadas estão na Tabela 17.

Em relação à digestibilidade da proteína bruta determinada em aves com 21 dias, os maiores coeficientes foram encontrados nos tratamentos 1 (CP) e 2 (CN 1), tanto na coleta total como na coleta com indicador. O CDI não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, portanto, não foram observados resultados que comprovem a atuação das enzimas. No entanto, Cowieson & Ravindran (2008) observaram aumento de 12% na retenção de N quando adicionaram um complexo enzimático de xilanase, amilase e protease na ração. A protease existente no complexo enzimático utilizado por tais autores exerceram maior ação na digestibilidade da proteína.

Aos 42 dias, o maior valor de CDAPB por coleta total foi do tratamento 3 (CN 2), mas este só diferiu estatisticamente do tratamento 1 (CP) e dentre os CDAPB por indicador, o tratamento 3 também obteve o maior, diferindo estatisticamente dos tratamentos 1 e 2.

Nos resultados de CDIPB o tratamento com maior valor foi o 5 (CN 1 + CE B) que não diferiu do tratamento 4 (CN 1 + CE A), demonstrando efeito das enzimas.

Os coeficientes de digestibilidade aparente determinados por indicador apresentaram valores inferiores aos determinados por coleta total, mas com correlação média, tanto nas aves com 21 dias (0,64) como nas aves com 42 dias (0,67), sugerindo que, para determinar um melhor tratamento em um experimento, tanto faz utilizar uma metodologia ou outra, mas para determinação de valores de proteína digestível o pesquisador teria de optar baseado na literatura.

Os CDAs obtidos, das aves com 21 e 42 dias de idade, possuem valores bem mais baixos que o CDI, como esperado, já que a ave excreta o ácido úrico junto com as fezes e existe degradação dos aminoácidos pela microbiota na parte distal do intestino.

A metodologia da digestibilidade ileal possui duas vantagens sobre a de coleta total. Primeiro, a composição protéica não é modificada pela microbiota na

parte distal do intestino e, segundo, evita-se a combinação das fezes com o nitrogênio e aminoácidos da urina (Kadim et al., 2002).

Segundo Zanella et al. (1999), quando se utiliza enzimas em dietas para frangos de corte, os efeitos nos coeficientes de digestibilidade são melhor percebidos quando se realiza coleta ileal da digesta, pelo fato dos cecos interferirem na digestibilidade da digesta. Os coeficientes de digestibilidade obtidos por ele pela coleta total de aves intactas e cecectomizadas foram inferiores aqueles proporcionados pela coleta ileal.

A correlação existente entre o CDI com o CDA por coleta total é -0,04 e –0,09 e com o CDA por indicador é 0,29 e -0,13, nas coletas com 21 e 42 dias, respectivamente. Estes valores baixos expressam uma relação quase nula e, quando negativos, inversamente proporcional.

Tabela 16 - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) determinados pelas metodologias de coleta total e uso de indicador e coeficiente de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) de aves com 21 e 42 dias de idade

Tratamentos	21 dias			42 dias		
	CDAPB (%) Coleta Total*	CDAPB (%) Indicador*	CDIPB (%)	CDAPB (%) Coleta Total**	CDAPB (%) Indicador**	CDIPB (%)
CP [1]	73,77 [a]	71,24 [a]	84,90	64,72 [b]	57,49 [b]	86,31 [ab]
CN 1 [2]	74,42 [a]	72,78 [a]	86,10	66,08 [ab]	56,32 [b]	85,56 [b]
CN 2 [3]	73,41 [ab]	69,93 [ab]	85,45	70,17 [a]	66,93 [a]	85,42 [b]
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	68,91 [c]	63,25 [bc]	85,17	67,90 [ab]	65,13 [a]	87,24 [ab]
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	69,44 [bc]	60,99 [c]	84,06	67,40 [ab]	64,19 [a]	88,34 [a]
CN 2 + Complexo Enzimático A	70,57 [abc]	61,36 [c]	83,14	68,75 [ab]	64,88 [a]	84,30 [c]
CN 2 + Complexo Enzimático B	70,99 [abc]	63,04 [c]	84,20	66,55 [ab]	62,61 [a]	81,39 [d]
CV (%)	2,84	5,21	1,89	3,73	3,79	1,43

