

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

**ENZIMAS FIBROLÍTICAS EM DIETAS À BASE DE
SORGO PARA FRANGOS DE CORTE**

Autor: Diones Montes da Silva
Orientadora: Dr^a Cibele Silva Minafra

Rio Verde - GO
Junho - 2016

ENZIMAS FIBROLÍDICAS EM DIETAS À BASE DE SORGO PARA FRANGOS DE CORTE

Autor: Diones Montes da Silva
Orientadora: Dr^a. Cibele Silva Minafra

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

Rio Verde - GO
Junho - 2016

ENZIMAS FIBROLÍTIICAS EM DIETAS À BASE DE SORGO PARA FRANGOS DE CORTE

Autor: Diones Montes da Silva

Orientadora: Dr^a. Cibele Silva Minafra

TITULAÇÃO: MESTRE EM ZOOTECNIA

APROVADO em 15 de junho de 2016.

Prof^a. Dr^a. Maria Cristina de Oliveira

Avaliadora externa

UniRV

Prof^a. Dr^a. Priscila Alonso dos Santos

Avaliadora interna

IF Goiano/RV

Prof^a. Dr^a. Cibele Silva Minafra

Presidente da banca

IF Goiano/RV

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, e aos meus pais Sebastião Oliveira da Silva e Cleide Vieira Montes da Silva, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim

A minha irmã, Poliana Montes da Silva, por todos os momentos de alegrias nesses anos de graduação.

A minha noiva, Andrêssa Cristina Duarte Paulino, por todas as palavras de conforto, dedicação, pela paciência nos momentos em que estive ausente e os atrasos em nossos compromissos devido a projetos e trabalhos.

Ao grupo de pesquisa, Jadineia, Janaina, Alison, Regina, pelo companheirismo e amizade.

À Viscozyme e Tovani Benzaquen pela doação do complexo enzimático utilizado nesta pesquisa.

À Comigo pela doação do premix vitamínico e mineral utilizado nesta pesquisa.

A todos os professores do programa de pós-graduação, pelos anos de convivência e ensinamentos em minha formação acadêmica.

A todos os meus amigos da pós-graduação, em especial Olívia Conceição e Patrícia Garcia pelo apoio e amizade.

Em especial, aos professores Dra. Maria Cristina de Oliveira e a Dra. Priscila Alonso dos Santos por fazerem parte da minha banca examinadora.

A todos os funcionários do setor de avicultura, pelo auxílio e colaboração.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para conclusão de mais essa etapa

E, por fim, a minha orientadora Prof. Dra. Cibele Silva Minafra pela orientação, pela oportunidade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Diones Montes da Silva, filho de Cleide Vieira Montes da Silva e Sebastião Oliveira da Silva, nasceu em 18 de janeiro de 1990, em Xinguara - PA. Em fevereiro de 2014, graduou-se em Medicina Veterinária, pela UniRV - Universidade de Rio Verde. Em 2014 iniciou o Mestrado de Zootecnia na área de Produção Animal pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *Campus* Rio Verde – GO, concluindo em 2016.

*“Não ajunteis tesouros na terra, onde a traça e a ferrugem tudo
consumem, e onde os ladrões minam e roubam;
mas ajuntai tesouros no céu, onde nem a traça nem a ferrugem consomem,
e onde os ladrões não minam e nem roubam.
Porque onde estiver o vosso tesouro, aí estará também o vosso coração.”*

Mateus 6 (19-21)

ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	03
2.1 Carboidratos.....	03
2.3 Polissacarídeos Não-Amiláceos.....	03
2.4 Enzimas.....	07
2.4.1. Atuação das enzimas.....	07
2.4.2 Carboidrases.....	08
2.4.3 Carboidrases utilizadas na nutrição de frangos de corte.....	09
2.4.4 Celulase.....	11
2.4.5 Hemicelulase.....	12
2.4.6 Xilanase.....	13
2.4.7 β – glucanase.....	14
2.4.8 Arabinase.....	15
3 OBJETIVOS GERAIS.....	16
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4 REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO 2 - ENZIMAS FIBROLÍTICAS EM DIETAS À BASE DE SORGO PARA FRANGOS DE CORTE.....	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
1 INTRODUÇÃO.....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4. CONCLUSÃO.....	52
5. REFERÊNCIAS.....	53

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
TABELA 1- Composição em PNAs de alguns ingredientes utilizados em frangos de corte.....	04
TABELA 2 - Enzimas utilizadas na ração de aves.....	08
TABELA 3 - Efeito do uso de enzimas na conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja.....	10
TABELA 4 - Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas à base de milho sem adição de enzimas fibrolíticas das fases pré-inicial, inicial, crescimento e final.....	31
TABELA 5 - Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas à base de sorgo das fases pré-inicial, inicial, crescimento e final.....	32
TABELA 6 - Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	37
TABELA 7 - Coeficientes de digestibilidade de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, em frangos de corte alimentados com rações contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	39
TABELA 8 - Pesos relativos de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal em frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações contendo enzimas fibrolíticas	41
TABELA 9 - Peso, comprimento do trato gastrointestinal, peso relativo trato gastrointestinal, esôfago + papo, proventrículo+moela, intestino delgado, intestino grosso, pâncreas, fígado, de frangos de corte de um a 42 dias de idade alimentados com rações contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	42
TABELA 10 - Peso (g), morfometria (mm) e índice peso comprimento de tíbias de um a 42 dias de idade em frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	44
TABELA 11 – Teores no sangue de cálcio (mg/dL); fósforo (mg/dL); relação cálcio e fósforo (mg/dL); proteínas totais (mg/dL) de frangos de corte de um a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	45

TABELA 12 - Concentração de glutamato-oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato-piruvato transaminase (GPT) transaminases (mg/dL) no fígado de frangos de corte de um a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	49
TABELA 13 – Médias das atividades da enzima amilase no pâncreas (U/dL) de frangos de corte de um a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Classificação dos polissacarídeos Não amídicos (PNAs).....	04
FIGURA 2 - Modelo simplificado da hidrólise enzimática da celulose.....	12
FIGURA 3: Sistema enzimático envolvido na degradação da hemicelulose.....	13

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACIONES E UNIDADES

%	Porcentagem
CA	Conversão Alimentar
Ca	Cálcio
CDEE	Coefficiente de Digestibilidade extrato etéreo
CDFB	Coefficiente de Digestibilidade fibra bruta
CDPB	Coefficiente de Digestibilidade Proteína Bruta
CE	Complexo enzimático
CM	Complexo multienzimático
CV	Coefficiente de Variação
dL	Decilitro
EF	Enzimas Fibrolíticas
g	Gramas
GP	Ganho de Peso
Kg	Quilogramas
mg	Miligrama
mL	Mililitros
°C	Grau Celsius
P	Fósforo
PNA's	Polissacarídeos não amiláceos
rpm	Rotações por minuto
TGI	Trato Gastro Intestinal
U	Umidade
UI	Unidade internacional

RESUMO

Objetivou-se avaliar a ação de enzimas fibrolíticas contendo arabinase, β -glucanase, celulase, hemicelulase e xilanase na alimentação de frangos de corte, comparando com o controle à base de milho e farelo de soja sem adição do complexo enzimático e o aproveitamento de compostos orgânicos pelo organismo animal para melhorar os índices zootécnicos, digestibilidade e metabolismo animal: parâmetros sanguíneos, biometria dos órgãos do aparelho digestivo, análises de ossos e perfil bioquímico das vísceras do pâncreas e fígado, foram utilizados 300 pintos de corte de um dia de idade, da linhagem Cobb[®], machos, com peso de inicial $42 \pm 0,1$, alojados em 30 gaiolas de arame galvanizados com dimensões 0,90m x 0,60m x 0,45m. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições de 10 aves cada. Os tratamentos consistiram de suplementação com enzimas fibrolíticas (EF) nas dietas à base de sorgo, e uma dieta controle à base de milho sem suplementação EF. O período experimental foi de 42 dias. Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F for significativo, será aplicada a análise de regressão polinomial, ambos a 5% de probabilidade. A suplementação de EF nas dietas para frangos de corte aos 42 dias de idade melhorou a digestibilidade da fibra bruta e do extrato etéreo, mas não refletiu no desempenho e nem no rendimento de carcaça. Não houve alterações no metabolismo para parâmetros sanguíneos (cálcio, fósforo, e proteína total), análise das vísceras com enzimas transaminases do fígado e amilase do pâncreas, biometria dos órgãos do aparelho digestivo e análise tíbia.

Palavras-chave: biometria, enzimas exógenas, nutrição de aves, tíbia, sangue

CAPÍTULO I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 INTRODUÇÃO

A avicultura nos últimos anos vem se destacando cada vez mais nos diversos países, a produção de carne de frango no Brasil em 2015 chegou a 13,14 milhões de toneladas, com crescimento de 3,5% em relação a 2014, ultrapassando a China. Tornando o segundo maior produtor mundial de carne de frango em 2015, estando abaixo apenas dos Estados Unidos, com produção de 17,96 milhões de toneladas. Do volume total de carne de frango produzida no Brasil 67,3% foi destinado ao consumo interno e 32,7% para as exportações (ABPA, 2016).

Com o objetivo de alcançar altos índices de produtividade o setor avícola nacional utiliza as melhores tecnologias disponíveis no mercado, na busca de qualidade e sanidade do produto. Com este intuito, trabalha com linhagens de alto potencial genético e em vários casos direciona o foco para nutrição, o que torna essencial a necessidade de aperfeiçoar a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos que não seriam absorvidos.

As dietas de frangos de corte são preparadas com 80-85% cereais, tais como milho e sorgo, que representa as principais fontes de energia, e farelo de soja, como fonte de proteína. Juntos, estes cereais são responsáveis por cerca de 80% do custo da dieta, apesar da sua importância, são conhecidos por conter várias concentrações de fatores anti-nutricionais, tais como polissacarídeos não amiláceos (PNAs), fitato, tanino, inibidores da protease e inibidores da alfa-amilase FERNANDES et al. (2016). Estes grãos, farelos e farinhas de origem vegetal podem aumentar a viscosidade do trato gastrointestinal e interferir na digestão e absorção dos nutrientes.

As enzimas exógenas adicionadas às rações de animais visam quatro objetivos distintos, que são: a remoção ou hidrólise de fatores antinutricionais; o aumento da digestibilidade dos nutrientes; a quebra dos PNA's e, a suplementação das enzimas endógenas (GONZALES, 2011).

Vários fatores influenciam as respostas encontradas na literatura com o uso de enzimas específicas para PNA's em dietas com milho e farelo de soja, como: qualidade e composição dos ingredientes, forma de processamento da ração, presença de ácidos orgânicos e acidificantes como moduladores de pH, nível de

energia e de nutrientes na ração basal, idade das aves, atividade única ou multienzimática, dose utilizada e presença da enzima fitase (AFTA, 2012).

O uso de enzimas na alimentação de animais monogástricos tem sido de interesse de vários pesquisadores, pois estes aditivos são incorporados nas dietas dos animais com o propósito de melhorar a utilização dos nutrientes pouco disponíveis, proporcionando melhor desempenho das aves e, com isso, o aumento do sistema produtivo.

A utilização de enzimas na produção de aves é amplamente aceita e embasada cientificamente, pois, dependendo do tipo de enzima utilizada, podendo observar melhorias no desempenho, digestibilidade dos nutrientes, morfometria e saúde intestinal (MENEGHETTI et al., 2014).

Portanto, enzimas exógenas têm como finalidade melhorar a eficiência de utilização dos alimentos, contribuindo para melhor uso de ingredientes de baixo custo para alimentação animal, pois contribuem para a diminuição da viscosidade da digesta, melhorando a ação das enzimas endógenas sobre os substratos específicos (RIBEIRO et al., 2011).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Carboidratos

Os carboidratos são definidos como polihidroxi aldeídos ou cetonas e representam a principal fonte de energia para as aves e suínos. Nas aves não há síntese de amilase salivar e, deste modo, a digestão do amido ocorre no duodeno, quando as amilases pancreáticas atuam sobre a molécula de amido, transformando-o em maltose, isomaltose, maltorriose e dextrinas. Estes resíduos serão ainda digeridos pelas enzimas de membranas, maltase e dextrinases. A α -amilase é a principal enzima pancreática das aves que degrada o amido atuando em ligações α -1,4, entretanto, a velocidade de digestão da amilopectina (α -1,4 e α -1,6) é mais elevada pela principal conformação da cadeia, com numerosas ramificações, aumentando a eficácia enzimática no processo digestivo intestinal (BERTCHINI, 2006).