Cada valor representa uma média de 5 gaiolas nos tratamentos 1,2 e 3 e 6 gaiolas nos demais, com 9 aves na primeira coleta (21 d) e 4 aves na segunda (42 d)
* Determinado com aves de 17 a 21 dias de idade
** Determinado com aves de 38 a 42 dias de idade
[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% e 2,5% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% e 5,0% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 17 - Coeficientes de correlação linear (*r*) e correspondente valor de *p* existentes entre as metodologias adotadas na determinação do CDAPB com aves de 21 e 42 dias de idade

	21 dias		
Metodologias	CDAPB Coleta Total	CDAPB Indicador	CDIAPB
CDAPB Coleta Total	1,00	0,64 0,0011	- 0,04 0,8704
CDAPB Indicador	0,64 0,0011	1,00	0,29 0,1855
CDIAPB	- 0,04 0,8704	0,29 0,1855	1,00

	42 dias		
Metodologias	CDAPB Coleta Total	CDAPB Indicador	CDIAPB
CDAPB Coleta Total	1,00	0,67 <0,0001	- 0,09 0,6455
CDAPB Indicador	0,67 <0,0001	1,00	- 0,13 0,4863
CDIAPB	- 0,09 0,6455	- 0,13 0,4863	1,00

4.2.5 Digestibilidade Ileal dos Aminoácidos

Os coeficientes de digestibilidade ileal dos aminoácidos, determinados com aves de 21 e 42 dias, encontram-se nas Tabelas 18 e 19.

Nas aves com 21 dias, os aminoácidos essenciais que não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (P>0,05) foram a arginina, a metionina e a treonina e dos não-essenciais foram a cistina e a glutamina. A diferença encontrada nos outros aminoácidos não evidencia nenhuma melhora proporcionada pelas enzimas, tanto que os maiores coeficientes de digestibilidade ileal se encontram no tratamento 2 (CN 1), seguido pelo tratamento 1 (CP).

Nas aves com 42 dias, todos os aminoácidos apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05). Os maiores coeficientes de digestibilidade concentraram-se no tratamento 5 (CN 1 + CE B), seguido pelo tratamento 4 (CN 1 + CE A), resultado que demonstra maior digestibilidade dos aminoácidos proporcionada pelos complexos enzimáticos nas rações com menor redução de EM, PB e aas. Este resultado faz referência ao coeficiente de digestibilidade ileal da proteína bruta (CDIPB) da Tabela 12.

Estes resultados encontrados corroboram o estudo realizado por Rutherfurd et al. (2007), no qual também observou-se maior digestibilidade ileal de aminoácidos em dietas de milho e farelo de soja quando foram suplementadas com a combinação de endoxilanase, alfa-amilase e beta-glucanase.

Cowieson & Ravindran (2008) verificaram aumento de no mínimo 3% na digestibilidade ileal de todos os 17 aminoácidos determinados no estudo ao adicionarem um complexo enzimático de xilanase, amilase e protease na ração, mas tal resultado se justifica pela protease existente na mistura.

Apesar do complexo enzimático ser composto apenas por carboidrases, o aumento na digestibilidade de aminoácidos pode ser justificado pela degradação dos PNAs das paredes celulares e conseqüente liberação de nutrientes, além do maior acesso das enzimas digestivas endógenas (proteases, por exemplo) a estes nutrientes.

Meng & Slominski (2005), ao estudarem o efeito de carboidrases (xilanase, glucanase, pectinase, celulase, mananase, galactanase) com efeito sobre PNAs, verificaram um aumento na EMAn e na digestibilidade ileal do amido, além de uma melhor conversão alimentar pelas aves. Como a enzima amilase não estava inclusa

no suplemento enzimático estudado, pode-se concluir que a maior disponibilidade do amido resultou da atividade dessas enzimas sobre a parede celular liberando nutrientes encapsulados, como o amido. Sendo assim, a mistura de enzimas que exercem ação sobre os PNAs com a enzima amilase é uma boa estratégica para um aumento ainda maior na digestibilidade do amido, uma vez que ele será liberado e haverá a amilase para degradá-lo.

Tabela 18 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos (%) determinados em frangos com 21 dias de idade

Tratamentos	CP [1]	CN 1 [2]	CN 2 [3]	CN 1 + CE A [4]	CN 1 + CE B [5]	CN 2 + CE A	CN 2 + CE B	CV (%)
Aminoácidos essenciais								
Arginina	91,32	91,88	92,06	91,73	90,55	90,34	91,02	1,18
Histidina	86,26 [ab]	87,07 [a]	87,05 [a]	86,38 [a]	83,87 [ab]	83,13 [b]	84,93 [ab]	2,03
Isoleucina	87,18 [ab]	88,05 [a]	87,06 [ab]	84,28 [bc]	82,96 [c]	83,52 [c]	85,39 [abc]	2,02
Leucina	89,58 [a]	88,95 [ab]	88,30 [abc]	87,47 [abcd]	84,83 [d]	85,54 [cd]	86,08 [bcd]	1,87
Lisina	88,90 [ab]	90,03 [ab]	90,14 [a]	90,06 [a]	88,48 [ab]	87,93 [b]	89,10 [ab]	1,28
Metionina	92,12	91,99	92,57	91,34	90,48	90,55	91,64	1,11
Fenilalanina	88,07 [ab]	88,62 [a]	88,52 [a]	87,38 [ab]	85,26 [b]	85,14 [b]	86,51 [ab]	1,84
Treonina	86,01	86,20	84,47	84,47	82,41	82,47	83,33	2,40
Valina	84,62 [b]	86,29 [ab]	87,79 [ab]	87,24 [ab]	86,60 [ab]	87,37 [ab]	88,40 [a]	1,83
Aminoácidos não-essenciais								
Alanina	86,25 [a]	86,83 [a]	86,23 [a]	85,54 [ab]	83,51 [ab]	82,62 [b]	84,39 [ab]	1,93
Aspartato	85,83 [a]	88,42 [a]	88,15 [a]	88,02 [a]	85,15 [a]	85,01 [a]	77,78 [b]	2,42
Cistina	80,27	82,28	83,14	82,48	80,72	82,30	83,17	2,56
Glutamina	91,79	91,32	91,35	91,37	90,08	89,71	90,22	1,23
Glicina	81,94 [a]	80,48 [ab]	79,08 [ab]	79,82 [ab]	77,65 [ab]	77,66 [ab]	76,56 [b]	2,97
Prolina	84,84 [ab]	85,05 [ab]	85,67 [ab]	86,47 [a]	83,23 [ab]	82,94 [b]	83,13 [ab]	2,27
Serina	83,23 [ab]	85,14 [a]	84,44 [ab]	84,40 [ab]	81,43 [ab]	80,14 [b]	84,55 [ab]	2,81
Tirosina	87,50 [ab]	87,95 [a]	86,93 [ab]	85,94 [abc]	84,49 [bc]	83,17 [c]	84,61 [bc]	1,92

[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% e 2,5% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% e 5,0% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c, d] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 19 - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos (%) determinados em frangos com 42 dias de idade