O processo de digestão do amido ocorre eficazmente nas aves, cerca de 95%, e aumenta no decorrer de sua idade. Vários autores mencionaram melhora na digestibilidade do amido com a inserção de amilase em rações avícolas, obtendo melhora da digestibilidade da matéria seca e da energia metabolizável (GRACIA et al., 2003; RODRIGUES et al., 2003).

2.3 Polissacarídeos Não-Amiláceos

A maior parte das dietas de frangos de corte no Brasil, são compostas por alimentos de origem vegetal e dentre os mais utilizados estão o milho e o farelo de soja instituindo à base da alimentação das aves. Entretanto, esses alimentos oferecem constituintes que não são digeríveis pelas aves, representados pelos polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) e o ácido fítico que são de grande importância (FORTES, 2012).

O milho, sorgo e farelo de soja possuem quantidades significativas de PNAs (Tabela 1) sendo em torno de 8% no milho, e na grande maioria, sua parte é cerca de 6% na forma insolúvel que compõe essencialmente de arabinoxilanos, enquanto o farelo de soja possui em torno de 27% de PNAs, sendo apenas 6% na forma solúvel (BERTECHINI & BRITO 2007).

Tabela 1- Composição em PNAs de alguns ingredientes utilizados em frangos de corte

Ingredientes	Tipo de PNA	%
Milho	PNA total	8,00
	Arabinosilanos	4,20
	β -glucanos	0,10
Farelo de Soja	PNA totais	27,00
	Polímeros complexos	13,90
Sorgo	Arabinosilanos	2,8
	β -glucanos	0,1

Fonte: Adaptado de SOUZA (2005)

Os PNAs são macromoléculas compostas de polímeros de açúcares simples que são conhecidos como monossacarídeos, resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal de animais monogástricos, em razão ao tipo de ligações entre as unidades existentes de açúcares (IUPAC, 2014).

Na Figura 1 estão representados os PNAs que não são digeridos pelas aves (Rosa & Uttpatel, 2007).

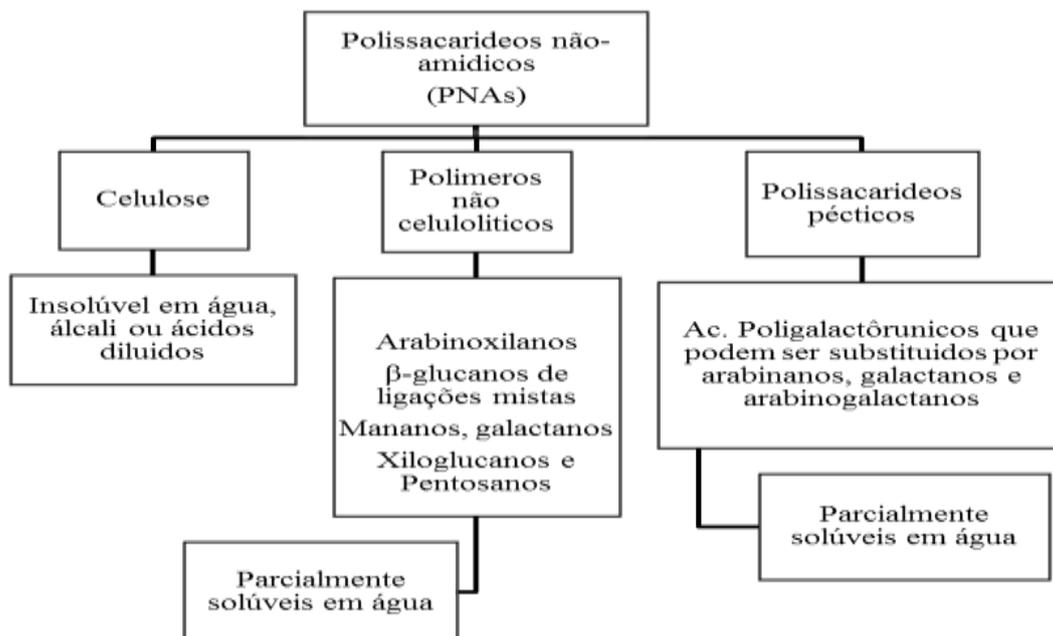


Figura 1 – Classificação dos polissacarídeos não amídicos (PNAs) (adaptado de CHOCT & KOCHER, 2000).

O modo de ação é diferente entre os PNAs solúveis e insolúveis e vai depender da quantidade presente no alimento, podendo ser considerado nutriente diluente ou fator antinutritivo, de acordo com sua solubilidade (HETLAND et al., 2004). A capacidade

de aumentar a viscosidade é maior nos polissacarídeos solúveis em água se comparado aos insolúveis. Exemplo de moléculas insolúveis são xiloses e os xilanos (COWIESON, 2010), enquanto os PNAs solúveis são representados pelos arabinoxilanos, β -glucanos, D-mananos, galactomananos, xiloglucanos, substâncias pécticas etc (TORRES et al., 2003).

O aumento da viscosidade intestinal causada pela presença de PNAs nas rações de aves age como barreira entre enzima e substrato e os produtos da digestão, influenciando os valores de digestibilidade. Efeitos secundários do aumento na viscosidade da dieta podem acontecer como a modificação da estrutura e função do intestino e outros órgãos das aves, caracterizando aumento do peso e da atividade secretória do pâncreas, fígado e intestino (MENEGHETTI et al., 2014).

Os efeitos negativos desses polissacarídeos, sobre a digestão de nutrientes e viscosidade intestinal estão diretamente relacionados a sua localização nos grãos de cereais. A maioria dos arabinoxilanos são insolúveis, mas os que não estão ligados às paredes celulares podem formar soluções altamente viscosas e podem absorver cerca de 10 vezes o seu peso de água (WISEMAN, 2006).

Uma estreita relação entre os PNAs e outras moléculas, como lignina e proteína (AFTAB, 2012), e uma complexidade de ramificações desses polissacarídeos, são reportados no farelo de soja (CHESSON, 2001). Geralmente, os PNAs insolúveis afetam o aproveitamento da energia da dieta, por manterem no interior de suas estruturas os nutrientes geradores de energia (carboidratos, lipídeos e proteínas) (FIREMAN & FIREMAN, 1998). As pesquisas com enzimas em rações, contendo milho e farelo de soja abordam os efeitos desses polissacarídeos insolúveis, pois são ingredientes de baixa viscosidade. Dessa forma, a utilização de enzimas que degradem os PNAs é justificada pela interferência deles no processo digestivo das aves (MENEGHETTI et al., 2014).

Na literatura são encontrados vários exemplos de enzimas exógenas com eficácia comprovada, tais como a xilanase, a arabinoxilanase, a β – glucanase e a celulase (BRUFAU et al. 2006).

Autores demonstraram melhorias na digestibilidade do amido, da gordura e de proteínas com o uso de enzimas por meio da liberação dos nutrientes encapsulados na parede celular dos vegetais. A quebra dessa estrutura e a hidrólise das moléculas de polissacarídeos complexados com proteínas, por exemplo, leva a exposição desse nutriente a enzimas endógenas com atividade proteolítica. Este fato se confirma pelo

aumento na digestibilidade ileal de todos os aminoácidos em rações à base de milho e soja contendo carboidrases (α -amilase, β -glucanase e xilanase), entretanto, a magnitude do efeito é diferente entre os aminoácidos (COWIESON & RAVIDRAN, 2008; COWIESON, 2010). O aproveitamento da fração indigestível pela glucanase e xilanase chega a 27% e 20%, respectivamente (COWIESON, 2010).

A ação das enzimas sobre os PNAs, provavelmente, não proporciona grande aproveitamento pelas aves dos monossacarídeos que os compõem. Na verdade, a despolimerização dos polissacarídeos, quando solúveis, diminui a viscosidade das soluções aquosas na digesta e, conseqüentemente, aumenta o aproveitamento dos nutrientes e da energia do alimento (CHOCT & ANNISON, 1992). Ao mesmo tempo, a redução no comprimento da cadeia afeta propriedades físicas dos PNAs, proporcionando menor capacidade de ligação com outros elementos (MENEHETTI et al., 2014).

As enzimas, em particular as glucanases, aumentam o valor nutritivo de algumas dietas à base de milho e soja, provavelmente após alterar a arquitetura das paredes celulares dos grãos (COWIESON & ADEOLA, 2005). Outros estudos demonstram benefícios de xilanases na melhoria da viscosidade intestinal em razão melhor utilização dos compostos do conteúdo celular. COWIESON (2005) sugere que o uso de xilanase não produz resposta semelhante às obtidas com a combinação das enzimas.

Tais melhorias na disponibilidade de nutrientes com suplementação de carboidrases muitas vezes resultam em reduzido consumo de ração, como consequência da maior disponibilidade de energia, levando a melhor eficiência alimentar (KOCHER et al., 2003).

Vários fatores influenciam as respostas com o uso de enzimas específicas para PNAs em rações com milho e farelo de soja, são qualidade e composição dos ingredientes, forma de processamento da ração, presença de ácidos orgânicos e acidificantes como moduladores de pH, nível de energia e de nutrientes na ração basal, idade das aves, atividade única ou multienzimática, dose utilizada e presença da enzima fitase (AFTAB, 2012).

2.4 Enzimas

As enzimas são geradas por todos os organismos vivos e, como catalisadores da natureza, aceleram as reações químicas que concede a vida, desde aos mais simples organismo unicelulares, passando por plantas e insetos até aos humanos e sem elas o alimento não pode ser digerido (RUIZ et al., 2008).

O uso de enzimas pelo homem tem sido analisado ao longo da história da humanidade e, como exemplos disso, temos a fabricação de queijos, fabricação de detergentes, clarificação de vinhos, produção de bebidas alcoólicas e na indústria da panificação (CAMPOS, 2005). Mais contemporâneo, começou-se a recorrer às enzimas para a suplementação das dietas para animais, com a finalidade de melhorar o valor nutritivo das diferentes matérias-primas, melhorar o valor nutricional do produto final e atender às exigências do consumidor por um produto mais barato, seguro, saudável e mais favorável ao ambiente (GRUNERT, 2005).

No momento atual, pode-se resumir o emprego de enzimas na alimentação animal à avicultura. A suplementação nestas dietas tem como objetivo facilitar a liberação do fósforo, a exclusão do efeito de encapsulação dos nutrientes pelas paredes celulares, a solubilização e eliminação dos efeitos anti-nutritivos dos polissacarídeos não-amiláceos das paredes celulares e a hidrólise de ligações proteína-hidrato de carbono (SLOMINSKI, 2011).

2.4.1. Atuação das enzimas

As enzimas oferecem estruturas bastante frágeis, podendo ser desarranjadas, tornando-as impotentes. Vários procedimentos podem contribuir para a ocorrência da desnaturação enzimática, como por exemplo, em situação de calor excessivo, presença de ácidos ou agentes oxidantes (OSERA et al., 2008).

STRADA et al. (2005) citaram os fatores que induzem a atuação das enzimas no organismo animal, destacando aquelas associadas ao processamento da ração, pH do meio, comprimento do trato gastrointestinal, grau de hidratação, temperatura corporal, susceptibilidade da enzima exógena a ação da endógena, concentração do produto e tipo de ingrediente utilizado na ração. Para UNI et al. (1998) muitas enzimas estão ligadas à membrana intestinal e apresentam sensibilidade a alterações que, porventura, ocorram na superfície. Este fato sugere que tanto a digestão como a absorção de nutrientes pelas

aves não são fixas, mas são altamente variáveis de acordo com a presença de substrato na ração.

As enzimas restringem sua capacidade catalítica às condições ambientais sob as quais elas operam. Portanto, o sucesso do emprego das enzimas exógenas necessita de conhecimento sobre os possíveis substratos a serem hidrolisados (Tabela 2), juntamente com as condições nas quais as reações são atingidas (LIMA, 2002).

Tabela 2 –Enzimas utilizadas na ração de aves

Enzimas	Substrato	Efeitos
Xilanase	Arabinoxilanos	Redução da viscosidade da ração
Glucanases	β - glucanos	Redução da viscosidade da ração e menor umidade na cama
Pectinases	Pectinas	Redução da viscosidade da ração
Celulases	Celulose	Degradação de celulose e liberação de nutrientes
Proteases	Proteínas	Suplementação das enzimas endógenas: degradação mais eficiente de proteínas
Amilases	Amido	Suplementação das enzimas endógenas: degradação mais eficiente do amido
Fitase	Ácido fítico	Melhor a utilização do fósforo dos vegetais. Remoção do ácido fítico.
Galactosidades	Galactosídios	Remoção de galactosídios
Lipases	Lipídios e ác. Graxos	melhora a utilização de gorduras animais e vegetais

Fonte: Adaptado de GONZALES (2011).