Tratamentos	CP [1]	CN 1 [2]	CN 2 [3]	CN 1 + CE A [4]	CN 1 + CE B [5]	CN 2 + CE A	CN 2 + CE B	CV (%)
Aminoácidos essenciais								
Arginina	92,83 [ab]	92,33 [b]	93,27 [ab]	94,02 [ab]	94,40 [a]	93,88 [ab]	93,37 [ab]	1,03
Histidina	89,36 [ab]	87,65 [b]	89,82 [a]	90,26 [a]	90,34 [a]	89,68 [a]	87,87 [b]	1,01
Isoleucina	88,56 [bcd]	87,35 [d]	89,21 [abcd]	90,36 [ab]	90,71 [a]	90,01 [abc]	88,21 [cd]	1,12
Leucina	88,65 [cd]	87,17 [d]	89,59 [bc]	90,25 [abc]	91,48 [a]	91,10 [ab]	89,41 [bc]	1,10
Lisina	90,75 [ab]	89,68 [b]	90,90 [ab]	90,70 [ab]	91,78 [a]	91,43 [ab]	90,12 [b]	0,90
Metionina	92,72 [b]	92,97 [b]	95,57 [a]	96,09 [a]	96,03 [a]	94,90 [ab]	92,90 [b]	0,64
Fenilalanina	89,73 [bcd]	88,38 [d]	90,48 [abc]	91,24 [ab]	91,64 [a]	91,04 [abc]	89,31 [cd]	1,08
Treonina	85,46 [cd]	83,98 [d]	86,91 [abc]	88,21 [ab]	88,60 [a]	87,87 [ab]	86,24 [bc]	1,31
Valina	90,54 [ab]	89,50 [bc]	91,51 [a]	91,62 [a]	91,64 [a]	90,43 [ab]	88,40 [c]	0,95
Aminoácidos não-essenciais								
Alanina	88,52 [cd]	86,88 [d]	89,35 [abc]	90,22 [abc]	90,58 [a]	90,45 [ab]	88,79 [bc]	1,06
Aspartato	89,13 [a]	87,52 [a]	89,37 [a]	89,54 [a]	87,53 [a]	87,65 [a]	80,58 [b]	1,34
Cistina	88,64 [a]	85,50 [bc]	87,51 [ab]	88,77 [a]	85,35 [bc]	86,89 [ab]	84,36 [c]	1,47
Glutamina	92,05 [ab]	90,65 [bc]	92,56 [a]	93,39 [a]	93,06 [a]	92,51 [a]	90,37 [c]	0,83
Glicina	81,47 [bc]	79,37 [c]	81,62 [abc]	83,62 [ab]	84,31 [a]	84,16 [ab]	80,36 [c]	1,75
Prolina	87,17 [ab]	85,14 [b]	87,51 [ab]	88,57 [a]	89,43 [a]	89,47 [a]	86,23 [b]	1,39
Serina	86,88 [b]	86,54 [bc]	88,73 [ab]	89,53 [a]	89,92 [a]	89,55 [a]	84,54 [c]	1,27
Tirosina	89,54 [abc]	87,78 [c]	89,82 [abc]	90,96 [a]	91,21 [a]	89,94 [ab]	88,28 [bc]	1,27

[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% e 2,5% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% e 5,0% de EM, PB e aas nas fases inicial e crescimento, respectivamente
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
[a, b, c, d] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05)

4.3 Viabilidade Econômica

O custo de produção de frangos aos 42 dias para os diferentes tratamentos, com variação de 40% (de 20 em 20%) no preço do milho e do farelo de soja, está apresentado na Tabela 20.

Com o valor atual do milho e farelo de soja, os tratamentos 5 (CN 1 + CE B) e 7 (CN 2 + CE B) proporcionam os menores custos de produção por kg de frango vivo, 3,4% inferiores quando comparados ao controle positivo.

Quando se considera o milho com baixa de 20% o tratamento 7 isolou-se como menor custo diferindo em R$ 0,001 (um milésimo de centavo) do tratamento 3 (CN 2) e o tratamento 5 estabeleceu-se como o terceiro menor custo. Com redução de 40% o tratamento 3 passa a ser o de menor custo, seguido pelo tratamento 7. Na redução do preço do farelo de soja o comportamento é semelhante, com 20% o tratamento 7 empata com o tratamento 3, seguidos pelo tratamento 5. E com redução de 40% o tratamento 3 isola-se como menor custo.

Estes resultados demonstraram que em um cenário de preços mais baixos das principais matérias-primas houve viabilidade na redução dos níveis nutricionais das rações (controle negativo 2) mesmo com alguma perda de desempenho. Nesta realidade, apesar do uso das enzimas terem perdido a primeira posição para o tratamento 3, os tratamentos 5, 6 e 7 ainda mantiveram-se viáveis se comparados ao controle positivo.

Com o aumento do preço tanto do milho quanto do farelo de soja o tratamento 5 torna-se cada vez mais viável em relação aos demais. Portanto, ao considerar um momento de alta nos preços, a suplementação de enzimas demonstrou viabilidade econômica na produção de frangos.

De maneira não clara o tratamento 4 (CN 1 + CE A) apresentou os piores custos de produção em todas as variações de preços analisadas, resultado observado anteriormente nos dados de desempenho.