O emprego de CM com diferentes especificidades tem sido indicado para dietas à base de milho e farelo de soja que, apesar de apresentarem boa qualidade nutricional, acredita-se que pode melhorar ainda mais o desempenho das aves (BRUM et al., 2007). A benfeitoria esperada seria a atuação sinérgica das mesmas, em locais específicos, permitindo assim uma resposta mais expressiva no desempenho animal.

2.4.2 Carboidrases

O emprego de enzimas carboidrases vem aumentando com objetivo de utilizar alimentos que possuem amplas quantidades de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs). Os PNAs são carboidratos polissacarídeos, exceto o amido, que elevam a viscosidade das dietas, pois podem se ligar a grandes quantidades de água formando um gel viscoso, reduzindo a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas e impedindo sua

influência mútua na superfície da mucosa intestinal (DIBNER et al., 2004), acarretando o comprometimento da digestão e a absorção de nutrientes, além de interferir na microflora intestinal e nas funções fisiológicas do intestino (CHOCT et al., 2004).

O emprego das carboidrases melhora a energia metabolizável e diminui a viscosidade da digesta, fator considerado antinutritivo, pois diminui a disponibilidade de todos os nutrientes. As aves não possuem enzimas endógenas aptas a degradar estes polissacarídeos e, desta forma, altos níveis de PNAs na dieta poderiam resultar em menor digestibilidade e absorção dos nutrientes da dieta além de comprometerem o conteúdo de energia dos alimentos, pois mantêm os nutrientes geradores de energia, como carboidratos, lipídeos e proteínas, no interior de suas estruturas (CHOCT et al., 2010).

Além disso, a adição de enzimas pode ser avaliada em termos de melhorias no desempenho, ganho de peso ou conversão alimentar. Com a adição das enzimas carboidrases há ruptura da estrutura molecular ou ligações que não são degradadas pelas enzimas endógenas, extinguindo desta maneira os efeitos antinutricionais e fornecendo maior aporte de carboidratos para o animal. No entanto, a dimensão destes efeitos depende da espécie, idade, tipos de dietas, taxa de inclusão de carboidratos complexos ou concentração e solubilidade destas moléculas (CHOCT et al., 2004).

As carboidrases decompõem os PNAs em pequenas unidades, perdendo assim a capacidade de retenção de água. Com a diminuição da viscosidade, a ação enzimática sobre o conteúdo intestinal se torna mais eficiente, acarretando em melhora na capacidade de digestão dos nutrientes, aumentando assim a velocidade de trânsito intestinal e a redução da quantidade de água nas fezes, proporcionando melhor qualidade à cama de frango (OPALINSKI, 2010).

2.4.3 Carboidrases utilizadas na nutrição de frangos de corte

Carboidrases que hidrolisam PNAs são utilizadas com sucesso quando cereais viscosos (trigo, cevada, centeio, aveia ou triticale) são usados nas rações de frangos. Apesar de milho e farelo de soja serem considerados ingredientes de fácil digestão, há possibilidade de melhorias no seu valor nutricional (ZANELLA et al., 1999) com a utilização destas enzimas. O milho contém quantidades insignificantes de PNAs solúveis, não gera grandes problemas de viscosidade da digesta, entretanto, possui cerca de 8% de PNAs insolúveis, principalmente arabinoxilanos. O farelo de soja contém

cerca de 3% de PNAs solúveis e 16% de insolúveis. As enzimas capazes de quebrar a matriz da parede celular, especialmente os componentes insolúveis, podem facilitar a liberação de nutrientes encapsulados ou incorporados na parede da célula em si, resulta num acesso mais fácil de enzimas digestivas (CHOCT, 2006).

CHOCT et al. (2010) analisaram que o aumento dos níveis de PNAs solúveis elevou a viscosidade da digesta e reduziu a energia metabolizável (EM) da dieta de frangos, levando à redução no ganho de peso e piora na conversão alimentar. A suplementação enzimática por sua vez, aumentou os níveis de EM e melhorou o desempenho dos frangos. Os autores ainda ressaltaram que as aves que receberam dietas enriquecidas com PNAs solúveis, sofreram intensa fermentação no intestino delgado, prejudicando o desempenho e o bem-estar dos animais, já que o odor de amônia nos galpões tende a aumentar, entretanto, estes efeitos deletérios foram minimizados com a suplementação de enzimas exógenas.

As carboidrases exógenas são, assim, uma estratégia em dietas com redução energética e de aminoácidos, visando reduzir o custo com a formulação para frangos de corte. Suplementada de forma isolada ou como complexo de carboidrases, alcança-se melhores resultados de digestibilidade e ganho de peso, embora seja difícil escolher qual enzima seja mais relevante tendo em vista todos os fatores que influenciam a sua atividade e ação sobre o substrato (MENEGHETTI et al., 2014).

Diversos autores relataram os efeitos positivos da suplementação de carboidrases em rações de frangos de corte preparadas com milho e farelo de soja sobre a conversão alimentar e ganho de peso (KIDD et al., 2001; COWIESON et al., 2003; IJI et al., 2003; CARVALHO et al., 2009) (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito do uso de enzimas na conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja

Referências	Enzimas Utilizadas	Melhora na CA(%)	Melhora no GP(%)
Iji et al. (2003)	Xilanase, amilase e protease	10,5	10,3
Kidd et al. (2001)	α -galactosidase	0,88	2,22
Carvalho et al.(2009)	Amilase e β -glucanase	5,82	7,64
Carvalho et al.(2009)	Amilase, xilanase e β -glucanase	6,88	6,67

Fonte: Adaptado de CARVALHO (2010).

2.4.4 Celulase

A celulose é o principal constituinte das paredes celulares das plantas e é o composto orgânico mais abundante da superfície terrestre (LEESON & SUMMERS, 2001). Este glicídeo estrutural é um polissacarídeo linear produzido por monómeros de β -D-glicose, sob a conformação de anel piranósico, juntos entre si por ligações glicosídicas β -1,4 (COSGROVE, 2005).

Três enzimas com atividade de celulases são responsáveis pela quebra da celulose, e são: 1. beta-1,4-glucano glucanohidrolase (uma endoglucanase EG) que quebra a cadeia longa da celulose em fragmentos menores, 2. beta-1,4 glucano celobiohidrolase (uma exoglucanase CBH) atuando a partir de extremidade não-redutora da cadeia de celulose, e 3. beta-1,4 glicosidase (BG), que quebra ligações glicosídicas de celobiose e celodextrinas produzindo moléculas de glicose, que podem facilmente ser absorvidas pelas células (ACHARY et al., 2012). Na Figura 2 mostra-se um modelo simplificado da hidrólise enzimática da celulose.

Em estudo conduzido por ESONU et al. (2004) sobre a inclusão de celulase em dietas para frangos de 28 a 35 dias de idade, contendo farelo da folha de *Microdemis puberula*, foi constatado que o ganho de peso diminuiu e o consumo de ração aumentou com a inclusão da enzima, não havendo, entretanto, diferença no peso final e na conversão alimentar. Os autores concluíram que a enzima não melhorou a utilização dos nutrientes.

PINHEIRO et al. (2004), entretanto, também avaliaram o uso de celulase em dieta à base de milho e de farelo de soja para frangos de corte, observando maior peso corporal para as aves que receberam a suplementação enzimática, indicando, neste caso, melhor eficiência no uso dos nutrientes devido a presença da enzima.

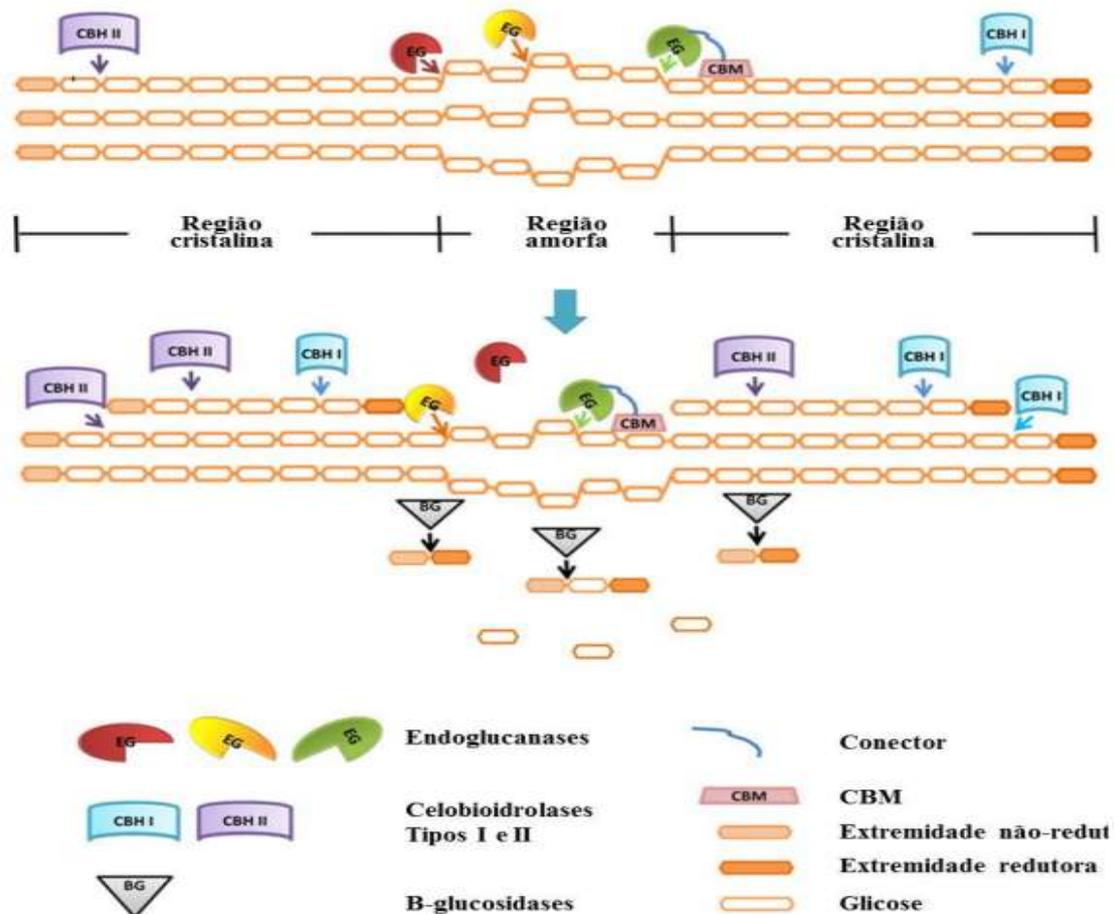


Figura 2 - Modelo simplificado da hidrólise enzimática da celulose: A EG primeiramente cliva a celulose nas regiões amorfas liberando extremidades redutoras de polissacarídeos para que a CBH possam atacar e progressivamente hidrolisar essa extremidade. A BG hidrolisa a celobiose resultante da atuação da EG e CH, liberando glicose (PHITSUWAN et al., 2013).

2.4.5 Hemicelulase

O termo hemicelulose é utilizado coletivamente para denominar grupos distintos de polissacarídeos constituídos por açúcares pentoses (xilose e arabinose) e/ou hexoses (glucose, manose e galactose), ácidos urônicos e grupos acetila (FENGEL & WEGENER, 1989).

A diversidade e complexidade da estrutura da hemicelulose requerem uma diversidade equivalente de enzimas para a sua degradação (DODD & CANN, 2009).

Hidrólise enzimática da hemicelulose ocorre pela ação combinada de diversas endoenzimas, exoenzimas e enzimas auxiliares. Por exemplo, a hidrólise da xilana envolve a ação de pelo menos dois grupos de enzimas, endo 1,4- β -D-xilanases (EC 3.2.1.8) e β -D-xilosidases (EC 3.2.1.37), atuando na cadeia principal. Dependendo do tipo de xilana, podem ser também necessárias enzimas auxiliares para a clivagem das

cadeias laterais, como α -D-glucuronidasas (EC 3.2.1.131) e acetil-xilana-esterases (EC 3.1.1.72), segundo Aro et al. (2005).

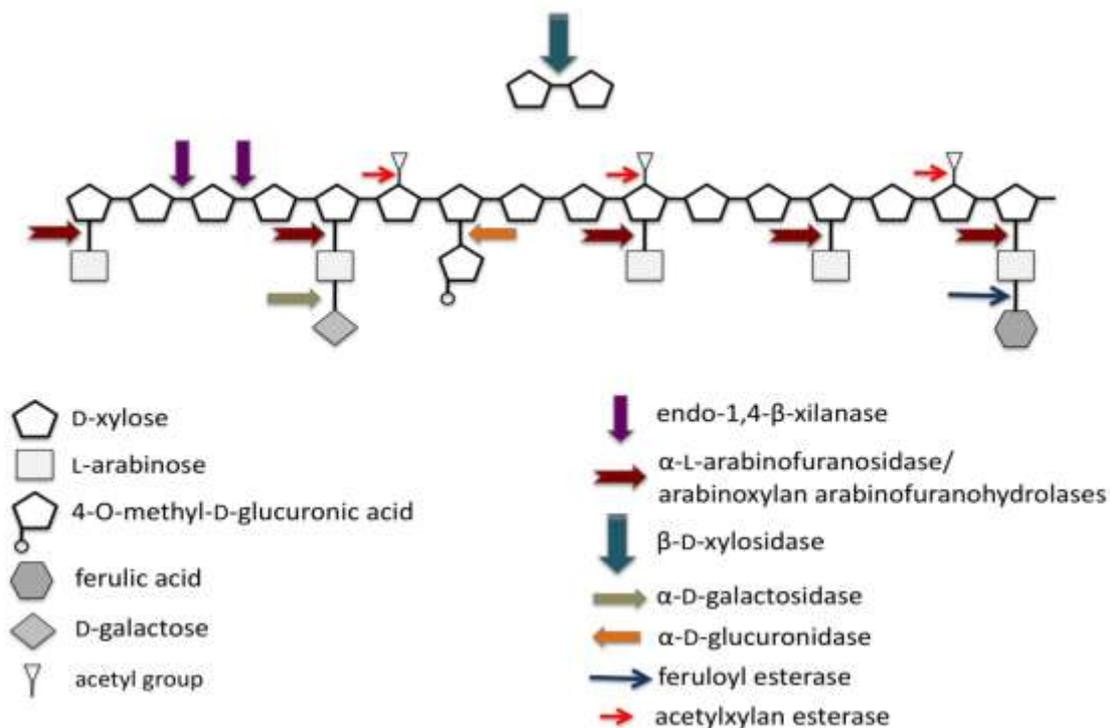


Figura 3 - Sistema enzimático envolvido na degradação da hemicelulose (arabinoxilana). Adaptado (ARO et al., 2005).

2.4.6 Xilanase

A xilana é um biopolímero encontrado em abundância nas paredes celulares em tecidos vegetais, sendo composta de unidades de D-xilopirasil unidas por ligações β -1,4, com graus variados de substituição (ADEOLA et al., 2010).

A inserção da xilanase diminui os efeitos antinutricionais dos PNAs por meio da diminuição da viscosidade da dieta, com aumento da despolimerização dos arabinoxilanos em componentes de menor peso molecular, e pela disponibilidade de nutrientes por causa hidrólise de PNAs insolúveis encontrados na parede celular beneficiando o contato dos nutrientes com as enzimas endógenas. Deste modo, os efeitos são mais destacados em dietas contendo trigo, centeio e cevada (GONZALES, 2011). Além de evitar distúrbios digestórios consequentes da presença de material fibroso não-digerido no trato gastrintestinal de aves. Apesar disso, acredita-se que apenas o uso da xilanase não produza respostas similares às obtidas com a combinação de enzimas como proteases, amilases ou fitase (OTT, 2005).

SINGH et al. (2012) ao utilizarem dietas suplementadas com 16.000 U/kg de ração de xilanase, não encontraram diferenças no desempenho de frangos e nem nos pesos dos cortes nobres.

De acordo com ZOU et al. (2014), a suplementação de 0,05% de xilanase pode melhorar a conversão alimentar de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja pela melhor utilização da energia dietética e, segundo os autores, a ação da xilanase é mais eficiente em dietas pobres em energia.

2.4.7 β – glucanase

A viscosidade ou encapsulação são os maiores efeitos do β -glucano e das arabinoxilanas, e apenas uma pequena fenda na molécula pesada do substrato é necessária para a enzima exógena aumentar a disponibilidade dos nutrientes (TACHIBANA et al., 2010).

YU & CHUNG (2004) analisaram que a adição de um CM à base de amilase, xilanase e β -glucanase, presente em dietas com redução de 3% na EM, resultou em desempenho produtivo semelhantes ao obtido com dieta controle, com valores normais de EM, para frangos de corte. Em outra pesquisa, LÁZARO et al. (2003) observaram melhor peso corporal e conversão alimentar para frangos de corte alimentados com dietas a base de centeio e farelo de soja suplementadas com xilanase e β -glucanase no período de 4 a 25 dias.

As β -glucanases utilizadas na degradação dos β -glucanos na cevada têm provado ser eficientes no aumento do valor nutritivo deste grão na alimentação das aves em particular nos frangos de corte. Por isso no futuro o uso de enzimas para obter os PNA como fonte de energia irá aumentar (CHOCT, 2006).

Segundo BRENES et al. (1996) os β – glucanos fazem com que as aves eliminem fezes mais líquidas, tendo efeito adverso sobre a unidade da cama do aviário e aumento de amoníaco.

A inclusão da β -glucanase em dietas à base de cevada melhora o desempenho, pode reduzir o peso do aparelho digestivo em até 13%, que representa 1% do peso total da ave, e pode melhorar o rendimento da carcaça (SANTOS, 2006).

WANG et al. (2005) suplementaram rações para frangos de 18 a 21 dias com 250 e 500 U/kg de alfa-glucanase e notaram que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica e da proteína bruta e os valores de EM melhoraram

com a adição de enzima. Porém, como os resultados entre 250 e 500 não diferiram entre si, os autores recomendam utilizar 250 U/kg.

Segundo LESLIE et al. (2007) a adição de beta-glucanase nas dietas à base de milho e farelo de soja, para frangos, melhoram os coeficientes de digestibilidade ileal da energia e da matéria seca em diferentes idades.

Em revisão, AFTAB (2012) encontrou que dietas contendo diversos tipos de carboidrases isoladas ou complexos multienzimáticos de carboidrases apresentam maiores valores de EM 1,6 a 6,2%, maiores coeficientes de digestibilidade da proteína bruta em 3,3 a 7,1% e maior disponibilidade dos diferentes aminoácidos 1,7 a 12,2%, comparado com dieta sem a enzima.

2.4.8 Arabinase

Os arabinanos são polissacarídeos altamente ramificados formados por uma cadeia principal constituída por L-arabinose α 1,5-ligada cadeias laterais com um único resíduo de L-arabinose unidas à cadeia principal por ligações α (1-2) ou α (1-3) (DAMÁSIO et al., 2012)

Os arabinanos estão presentes em diferentes famílias de plantas, sementes, frutos, e raízes. A parede celular primaria é constituída por polímeros que são, essencialmente, arabinanos puros, constituídos por uma cadeia principal formada por arabinose 5-ligada, podendo apresentar ramificações na posição C-2 e C-3 da arabinose. São compostas por açúcaras neutras e são moléculas independentes e grandes. Assim, a maior parte dos arabinanos parece estar livre, ao passo que, as estruturas de menor tamanho se encontram ligadas, compondo cadeias laterais (HARA et al., 2013).

Existem dois tipos de arabinases, uma que apresenta atividade exo α -L-arabinofuranosidase (CE 3.2.1.53), que está ativo sobre arabinanos ramificados, e o endo-1,5- α -arabinanase (CE 3.2.1.99), que é ativo somente em arabinanas lineares. Estas enzimas hidrolisam α 1,5-arabinanos, mas não são capazes de hidrolisar o substrato cromogénico goma arábica (Wong et al., 2008).

Muitos microrganismos, incluindo bactérias, leveduras e fungos são capazes de produzir diferentes tipos enzimas. No caso da enzima arabinase, pouco se sabe sobre este grupo, alguns pesquisadores vêm estudando o isolamento a partir de fontes diferentes microrganismos (HONG et al., 2009).

3 OBJETIVOS GERAIS

Objetiva-se avaliar a ação de enzimas fibrolíticas contendo arabinase, β -glucanase, celulase, hemicelulase e xilanase na alimentação de frangos de corte, comparando com o controle negativo à base de milho e farelo de soja sem adição do complexo enzimático e o aproveitamento de compostos orgânicos pelo organismo animal para melhorar os índices zootécnicos, desempenho, digestibilidade e metabolismo animal: parâmetros sanguíneos, biometria dos órgãos do aparelho digestivo, análises de ossos, perfil bioquímico das vísceras do pâncreas e fígado.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o peso corporal, o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar e a taxa de sobrevivência das aves em cada lote;
- Avaliar o efeito da enzima sobre digestibilidade;
- Avaliar o perfil bioquímico do soro sobre os teores de cálcio, fósforo e proteína;
- Avaliar a biometria dos órgãos digestórios;
- Avaliar diâmetro, peso e índice peso/comprimento (IPC) da tíbia e fêmur;
- Avaliar as enzimas transaminases no fígado e amilase no pâncreas.

4 REFERÊNCIAS

ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, Relatório Anual - 2015/2016, p.13 - 43.

ACHARY, S.; CHAUDHARY, A. Bioprospecting thermophiles for cellulase production: a review. **Brazilian Journal of Microbiology**, p.844-856, 2012.

ADEOLA, O.; JENDZA, J.A.; SOUTHERN, L.L.; POWELL,S. Contribution of exogenous dietary carbohydrases to the metabolizable energy value of corn distillers grains of broiler chickens. **Poultry Science**, v.10, n.89, p. 1947-1954, 2010.

AFTA, U., 2012. **Exogenous carboydrases in cor-soy diets for broilers**. *World's Poultry Science*.68,447-464.

AFTAB, U. Exogenous carboydrases in corn-soy diets for broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.68, p.447- 464, 2012.

AMORIM, A.B.; ZANGEROMINO, M.G.; THOMAZ, M.C. Enzimas exógenas para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.8, n.2, p.1469-1481, 2011.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, p. 301, 2006.

BERTECHINI, A. G.; BRITO, J. A. G. Utilização correta das enzimas em rações de aves. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE AVICULTURA, 2., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANIMAL WORLD, 2007. p. 237-240.

BRENES, A.; LÁZARO, R.; GARCIA, M.; MATEOS, G.G. Utilizacion practica de complejos enzimáticos em aviculture. **Avances em nutrición y Alimentación Animal**, p. 135-151, 1996.

BRIENZO, M., MONTE, J. R., MILAGRES, A. M. F. Induction of cellulase and hemicellulase activities of *Thermoascus aurantiacus* by xylan hydrolyzed products. **Microbiol Biotechnol**. 28, 113-119, 2012.

BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.; SILVA, T.R.G.; LIMA, B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástrico. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p. 111-117, 2008.

BRUFAU, J.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A.M. The use of enzymes to improve cereal diets for animal feeding. **Journal Science Feed Agriculture**, v.86, p.1705-1713, 2006.

BRUM, P.A.R.; LIMA, G.J.M.M.; AVILAR, V. S.; COLDEBELLA, A. **Uso de alfa-amilase em dietas, superestimando ou não a energia metabolizável do farelo de soja, no desempenho de frangos de corte.** Embrapa, n.461, 2007.

CARDOSO, D. M.; MACIEL, M. P.; SILVA, F. V.; REIS, S. T.; AIURA, F.S. Efeito do uso de complexo enzimático em rações para frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1053-1064, 2011.

CARVALHO, J. C. C. **Energia metabolizável e digestibilidade de nutrientes do milho e sorgo com uso de enzimas, determinados com galos e frangos de corte.** 2010. 107 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) –Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, J. C. C.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P.B.; PEREIRA, R. A. N. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.2, p. 292-298, 2009.

CHESSON, A. Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. **World's Poultry Science Journal**, v.57, p.251- 263, 2001.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: Past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v.62, p.5-16, 2006.

CHOCT, M.; KOCHER, A.; WATERS, D.L.E.; A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **British Journal Nutrition**. v. 92, p.53-61, 2004.

CHOCT, M.; McLEISH, J.; PEISKER, M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.**, v. 23, n. 10, p. 1386-1398, 2010.

CHOCT, M.; KOCHER, A. Non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June: 13-26, 2000.

COSGROVE, D. J. Growth of the plant cell wall. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v.6, p. 850-861, 2005.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Supplementation of diets containing pea meal with exogenous enzymes: effects on weight gain, feed conversion, nutrient digestibility and gross morphology of the gastrointestinal tract of growing broiler chicks. **British Poultry Science**, London, v. 44, n. 3, p. 427-437, 2003.

COWIESON, A.J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.293-305, 2005.

COWIESON, A.J. Strategic Selection of Exogenous Enzymes for corn/soybased Poultry Diets. **Poultry Science**, v.47, p.1-7, 2010.