Tabela 20 - Custo de produção (R$/kg de frango vivo) aos 42 dias de idade tendo por base a variação dos preços das principais matérias-primas da ração de 60 a 140% em relação aos custos atuais*

Tratamentos	Variação do Preço do Milho				
	60%	80%	100%	120%	140%
CP [1]	0,831	0,891	0,952	1,012	1,073
CN 1 [2]	0,798	0,863	0,929	0,994	1,059
CN 2 [3]	0,781	0,852	0,922	0,992	1,063
CN 1 + Complexo Enzimático A [4]	0,835	0,903	0,971	1,038	1,105
CN 1 + Complexo Enzimático B [5]	0,793	0,857	0,921	0,985	1,049
CN 2 + Complexo Enzimático A	0,788	0,858	0,928	0,998	1,069
CN 2 + Complexo Enzimático B	0,782	0,851	0,921	0,990	1,060
	Variação do Preço do Farelo de Soja				
	60%	80%	100%	120%	140%
CP	0,795	0,873	0,952	1,030	1,108
CN 1	0,775	0,852	0,929	1,005	1,081
CN 2	0,768	0,845	0,922	0,999	1,076
CN 1 + Complexo Enzimático A	0,812	0,891	0,971	1,050	1,129
CN 1 + Complexo Enzimático B	0,771	0,846	0,921	0,996	1,071
CN 2 + Complexo Enzimático A	0,775	0,851	0,928	1,005	1,081
CN 2 + Complexo Enzimático B	0,769	0,845	0,921	0,997	1,072

[1] Controle Positivo sem enzima
[2] Controle Negativo 1: com redução de 2% de EM, PB e aas
[3] Controle Negativo 2: com redução de 4% EM, PB e aas
[4] Complexo Enzimático A: 80.000 kNU de α-amilase e 140.000 FBG de β-glucanase
[5] Complexo Enzimático B: 80.000 kNU de α-amilase, 140.000 FBG de β-glucanase e 100.000 FXU de xilanase
* Segundo dados da Jox do mês de julho de 2009: milho a R$ 0,33 e soja a R$ 0,82 por kg

5. CONCLUSÕES

A suplementação do complexo enzimático contendo α-amilase, β-glucanase e xilanase adicionado a dieta a base de milho e soja com redução de 2 e 2,5% de EMA, PB e aas, nas fases inicial e crescimento, respectivamente, restaurou o desempenho das aves, equiparando-o ao das aves alimentadas com uma dieta padrão. Tal complexo foi eficiente em aumentar a digestibilidade de nutrientes e a energia da ração em aves com 42 dias e a utilização das enzimas foi viável economicamente.

De maneira geral, a metodologia de coleta total de excretas promoveu resultados mais consistentes, em relação à determinação da energia e dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, quando comparada às metodologias de coleta ileal e coleta de excretas com indicador.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDFORD, M.R. The effects of enzymes on digestion. **Journal of Applied Poultry Research,** v.5, p.370-378, 1996.

BEDFORD, M.R.; SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v.11, p.91-114, 1998.

BEDFORD, M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems. **World's Poultry Science Journal**, v.56, p.347-365, 2000.

CARVALHO, J.C.C. **Complexos enzimáticos em rações para frangos de corte.** 2006. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2006.

CARVALHO, J.C.C et al. Diferencial de energia do milho com o uso de alfa-amilase e beta-glucanase para frangos de corte nas diversas fases de criação. In:

Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola, 2008, Santos. **Anais...** p.145, 2008.

CHOCT, M. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance**. Proceedings:** Feed Ingredients Asia, 1997. Singapore International Convention & Exhibition Centre, 1997.

CHOCT, M. The effect of different xylanases on carbohydrate digestion and viscosity along the intestinal tract in broilers. **Australian Poultry Science Symposium**, v.10, p.111-115, 1998.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v.62, p. 5-15, 2006.

CLASSEN, H.L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science Technology**, v.62, p. 21-27, 1996.

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.

COWIESON, A.J.; RAVINDRAN, V. Effect of exogenous enzymes in maize-based diets varying in nutrient density for young broilers: growth performance and digestibility of energy, minerals and amino acids. **British Poultry Science**, v.49, n.1, p.37-44, 2008.

GRACIA, M.I. et al. α-Amilase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v.82, p.436-442, 2003.

HUANG, K.H. et al. Influence of age on the apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. **British Poultry Science**, v.46, p.236-245, 2005.

JOHNSON, R.J. Principles, problems and application of amino acid digestibility in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.48, p.232-246, 1992.

JOX, Assessoria Agropecuária. 2009. http://www.jox.com.br. Acessado em julho de 2009.