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

Damáσιο, A.R.L.; Pessela, B.C.; Mateo.; Segato F.; Prade, R.A.; Guisan, J.M.; Polizeli, M.L.T.M. Immobilization of a recombinant endo-1,5-arabinanase secreted by *Aspergillus nidulans* strain A773. **J Mol Catal B-Enzym**, v.77, p.39-45, 2012.

ESONU, B.O.; AZUBUIKE, O.O.; EMENALOM, E.B.; ETUK, I.C.; OKOLI, H.; UKWU, C.S. Effect of enzyme supplementation on the performance of broiler finisher fed *Microdesmis puberula* leaf meal. **International Journal of Poultry Science**, v.3, n.2, p. 112-114, 2004.

EUFRÁSIO, M.R.; BARCELOS, M.F.P.; SOUSA, R.V.; ABREU, W.C.; LIMA, M.A.C.; PEREIRA, M.C.A. Efeito de diferentes tipos de fibras sobre frações lipídicas do sangue e fígado de ratos wistar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.6, p. 1608-1614, 2009.

FERNANDES, E.A.; BRANDEBURGO, M.I.H.; CARVALHO, C.M.C.C.; LITZ, F.H.; BUENO, J.P.R.; MASCULI, A.L.S.; LIMÃO, V.A.; GOTARDO, L.R.M. Valores energéticos e desempenho de frangos de corte alimentados com dietas a base de sorgo e farelo de soja suplementadas com β -glucanase and β -xylanase. **Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 959-968, 2016.

FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, p.173-178, 1998.

FORTES, B. D. A. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidrases e fitase em rações de frangos de corte. **Ci. Anim. Bras.**, v.13, n.1, p. 24 - 32, 2012.

GONZALES, E. **Aditivos para rações de aves e suínos**, 3.ed., Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ-UNESP, p.183, 2011. [Apostila]

GRACIA, M.I.; ARANÍBAR, M.J.; LÁZARO, R.; MEDEL, P.; MATEOS, G.G. α -amilase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v.82, p.436-442, 2003.

GRUNERT, K. G. Food quality and safety: consumer perception and demand. **European Review of Agricultural Economics**, v.32, p. 369-391, 2005.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble no-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.415-422, 2004.

HARA, Y.; MIZUKAWA, H.; YAMAMOTO, H.; IKAMI, T.; KATO, K, YABE, T. Simple Method for refining arabinan polysaccharides by alcohol extraction of the prune, **Prunus domestica L. Biosci Biotechnol Biochem**, v.77, n.10, p.2137-2139, 2013.

HONG, M.R, PARK, C.S, OH D.K. Characterization of a thermostable endo-1,5--L-rabinanase from *Caldicellulosiruptor saccharolyticus*. **Biotechnol Lett**, v.31, p.1439-1443, 2009.

IJI, P. A.; KHUMALO, K.; SLIPPERS, S.; GOUS, R. M. Intestinal function and body growth of broiler chickens on diets based on maize dried at different temperatures and supplemented with a microbial enzyme. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v. 43, n. 1, p. 77-90, 2003.

INTERNATION UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). Recommendations on organic & biochemical nomenclature, symbols & terminology, Disponível em < <http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/>> Acesso em 20/06/2014.

KIDD, M. T.; MORGAN, G. W.; ZUMWALT, C. D. α -galactosidase enzyme supplementation to corn and soybean meal broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 10, n. 2, p. 186-193, 2001.

KOCHER, A.; CHOCT, M.; ROSS, G. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. **Journal Applied Poultry Research**, v.12, n.3, p.275-283, 2003.

LÁZARO, R.; GRACIA, M.I.; ARANÍBAR, M.J. a-amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v.82, n.3, p. 436-442, 2003.

LEESON, D.A.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4 ed. University Books, p. 591, 2001.

LESLIE, M.A.; MORAN, E.T.; BEDFORD, M.R. The effect of phytase and glucanase on the ileal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers. **Poultry Science**, v.86, p.2350-2357, 2007.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURO JÚNIOR, J. M.; MALHEIROS, E. B. Atividade enzimática pancreática de frangos de corte alimentados com dietas contendo

enzima ou probiótico. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, n. 3, p. 187-193, 2002.

LIMA, M.R.; ARAÚJO, C.B.; LIMA, E.R.A. DE, OLIVEIRA. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinária Brasilica**, v.1, n.4, p.99-110, 2007.

MENEGHETTI, C.; JÚNIOR, A.P.G.; SALDANHA, M.M. Carboidrases exógenas em rações para frangos de corte. **Revista Eletrônica de Pesquisa Animal**, v.02, n.01, p.34-46, 2014.

MINAFRA, C. S.; MARQUES, S. F. F.; STRINGHINI, J. H.; ULHOA, C. J.; REZENDE, C. S. M.; SANTOS, J. S.; MORAES, G. H. K. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus Níger* HM2003. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2691-2696, 2010.

MINAFRA, C.S. Produção e suplementação com alfa amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus níger hm2003* na dieta de frangos de corte de um a 21 dias de idade. 2007. 141 p. **Tese (Doutorado Bioquímica Agrícola)**- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MINAFRA, C.S.; MARQUES, S.F.F.; STRINGHINI, J.H.; ULHOA, C.J.; REZENDE, C.S.M.; MORAES, G.H.K. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2691-2696, 2010.

OLIVEIRA, M. C.; MORAES, V. M. B. Mananoligossacarídeos e enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja para aves. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.339-357, 2007.

OPALINSKI, M.; MAIORKA, A.; CUNHA, F.; ROCHA, C.; BORGES, S. A. Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.628-632, 2010.

OSERA, R.H.; DALANEZI, J.A.; JUNQUEIRA, O.M. Efeito da inclusão de enzimas digestivas sobre o rendimento de partes nobres de frangos de corte. **Pubvet**, v.2, n.23, 2008.

OTT, R.P. **Utilização de carboidrases em dietas para frango de corte**. p. 83, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PEREIRA, Z. W. P; MENTEN, M. F. J; RACANICCI, C. M. L; ANA BEATRIZ TRALDI, B. A; SILVA, S. C; RIZZO, V. P. Avaliação de complexo enzimático e betaína natural em rações para frangos de corte criados em aviário comercial. **R. Bras. Zootec.** vol.39 n°.10 Viçosa Oct. 2010.

PINHEIRO, D.F.; CRUZ, J.R.; SARTORI, M.L. Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers. **Poultry Science**, v.83, n.9, p.1544-1550, 2004.

RIBEIRO, T.; LORDELO, M.M.; PONTE, P.I.; MAÇÃS, B.; PRATES, J.A.; AGUIAR, F.M.; FALCÃO, L.; FREIRE, J.P.; FERREIRA, L.M.; FONTES, C.M.. Levels of endogenous β -glucanase activity in barley affect the efficacy of exogenous enzymes used to supplement barley-based diets for poultry. **Poultry Science**. Jun; 90(6):1245-56. doi: 10.3382. p.2010-01218, 2011.

RIDLEY, B.L.; O'NEILL, M.A.; MOHNEN, D. Pectins: structure, biosynthesis and oligalacturonide-related signal. **Phytochemistry**, v.57, p.929-967, 2007.

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; BARBOZA, W.A.; TOLEDO, R.S. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas, **Revista brasileira de zootecnia**, v.32, p. 171-182, 2003.

ROSA, A.P.; UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos de corte. IN: VIII SIMPOSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. **Anais**, p.102-115, 2007.

RUIZ, U.S.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; FRAGA, A.L.; WATANABE, P.H.; SILVA, S.Z. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.3, p.458-468, 2008.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.5: **Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa**, 2007.

SAKAMOTO, M. I.; FARIA, D. E.; NAKAGI, V. S.; NEGRÃO, J. A.; ARAÚJO, R. B.; SOUZA, K. M. R.; PREVIERO, T. C. Utilização de glutamina, associada ao ácido glutâmico, sobre o desenvolvimento e a atividade enzimática em frangos de corte **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 4, p. 962-972, 2011.

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

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: **Editora UFV**, 2002. 235p.

SILVA, V.K.; MARITA, V.S.; BOLELI, I.C. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com pectina na ração. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.4, p. 1017-1026, 2012.

SINGH, A.; MASEY, H.V.; GHOSH, M.R.; BEDFORD, S. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize-soybean based diets. **Animal Feed Science and Technology**.v.177, p.194-203, 2012.

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

SORBARA, J.O.B.; MURAKAMI, A.E.; NAKAGE, E.S.; PIRACÉS, F.; POTENÇA, A.; GUERRA, R.L.H. Enzymatic programs for broilers. **Brazilian Archiave Biology and Technology**. v.52, p.233-240, 2009.

SOUZA, R. M. **Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte**. 2005. 59 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Monogástricos) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STRADA, E.S.O.; ABREU, R.D.; OLIVEIRA, G.J.C; COSTA, M.C.M.M.; CARVALHO, G.J.L.; FRANCA, A.S.; CLARTON, L.; AZEVEDO, J.L.M. Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p.2369-2375, 2005.

STRINGHINI, J.H.; MINAFRA, C.S. Uso de enzimas em rações avícolas. **Revista Avicultura Industrial**, São Paulo, n.4, p.29-34, 2007.

TACHIBANA, L.; PINTO, L.G.Q.; GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E. Xilanase e B-glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do triticales pela Tilápia-do-nilo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.62, n.2, p.445-452, 2010.

TAVERNARI, F. C. & MENDES, A. M. P. Desenvolvimento, crescimento e características do sistema digestório de aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, [on line], v. 6, n. 6, 2009.

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

TOLEDO, G.S.P. de; COSTA, P.T.C.; SILVA, J.H.; CECCANTINI, M.; POLETTO JUNIOR, C. Frangos de corte alimentados com dietas de diferentes densidades nutricionais, suplementadas ou não com enzimas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, Brasil, v.37, n.2, p.00-01, 2007.

TORRES, D.M.; TEIXEIRA, A.S.; RODRIGUES, P.B. Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1401-1408, 2003.

UBABEF. **União Brasileira de Avicultura**, Relatório Anual - 2013/2014, p.15 - 46.

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

WISEMAN, J. Variations in starch digestibility in non-ruminants. **Animal Feed Science Technology**, v.130, p.66-77, 2006.

YU, B.; CHUNG, T.K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn- soybean meal diets. **Journal Applied Poultry Research**, v.13, n.2, p. 178-182, 2004.

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; SILVERSIDES, S.G. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science** , v.78, p.561-568, 1999.

ZOU, J.; ZHENG, P.; ZHANG, K.; DING, X.; BAI, S. Effects of exogenous enzymes and dietary energy on performance and digestive physiology of broilers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 14, 2014.

CAPÍTULO 2 - ENZIMAS FIBROLÍTICAS EM DIETAS À BASE DE SORGO PARA FRANGOS DE CORTE

RESUMO

Objetivou-se avaliar a ação de enzimas fibrolíticas contendo arabinase, β -glucanase, celulase, hemicelulase e xilanase na alimentação de frangos de corte, comparando com o controle à base de milho e farelo de soja sem adição do complexo enzimático e o aproveitamento de compostos orgânicos pelo organismo animal para melhorar os índices zootécnicos, desempenho, digestibilidade e metabolismo animal: parâmetros sanguíneos, biometria dos órgãos do aparelho digestivo, análises de ossos e perfil bioquímico das vísceras do pâncreas e fígado, foram utilizados 300 pintos de corte de um dia de idade, da linhagem Cobb[®], machos, com peso de inicial $42 \pm 0,1$, alojados em 30 gaiolas de arame galvanizados com dimensões 0,90m x 0,60m x 0,45m. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições de 10 aves cada. Os tratamentos consistiram de suplementação com enzimas fibrolíticas (EF) nas dietas à base de sorgo, e uma dieta controle à base de milho sem suplementação EF. O período experimental foi de 42 dias. Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F for significativo, foi aplicada a análise de regressão polinomial, ambos a 5% de probabilidade. A suplementação de EF nas dietas para frangos de corte aos 42 dias de idade melhorou a digestibilidade da fibra bruta e do extrato etéreo, mas não refletiu no desempenho e nem no rendimento de carcaça. Não houve alterações no metabolismo para parâmetros sanguíneos (cálcio, fósforo, e proteína total), análise das vísceras com enzimas transaminases do fígado e amilase do pâncreas, biometria dos órgãos do aparelho digestivo e análise tibia.

Palavras-chave: biometria, enzimas exógenas, nutrição de aves, tibia, sangue

CHAPTER 2 – FIBROLYTIC ENZYMES IN DIETS OF BROILERS

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the action of Fibrolytic enzymes containing arabinase, β -glucanase, cellulase, hemicellulase and xylanase in feed of broiler chickens comparing with control diet containing soybean meal and corn without the enzymatic complex and the use of organic compounds by the animal to improve performance parameters, digestibility and animal metabolism: blood parameters, biometry of the digestive system organs, analysis of bones and biochemical profile of the and pancreas and liver visceras, 300 one day old broiler chicks, Cobb® line, males, with an initial weight of 42 ± 0.1 , were used housed in 30 wire cages with dimensions of 0,90m x 0,60m x 0,45m. The experimental design was completely randomized, with six treatments and five replicates of 10 birds each. The treatments consist of Fibrolytic enzymes (EF) supplementation in sorghum based diets, and a corn control diet without EF supplementation. The experimental period was 42 days. The results were submitted to variance analysis and when the F test was significant it, was applied the polynomial regression analysis, both considering 5% of probability EF. Supplementation in broilers diets for broilers at 42 days of age improved crude fiber and ether extract digestibility, but did not reflected in performance and carcass yield. There were no changes in metabolism to blood parameters (calcium, phosphorus, and total protein), analysis of visceras such liver transaminases and amylase enzyme of the pancreas, biometry of the digestive tract organs and tibia analysis.

Keywords: biometrics, exogenous enzymes, poultry nutrition, bones, blood.

1. INTRODUÇÃO

O uso de enzimas na alimentação de animais monogástricos tem sido de interesse de vários pesquisadores, pois estes aditivos são incorporados nas rações dos animais com o propósito de melhorar a utilização dos nutrientes pouco disponíveis, proporcionando melhor desempenho das aves e, com isso, o aumento do sistema produtivo.

Pelas características que lhes são conferidas, as enzimas exógenas vêm sendo estudadas a fim de melhorar a qualidade nutricional dos grãos com a degradação dos polissacarídeos estruturais e possibilitar a diminuição dos níveis nutricionais da ração com possíveis vantagens econômicas (PEREIRA et al., 2010).

Segundo GONZALES (2011), as enzimas exógenas adicionadas às rações de animais visam quatro objetivos distintos, que são a remoção ou hidrólise de fatores antinutricionais; o aumento da digestibilidade dos nutrientes; a quebra dos polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) e a suplementação das enzimas endógenas.

STRINGHINI & MINAFRA (2007) consideraram a utilização de enzimas como alternativa para o uso de antibióticos e promotores de eficiência alimentar, promovendo efeitos benéficos ao desempenho e a saúde animal.

Tem ocorrido um esforço concentrado para melhorar o valor nutritivo dos alimentos usando as enzimas exógenas, já que o milho, o farelo de soja e outros ingredientes comumente utilizados em dietas de aves podem ser potencializados por meio da adição adequada de complexo multienzimático (CM) (SLOMINSKI, 2011).

Assim, as enzimas exógenas além de melhorar a eficiência de utilização dos alimentos, contribuem para melhor uso de ingredientes de baixo custo para a alimentação animal, pois os CM contribuem para a diminuição da viscosidade da digesta, melhorando a ação das enzimas endógenas sobre os substratos específicos (RIBEIRO et al., 2011).

Diante disto, objetivou-se avaliar a ação de enzimas fibrolíticas contendo arabinase, β -glucanase, celulase, hemicelulase e xilanase na alimentação de frangos de corte, comparando com o controle negativo à base de milho e farelo de soja sem adição do complexo enzimático e o aproveitamento de compostos orgânicos pelo organismo animal para melhorar os índices zootécnicos, desempenho, digestibilidade

e metabolismo animal: parâmetros sanguíneos, biometria dos órgãos do aparelho digestivo, análises de ossos e perfil bioquímico das vísceras do pâncreas e fígado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Localização e época de realização

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura e nos Laboratórios de Nutrição Animal e Bioquímica e Metabolismo Animal do Instituto Federal Goiano *Campus* Rio Verde – GO, entre os meses de março e abril de 2016. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Animais desta mesma instituição sob o protocolo de número 0019/2015.

Instalações e aves

Antes da chegada do lote foram obedecidas as normas usuais tanto para o galpão quanto para as baterias, constituindo em período de limpeza e desinfecção das instalações (telas, cortinas, piso, área externa, equipamentos) com duração de sete dias, sendo dois para limpeza e cinco para vazios sanitários com pulverização de desinfetante à base de amônia quaternária e glutaraldeído.

Foram utilizados 300 pintos de corte de um dia de idade, da linhagem Cobb[®], machos, com peso de inicial $42 \pm 0,1$, alojados em 30 gaiolas de arame galvanizados com dimensões 0,90m x 0,60m x 0,45m. A temperatura média registrada durante o experimento foi de $28 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, sendo a mínima 16 e a máxima 39°C . O período experimental foi de 42 dias.

Delineamento e tratamentos experimentais

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições de 10 aves cada. Os tratamentos consistiram de suplementação com enzimas nas rações à base de sorgo, e a ração controle à base de milho sem suplementação enzimática (Tabela 4, 5, 6, 7, 8 e 9), as dietas foram misturadas 24 horas antes do fornecimento aos animais para que as enzimas começassem agir, seguindo a recomendação do fabricante (Novozymes).

Tabela 4 - Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas à base de milho sem adição de enzimas fibrolíticas das fases pré-inicial, inicial, crescimento e final

Ingredientes (kg)	Matéria Natural %			
	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho	56,80	59,20	62,38	66,80
Farelo de Soja 45%	37,54	34,68	30,96	26,97
Óleo de Soja	1,61	2,51	3,36	3,23
Calcário calcítico	0,91	0,97	0,91	0,82
Fosfato bicálcico	1,30	0,96	0,84	0,70
Suplemento vitamínico mineral*	0,75	0,75	0,60	0,50
Sal comum	0,44	0,42	0,40	0,39
L-Lisina	0,32	0,27	0,27	0,30
DL-Metiomina	0,11	0,05	0,09	0,09
Inerte**	0,12	0,12	0,12	0,12
L-Treonina	0,09	0,06	0,06	0,07
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01
EF	-	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis calculados				
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2960	3050	3150	3200
Proteína bruta (%)	22,40	21,20	19,80	18,40
Lisina digestível (%)	1,32	1,21	1,13	1,06
Metionina digestível (%)	0,95	0,59	0,56	0,53
Treonina digestível (%)	0,86	0,79	0,73	0,68
Triptofano digestível (%)	0,26	0,25	0,23	0,21
Fósforo disponível (%)	0,47	0,40	0,35	0,30
Cálcio (%)	0,92	0,84	0,75	0,66
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20	0,19

*Premix Vitamínico Mineral (Níveis Nutricionais por Kilo de Produto) – Ácido fólico (MIN) 100mg/kg, Ácido Patoténico (MIN) 2000 mg/kg, Biotina (MIN) 13,34 mg/kg, Cobre (MIN) 8,800 mg/kg, Colina (MIN) 52,02 g/kg, Ferro (MIN) 3,340 mg/kg, Fitase (MIN) 66,66 FTU/kg, Iodo (MIN) 160 mg/kg, Manganês (MIN) 9340 mg/kg, Selênio (MIN) 45 mg/kg, Vitamina A (MIN) 1000000 mg/kg, Vitamina B1 (MIN) 200 mg/kg, Vitamina b12 (MIN) 2400 mcg/kg, Vitamina B2 (MIN) 640 mg/kg, Vitamina B6 (MIN) 300 mg/kg, Vitamina D3 (MIN) 200.000 UI/kg, Vitamina E (MIN) 2.800 UI/kg, Vitamina K3 (MIN) 320 mg/kg, Zinco (MIN) 7.334 mg/kg.

** Inerte = areia fina lavada.

Tabela 5 - Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das dietas à base de sorgo das fases pré-inicial, inicial, crescimento e final

Ingredientes	Matéria Natural %			
	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho	54,10	56,35	59,40	63,61
Farelo de Soja 45%	37,67	34,83	31,12	27,13
Óleo de Soja	4,12	5,14	6,12	6,19
Calcário calcítico	0,91	0,97	0,91	0,82
Fosfato bicálcico	1,28	0,94	0,82	0,68
Suplemento vitamínico mineral*	0,75	0,75	0,60	0,50
Sal comum	0,46	0,44	0,42	0,41
L-Lisina	0,34	0,29	0,29	0,32
DL-Metiomina	0,14	0,09	0,12	0,13
Inerte**	0,12	0,12	0,12	0,12
L-Treonina	0,10	0,07	0,07	0,08
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01
EF***	-	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis calculados				
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2960	3050	3150	3200
Proteína bruta (%)	22,40	21,20	19,80	18,40
Lisina digestível (%)	1,32	1,21	1,13	1,06
Metionina digestível (%)	0,95	0,59	0,56	0,53
Treonina digestível (%)	0,86	0,79	0,73	0,68
Triptofano digestível (%)	0,26	0,25	0,23	0,21
Fósforo disponível (%)	0,47	0,40	0,35	0,30
Cálcio (%)	0,92	0,84	0,75	0,66
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20	0,19

*Premix Vitamínico Mineral (Níveis Nutricionais por Kilo de Produto) – Ácido fólico (MIN) 100mg/kg, Ácido Patoténico (MIN) 2000 mg/kg, Biotina (MIN) 13,34 mg/kg, Cobre (MIN) 8,800 mg/kg, Colina (MIN) 52,02 g/kg, Ferro (MIN) 3,340 mg/kg, Fitase (MIN) 66,66 FTU/kg, Iodo (MIN) 160 mg/kg, Manganês (MIN) 9340 mg/kg, Selênio (MIN) 45 mg/kg, Vitamina A (MIN) 1000000 mg/kg, Vitamina B1 (MIN) 200 mg/kg, Vitamina B12 (MIN) 2400 mcg/kg, Vitamina B2 (MIN) 640 mg/kg, Vitamina B6 (MIN) 300 mg/kg, Vitamina D3 (MIN) 200.000 UI/kg, Vitamina E (MIN) 2.800 UI/kg, Vitamina K3 (MIN) 320 mg/kg, Zinco (MIN) 7.334 mg/kg.

** Inerte = areia fina lavada.

***EF foi incluída a expensas do inerte em 0; 30; 60; 90; 120g, respectivamente para os tratamentos com 0; 25; 50; 75 e 100 mL.

Os tratamentos consistiram de:

T0 – Dieta controle à base de milho sem suplementação EF;

T1 – Dieta controle à base sorgo (DS) e sem EF;

T2 – DS + 25mL de EF;

T3 – DS + 50mL de EF;

T4 – DS + 75mL de EF;

T5 – DS + 100mL EF;

As enzimas fibrolíticas utilizadas consistiam de arabinase, β -glucanase, celulase, hemicelulase, xilanase, a adição do produto na dieta seguiu a recomendação do fabricante: 200 a 1000mL por tonelada de ração, cada 1mL do EF pesava 1,2g.

Em cada gaiola havia um comedouro um bebedouro tipo calha. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Manejo experimental

O aquecimento foi feito com campânulas elétricas com lâmpadas de 60 W até os 15 dias de criação, em cada lote e o programa de luz foi de 24 horas, considerando-se a luz natural e artificial.

As rações foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais das fases: a Pré-inicial (1-7 dias), inicial (8-21 dias), crescimento (22-33 dias).

As rações e as aves foram pesadas nas fases de 1-7 dias, 8-14 dias e 15-21 dias e 22 a 42 dias para avaliação do ganho de peso, do consumo de ração e da conversão alimentar. Não houve mortalidade no período experimental.

Digestibilidade

As coletas de excretas foram realizadas duas vezes ao dia no período entre o 4° e 8° dia (1° coleta), 19° e 23° dia (2° coleta), 34° e 38° dia (3° coleta). Amostras das excretas e rações foram identificadas e armazenadas em freezer e, posteriormente foram enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal do IFGoiano - *Campus* Rio verde para determinação dos níveis de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra bruta seguindo a metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002).