KADIM, I.T.; MOUGHAN, P.J.; RAVINDRAN, V. Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken—comparison of ileal and excreta amino acid digestibility in the chicken. **British Poultry Science**, v.43, p.588-597, 2002.

KOCHER, A.; CHOCT, M.; BROZ, J. Effects of feed enzymes on nutritive value of soybean meal fed to broilers. **British Poultry Science**, v.43, p. 54-63, 2002.

LIMA, G.J.M.M. et al. Qualidade nutricional do milho: padrões e valorização econômica. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Anais...** p. 235-248, 2005.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, v.7, p.3-11, 1965.

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.

NOY, Y; SKLAN, D. Digestion and absortion in the young chick. **Poultry Science**, v.74, p.366-373, 1995.

PACK, M.; BEDFORD, M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets: new concept to improve nutritional value and economics. **World's Poultry Science Journal**, v.53, n.1, p.87-93, 1997.

PARSONS, C.M.; POTTER, L.M.; BROWN JUNIOR, R.D. Effects of dietary protein and intestinal microflora on excretion of amino acids in poultry. **Poultry Science**, v.61, p.939-946, 1982.

PEDDIE, J.; DEWAR, W.A.; GILBERT, A.B.; WADDINGTON, D. The use of titanium dioxide for determining apparent digestibility in mature domestic fowls (*Gallus domesticus)*. **Journal Agricultural Science**, v.99, p.233-236, 1982.

PENZ JR., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.165-178.

RAVINDRAN, V. et al. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. **British Poultry Science**, v.40, p.266-274, 1999.

RODRIGUES, P.B; ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade dos nutrientes e valores de energia de dietas formuladas com diferentes milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.171-182, 2003.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa-MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

ROTTER, B.A. et al. Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. **Poultry Science**, v.69, n.7, p.1174-1181, 1990.

RUTHERFURD, S.M.; CHUNG, T.K.; MOUGHAN, P.J. The effect of a commercial enzymes preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. **Poultry Science**, v.86, p.665-672, 2007.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal : Funep, 2007. 283 p.

SALES, J.; JANSSENS, G.P.J. The use of markers to determine energy metabolizability and nutrient digestibility in avian species. **World's Poultry Science Journal***,* v.59, p.314-323, 2003.

SANTOS, F.R. **Efeito da suplementação com fitase sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte.** Jaboticabal, 2005. 77 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2005.

SHORT, F.J. et al. Application of a method to determine ileal digestibility in broilers of amino acids in wheat. **Animal Feed Science and Technology,** Amsterdam, v.79, p.195-209, 1999.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p

SORBARA, J.O.B. **Carboidrases em programas enzimáticos de rações para frangos de corte.** 2008. 68 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. 2008.

SOTO-SALANOVA, M.F. et al. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 96 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Curitiba. **Anais...** Campinas, SP: FACTA, 1996. p.71-76.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SAS. **Language and procedures:** version 8. Cary, 1998. 638p.

SUMMERS, D.J.; ROBBLEE, A.R. Comparison of apparent amino acid digestibilities in anesthetized versus sacrificed chickens using diets containing soybean meal and canola meal. **Poultry Science**, Champaign, v.64, p.536-541, 1985.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; XIN, Q.I. Starch composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Starch**, v.39, p.151–165, 2004.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.44, p.282-287, 1977.

VASCONCELLOS, C.H.F. et al. Uso da LIPE® como indicador externo na determinação da energia metabolizável dealimentos em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia***,* v.59, n.2, p.459-465, 2007.

VOHRA, P. Evaluation of metabolizable energy for poultry. **World's Poultry Science Journal***,* v.28, p.204-214, 1972.

WEURDING, R.E. **Kinetics of starch digestion and performance of broiler chickens.** PhD Thesis, Wageningen Institute of Animal Science, Wageningen University, The Netherlands, 2002.

YU B.I.; CHUNG, T.K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.178-182, 2004.

YUSTE, P. et al. The digestibility of semipurified starches from wheat, cassava, pea, bean and potato by adult cockerels and young chicks. **Animal Feed Science Technologic**, v.35, p.289-300, 1991.

ZANELLA, I. et al. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, n.4, p.561-568, 1999.