Para preparar as amostras de excretas para análise, foram coletadas alíquotas, que foram identificadas e submetidas à pré-secagem em estufa retilínea de ventilação forçada (FANEM LTDA) a $55 \pm 5^\circ\text{C}$, e posteriormente trituradas em moinhos tipo Wiley, para realização das análises, de acordo com a metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). Paralelamente, das amostras das rações experimentais foram determinados: matéria seca a 55°C das excretas em estufa de ventilação forçada com temperaturas de $55^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas; matéria seca a 105°C das rações experimentais e das excretas em estufa regulada à 105°C , por 12 horas, sendo as análises realizadas em duplicata; nitrogênio total das rações experimentais e nas excretas utilizando o método de micro-Kjeldahl e posteriormente, calculados os valores de proteína bruta pela multiplicação da % de N por 6,25; digestibilidade determinada pela equação entre o nutriente ingerido menos o excretado dividido pelo nutriente ingerido (MATTERSON et al., 1965); retenção de matéria seca obtida pela quantidade de matéria seca ingerida subtraída da quantidade excretada em relação ao ganho de peso; retenção de Proteína Bruta: determinada pela quantidade de proteína bruta ingerida subtraída da quantidade excretada dividida pelo ganho de peso. O cálculo da retenção de nutrientes seguiu o descrito por NOY & SKLAN (2002)

Biometria dos órgãos do aparelho digestivo

Uma ave de cada repetição foi utilizada para determinação da biometria dos órgãos. As aves com sete dias foram mantidas em jejum alimentar de 8 horas e as demais por 12 horas. Foram retiradas as vísceras que compõem o trato gastrointestinal (TGI), que foram medidas e pesadas seguindo os passos abaixo (MINAFRA et al., 2007), comprimento do TGI, medido pelo tamanho do TGI desde a inserção do esôfago na orofaringe até a comunicação do intestino grosso com a cloaca; peso do esôfago + papo, separado após medida de comprimento do TGI; peso do próventrículo + moela (com conteúdo remanescente), e separado após medida de comprimento do TGI; peso do pâncreas, após sua separação da alça duodenal; peso do intestino delgado (ID), porção que compreende o final do estômago muscular até o início dos cecos. Peso do intestino grosso (IG), representado pelo peso dos cecos, do cólon e do reto; peso do fígado, dado pelo peso do fígado sem a vesícula. Os resultados foram convertidos em pesos relativos de acordo com a fórmula: peso relativo do órgão = (peso do órgão/peso corporal) x 100.

Determinação do perfil bioquímico sérico

Para determinação do perfil bioquímico sérico aos sete, 14, 21 e 42 dias de vida, o sangue dos animais sacrificados foi colhido por punção cardíaca e as amostras foram identificadas e processadas segundo metodologia de MINAFRA et al. (2010). Após ser coletado o sangue foi centrifugado a 6.000 rpm por 10 minutos. Para separação do soro, que foi imediatamente congelado. Posteriormente, foram avaliados os teores de cálcio (Ca) e fósforo (P) e proteína total com a utilização de Kits comerciais, (Doles²).

Análise das vísceras (pâncreas e fígado)

Na necropsia as vísceras, fígado e pâncreas foram removidos, acondicionados em recipientes devidamente identificados e rapidamente congelados, usando nitrogênio líquido, com o intuito de cessar a atividade enzimática, e posterior armazenado. Este material foi homogeneizado (1g de tecido e 9mL de água) e depois centrifugado a 8000rpm a 40°C por 10 minutos. Coletou-se o sobrenadante para a determinação, em triplicata, da amilase no pâncreas e glutamato-oxalacetato transaminase (GOT ou AST) e glutamato-piruvato transaminase (GPT ou ALT), respectivamente no fígado por kits comerciais da DOLES. Todos os procedimentos foram feitos em banho de gelo água destilada para evitar a perda da atividade enzimática.

Análise da tíbia

Para determinação do diâmetro e pesos das tíbias, aos sete, 14, 21 e 42 dias, as tíbias direitas foram removidas, identificadas, limpas de tecido aderente e foram pesadas em balança analítica e seus diâmetros foram medidos com paquímetro digital (Jomarca). O índice peso/comprimento foi obtido dividindo o peso, em mg, pelo comprimento, em mm (KOCABAGLI, 2001).

Análise estatística

Os resultados do fatorial tratamento controle x tratamento contendo sorgo, com ou sem enzimas, foram submetidos à análise de variância por meio do programa SAEG 9.5 – Sistema para análise estatística – Universidade Federal de Viçosa (2007) e o teste Dunnett foi utilizado para comparação das médias, a 5% de probabilidade.

Para avaliação dos resultados obtidos considerando somente os tratamentos com sorgo, utilizou-se o mesmo software e, quando o teste F foi significativo, foi aplicada a análise de regressão polinomial, também a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre o GP, CR e CA das aves nos períodos de 1-7 e 1-42 dias de idade (Tabela 6). Na fase inicial, as aves apresentam o trato gastrintestinal imaturo (OLUKOSI et al., 2007), baixa produção de enzimas endógenas e menor taxa de digestibilidade dos nutrientes nestes primeiros dias de vida dos monogástricos (PIOVESAN et al., 2011). Assim, mesmo que as enzimas exógenas tenham aumentado a digestão dos nutrientes, estes não foram adequadamente absorvidos a ponto de afetar o desempenho das aves neste período.

Considerando o período total, a ausência de efeito pode ter sido resultado da capacidade do aproveitamento dos nutrientes nas aves, que são menores no início da vida devido os enterócitos que, durante o desenvolvimento embrionário, estão orientados para a transferência de imunoglobulinas e, somente a partir da segunda semana, é que estas células estarão aptas para realizar os processos de digestão e absorção dos nutrientes e que vão aumentando até atingir os melhores índices aos 32° dia de idade, e reduzindo na fase final (KATO et al., 2005).

Tabela 6 - Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas

Parâmetros	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV (%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1 a 7 dias</i>							
Ganho de peso (g)	138	131	131	136	135	137	5,73
Consumo de ração (g)	137	134	133	132	136	135	5,45
Conversão alimentar	0,99	1,02	1,02	0,97	1,00	0,98	4,52
<i>1 a 14 dias</i>							
Ganho de peso (g)	220	227	229	231	222	228	5,36
Consumo de ração (g) ²	332	378*	346	334	329	330	5,16
Conversão alimentar ³	1,51	1,66*	1,51	1,44	1,48	1,45	6,14
<i>1 a 21 dias</i>							
Ganho de peso (g)	227	241	248	256	241	239	7,32
Consumo de ração (g) ⁴	427	457*	435	426	367*	374*	3,99
Conversão alimentar ⁵	1,89	1,89	1,75*	1,67*	1,52*	1,57*	4,28
<i>1 a 42 dias</i>							
Ganho de peso (g)	1296	1407	1394	1363	1348	1385	5,02
Consumo de ração (g)	2427	2489	2462	2442	2399	2464	2,04
Conversão alimentar	1,87	1,77	1,77	1,79	1,78	1,78	3,43

* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett a 5% probabilidade.

¹ Coeficiente de variação.

² Efeito quadrático ($\hat{Y} = 366 - 0,0128x + 0,0000829x^2$, $R^2 = 0,99$).

³ Efeito quadrático ($\hat{Y} = 1,651 - 0,005705x + 0,00003842x^2$, $R^2 = 0,90$).

⁴ Efeito linear ($\hat{Y} = 1,860 - 0,00357x$, $r^2 = 0,88$).

⁵ Efeito linear ($\hat{Y} = 1,860 - 0,00357x$, $r^2 = 0,88$).

LEITE et al. (2011) notaram que pintinhos alimentados com dietas à base de sorgo ou milho, com ou sem adição das enzimas α -amilase, pectinase, β -glucanase, pentosanase, celulase, protease e fitase não apresentaram diferenças no desempenho produtivo aos 42 dias de idade. CARDOSO et al. (2011) entretanto, concluíram que a utilização de α -galactosidase, galactomananase, xilanase, β -glucanase e α -amilase deprimiu o desempenho de frangos de corte de 1-42 dias.

DALÓLIO et al. (2015), ao avaliarem o efeito da inclusão de diferentes níveis das enzimas fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase em dietas à base de milho e farelo de soja, verificaram que o desempenho das aves melhorou no período total de criação.

Mas é importante considerar que vários fatores podem afetar a influência das enzimas exógenas no trato gastrintestinal dos animais e entre eles pode-se citar o tipo de alimento (LEITE et al., 2011), as enzimas utilizadas, níveis na dieta, além do sexo e a fase em que o animal se encontra (CARVALHO et al., 2009).

De 1 a 14 dias de idade, o GP não foi afetado ($P>0,05$) pelos tratamentos, no entanto, o uso de dietas contendo sorgo sem EF causou aumento no CR ($P<0,001$) e piorou a CA ($P<0,011$), comparado com os resultados de aves alimentadas com a dieta controle. No período de 1 a 21 dias, o CR das aves que ingeriram dietas contendo sorgo sem EF e sorgo com 75 e 100 mL de EF foram maiores do que os valores obtidos com o tratamento controle, em que as EF melhoraram a CA já com o menor nível de inclusão (25 mL).

O efeito negativo do sorgo sobre o CR e CA é por causa do maior teor de fibras (2,30%) comparado com o do milho (1,73%) (ROSTAGNO et al., 2011), elevando em 33% a presença das fibras nas dietas contendo o sorgo. Além disso, há a presença de fatores antinutricionais no sorgo, tais como estrutura do grão, ligações de dissulfeto, e a presença de tanino dentre outros fatores (DUODU et al., 2003), que podem influenciar negativamente na utilização dos nutrientes pelos animais.

Comparando-se os resultados obtidos somente com as dietas contendo sorgo, observou-se que a inclusão de 77,2 e 74,2 mL de EF resultou no menor CR ($P<0,002$) e melhor valor de CA ($P<0,005$) no período de 1-14 dias. De 1 a 21 dias, o CR ($P<0,001$) e a CA ($P<0,001$) diminuíram linearmente com o aumento dos níveis de EF nas dietas.

O menor CR e melhor CA ocorreram por que o uso das dietas contendo EFs resulta na digestão das fibras fornecendo assim maior aporte de energia para as aves, justificando assim seu melhor desempenho com altos níveis de inclusão das enzimas.

De acordo com LU *et al.* (2013) a utilização de xilanase, β -glucanase e fitase em dietas deficientes em energia, proteína, cálcio e fósforo melhorou o desempenho de frangos de corte suplementado com enzimas.

Embora não tenha ocorrido efeito ($P>0,05$) dos tratamentos sobre o CDPB das aves nos diferentes períodos de coleta (Tabela 7), o sorgo tem sido descrito como alimento com proteína de baixa digestibilidade pelo fatores exógenos tais como a estrutura do grão, níveis polifenóis, de fitato e de componentes da parede celular, e também por fatores endógenos, como suas ligações de dissulfeto, interações hidrofóbicas, interação com tanino e sua estrutura secundária da proteína (DUODU *et al.*, 2003). Apesar da presença dos fatores mencionados, no presente estudo não foi possível observar diferenças na utilização da proteína pelos frangos de corte comparado com o uso do milho ou devido à presença das EF.

Tabela 7 - Coeficientes de digestibilidade de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, em frangos de corte alimentados com rações contendo níveis de enzimas fibrolíticas

Parâmetros (%)	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV(%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1º Coleta (4º ao 8º dia)</i>							
CDPB	70,97	73,31	67,09	64,28	67,66	69,55	8,30
CDEE	66,59	64,39	62,76	56,32	60,11	61,11	11,56
CDFB ²	71,81	71,36	70,85	81,40*	80,76*	83,01*	6,99
<i>2º Coleta (19º ao 23º dia)</i>							
CDPB	47,29	40,25	40,69	43,49	42,20	40,54	9,32
CDEE	72,85	56,69*	61,03*	62,75*	62,02*	62,05*	5,60
CDFB ³	70,39	56,24*	65,25	68,43	65,25	71,64	8,99
<i>3º Coleta (34º ao 38º dia)</i>							
CDPB	61,60	53,70	57,87	62,09	61,56	59,94	9,55
CDEE ⁴	76,90	73,60	77,69	80,30	79,90	77,01	5,44
CDFB ⁵	69,74	63,54	67,98	82,48*	73,61	68,42	6,99

*Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett a 5% probabilidade.

¹Coeficiente de variação.

²Efeito linear ($\hat{Y} = 71,291 + 0,123x$, $r^2 = 0,69$).

³Efeito linear ($\hat{Y} = 59,204 + 0,1232x$, $r^2 = 0,72$).

⁴Efeito quadrático ($\hat{Y} = 73,473 + 0,230x - 0,001938x^2$, $R^2 = 0,99$).

⁵Efeito quadrático ($\hat{Y} = 62,043 + 0,5486x - 0,004870x^2$, $R^2 = 0,73$).

CDPB = coeficiente digestibilidade da proteína bruta.

CDEE = coeficiente digestibilidade do extrato etéreo.

CDFB = coeficiente digestibilidade da fibra bruta.

No período de 19 a 23 dias, houve redução ($P>0,05$) no CDEE comparado com o valor obtido com a dieta à base milho. Os valores de CDFB, comparado aos obtidos

com o uso do milho, aumentaram no primeiro e terceiro períodos nas dietas contendo no mínimo 50% de EF e, no período de 19 a 23 dias, somente as aves que consumiram dietas sem inclusão de EF apresentaram menor digestibilidade de fibra. A suplementação de enzimas que degradam PNAS em dietas para frangos de corte diminui a viscosidade, tendo como resposta melhor digestibilidade dos nutrientes, especialmente da gordura (SIMON et al., 2002).

O CDEE foi afetado de forma quadrática ($P < 0,004$) sendo o maior valor obtido com a inclusão de 59 mL de EF no período de 34 a 38 dias. Entretanto, segundo GLAMOČIĆ et al. (2011) ao avaliar o efeito das enzimas celulase β -glucanase e xilanase para frangos de corte não observaram efeito sobre a digestibilidade da gordura.

O CDFB aumentou linearmente ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de EF dietéticos nos dois períodos iniciais de coleta, entretanto, no período subsequente (34 a 38 dias), o CDFB aumentou ($P < 0,001$) nas aves que consumiram dietas à base de sorgo contendo 56,3 mL de EF.

A adição de carboidrases exógenas em dietas, mesmo que contenham ingredientes com menor conteúdo de PNAS, como no caso do sorgo, melhora a digestibilidade dos nutrientes (LEITE et al., 2011).

As aves recém-nascidas têm seu sistema gastrintestinal imaturo e sofrem processos adaptativos, buscando maior eficiência nos processos digestivos. Na eclosão, o sistema digestório da ave está anatomicamente completo, porém, sua capacidade funcional ainda não permite a adequada digestão e absorção de todos os nutrientes. Dessa forma, o trato gastrintestinal das aves passará por alterações morfológicas que aumentarão a área de superfície de digestão e absorção (SANTOS et al., 2014). Como relatado por NIAN et al. (2011) a inclusão de xilanase em dietas de frangos melhora a digestibilidade da hemicelulose, fração que está sob impacto direto da suplementação de enzimas.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre os pesos relativos da carcaça, peito, coxa, sobrecoxa e da gordura abdominal (Tabela 8). CAROLINO et al. (2014) relataram resultados diferentes em que o rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com ração à base de sorgo moído foi maior (73,78%) do que o de frangos alimentados com dietas contendo milho e sorgo grão inteiro (72,03 x 71,02%, respectivamente para milho e sorgo).

Tabela 8 - Pesos relativos de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal em frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com rações contendo enzimas fibrolíticas

Peso relativo (%)	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV (%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
Carcaça	76,26	77,20	76,89	77,11	76,68	78,35	2,61
Peito	34,44	35,11	37,51	34,68	34,81	35,96	5,80
Coxa	76,56	77,20	76,89	77,11	76,68	78,35	2,61
Sobrecoxa	14,82	14,58	16,27	15,59	14,76	15,08	7,29
Gordura abdominal	1,42	1,36	1,45	1,33	1,41	1,33	18,49

¹Coefficiente de variação.

Ao utilizarem as enzimas α -galactosidase, galactomananase, xilanase, β -glucanase e α -amilase em dietas para frangos de corte, CARDOSO et al. (2011) também não reportaram influência das enzimas nas características de carcaça. DALÓLIO et al. (2015) ao avaliarem o efeito da inclusão de diferentes níveis CE (fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase) em dietas à base de milho e farelo de soja, concluíram que as enzimas não afetaram o rendimento de peito e de carcaça aos 42 dias de idade.

Contrapondo-se a estes trabalhos, SILVEIRA et al. (2010), avaliando o efeito da peletização em dietas com e sem CE para frangos de corte, verificaram que os animais que receberam dieta contendo CE apresentaram melhor rendimento de carcaça.

Na Tabela 9 são apresentados os dados para biometria relativa aos 1-7, 1-14, 1-21 e 1-42 dias de idade.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os parâmetros, peso, comprimento do trato gastrointestinal, peso relativo trato gastrointestinal, esôfago + papo, intestino delgado, intestino grosso, pâncreas e fígado aos sete dias de idade. Entretanto houve diferença ($P<0,04$) pelo teste de Dunnett, aos sete dias de idade, somente para o peso relativo do proventrículo+moela, diferenciou-se da ração controle que foi diferente estatisticamente das rações à base de sorgo sem EF e com nível de 75 mL de EF. Estudos realizados por (BAREKATAIN et al., 2013; MASEY-O`NEILL et al., 2014), demonstram que adição de enzimas nas rações pode afetar o peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal.

Tabela 9 - Peso, comprimento do trato gastrointestinal, peso relativo trato gastrointestinal, esôfago + papo, proventrículo+moela, intestino delgado, intestino grosso, pâncreas, fígado, de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo níveis de enzimas fibrolíticas.

Parâmetros	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV(%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1 a 7 dias</i>							
PESO(g)	27,53	28,18	27,79	28,77	29,09	28,95	6,72
COTGI(cm)	120,80	113,20	110,20	115,80	119,40	120,80	7,37
PTGI(g)	33,94	34,18	33,53	35,59	35,40	35,43	6,17
ESO+PAP(g)	1,86	1,96	2,02	1,79	1,80	2,02	10,61
PRO+MOE(g)	10,55	11,91*	10,66	11,51	11,71*	11,18	6,82
ID(g)	13,09	12,12	12,97	12,93	12,89	13,27	9,92
IG(g)	2,29	2,45	2,40	2,61	2,68	2,31	10,26
Pâncreas (g)	0,79	0,93	0,88	0,87	0,89	0,92	10,63
Fígado(g)	5,64	4,94	4,94	5,90	5,39	5,50	10,43
<i>1 a 14 dias</i>							
PESO(g)	47,03	47,09	48,02	50,99	49,42	48,51	7,82
COTGI(cm)	141,80	146	143,20	145,80	141,40	147,60	7,34
PTGI(g)	60,17	59,12	60,82	64,42	61,69	61,84	7,57
ESO+PAP(g)	3,37	3,55	3,12	3,51	3,44	3,21	9,83
PRO+MOE(g)	18,69	18,59	18,96	20,31	19,37	18,18	10,06
ID(g)	20,28	20,53	21,56	22,39	22,45	22,46	10,23
IG(g)	4,41	4,34	4,57	4,57	4,54	4,53	14,47
Pâncreas (g)	1,74	1,47	1,55	1,77	1,51	1,71	14,35
Fígado(g)	11,36	10,55	11,13	11,78	10,70	11,54	10,25
<i>1 a 21 dias</i>							
PESO(g)	64,22	68,22	66,55	71,67	67,22	65,21	8,13
COTGI(cm)	169,20	166,80	166,60	171,80	168,60	155,80	5,95
PTGI(g)	84,75	88,93	85,97	94,0	88,36	83,65	7,20
ESO+PAP(g)	4,50	5,24	4,43	4,98	4,87	4,41	13,38
PRO+MOE(g)	26,61	28,13	28,54	28,88	29,17	28,60	9,94
ID(g)	28,11	28,53	27,28	30,98	27,09	26,61	11,81
IG(g)	5,22	6,87	6,77	6,45	6,18	5,80	13,99
Pâncreas (g)	2,24	2,38	2,36	2,55	2,29	2,21	10,91
Fígado(g)	17,88	18,11	16,97	19,86	18,73	16,22	9,46
<i>1 a 42 dias</i>							
PESO(g)	147,96	169,92	152,93	168,77	162,80	168,85	10,73
COTGI(cm)	250,40	236,60	238,00	230,20	243,40	247,20	9,09
PTGI(g)	202,27	224,17	208,07	223,83	218,60	226,17	10,20
ESO+PAP(g)	13,61	13,72	13,01	13,84	14,08	14,21	14,55
PRO+MOE(g)	56,18	65,01	61,34	67,66	62,75	65,33	14,12
ID(g)	65,89	74,89	66,46	67,80	68,84	67,79	12,59
IG (g)	17,26	17,18	17,21	17,26	17,16	17,28	11,07
Pâncreas (g)	4,27	4,58	4,33	4,16	4,35	4,33	13,29
Fígado(g)	49,91	49,28	50,65	50,46	50,60	50,81	14,37

* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett a 5% probabilidade.

¹Coefficiente de variação.

COTGI = comprimento do trato gastrointestinal.

PTGI = peso relativo trato gastrointestinal.

ESO+PAP = esôfago + papo.

PRO+MOE = proventrículo+moela.

ID = intestino delgado.

IG = intestino grosso.

Apesar do nível proteico do sorgo ser superior ao do milho, a maior parte de sua proteína é composta por kafirina, uma proteína de reserva pertencente ao grupo das prolaminas (BELTON et al., 2006). Esta proteína é de baixa digestibilidade por apresentar características como baixa solubilidade, configuração estrutural e desbalanceamento de aminoácidos, principalmente pelo baixo conteúdo de lisina (MOSSE et al., 1988). As moléculas de kafirina estão presentes no endosperma, sendo armazenadas como proteína de reserva do grão, e associadas aos grânulos de amido. Desta forma, as kafirinas têm grande influência sobre a digestibilidade do amido, apresentando correlação negativa com a energia metabolizável aparente, com impacto negativo considerado maior que o do tanino, considerando-se a digestibilidade do amido (ELKIN et al., 1996). O maior peso do proventrículo+moela, na dieta com sorgo sem EF, pode estar relacionado com a maior secreção de pepsina e ácido clorídrico, com a finalidade de estimular a degradação das proteínas (SVIHUS, 2011).

Segundo MABELEBELE et al. (2014), trabalhando com comparação de trato gastrintestinal e valores de pH em Ross 308 e galinhas indianas, afirmaram que alimentos com alto teor de fibras promovem aumento do peso da moela, podendo ser comprovado neste experimento para dieta com sorgo sem EF.

Pesquisas demonstram que o volume da moela aumenta substancialmente quando há dietas com presença de cereais integrais ou fibra insolúvel (HETLAND et al., 2003; BJERRUM et al., 2005; GONZALES-ALVARADO et al., 2008; AMERAH et al., 2009). Assim, conteúdo fibroso não só aumenta o tamanho da moela, mas também resulta em grande aumento da capacidade de retenção da moela.

Na dieta com sorgo com EF no nível de 75 mL a explicação mais viável seria a não atividade enzimática das EF na ligação com substrato.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para dietas à base de sorgo com níveis de EF e sem EF e em dieta à base de milho sem EF para os pesos relativos dos órgãos digestórios, assim como do comprimento absoluto do intestino das aves em todo o período experimental, nos períodos de 14,21 e 42 dias.

Contrariando este resultado SINGH et al., (2012), utilizando dietas à base de sorgo, contendo ou não xilanase não observaram efeito significativo no peso relativo da moela. Entretanto, BAREKATAIN et al. (2013), utilizando xilanase em dietas para frangos de corte observou a redução no peso relativo do intestino delgado dos animais aos 21 dias de idade.

Não houve efeito ($P>0,05$) na utilização ou não das EF sobre a tíbia nos parâmetros, peso, comprimento, IPC, em todo o período experimental (Tabela 10).

Tabela 10 - Peso (g), morfometria (mm) e índice peso comprimento de tíbias de um a 42 dias de idade em frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas

Parâmetros	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV (%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1 a 7 dias</i>							
Peso(g)	1,46	1,53	1,49	1,53	1,55	1,35	10,33
COMP(mm)	42,67	42,65	42,49	43,52	43,03	43,09	4,75
DIÂM(mm)	2,98	2,85	2,92	3,01	2,96	3,03	6,17
IPC	34,27	35,86	35,22	35,33	36,17	31,33	8,60
<i>1 a 14 dias</i>							
Peso(g)	2,53	2,73	2,72	2,79	2,79	2,78	8,24
COMP(mm)	53,61	56,28	57,25	57,22	56,13	59,00	5,48
DIÂM(mm)	4,70	4,78	4,86	4,84	4,77	4,65	7,16
IPC	47,25	48,67	47,51	48,78	49,67	47,20	4,87
<i>1 a 21 dias</i>							
Peso(g)	4,70	4,98	4,70	4,89	4,71	4,88	7,68
COMP(mm)	65,85	67,82	65,45	66,03	62,51	67,06	5,64
DIÂM(mm)	5,93	5,96	6,06	6,26	5,82	6,28	5,97
IPC	71,34	73,51	71,93	74,30	75,87	72,94	7,56
<i>1 a 42 dias</i>							
Peso(g)	14,75	14,72	15,01	15,89	14,73	14,97	8,80
COMP(mm)	99,28	99,70	99,49	100,23	101,31	100,55	3,35
DIÂM(mm)	9,12	9,16	9,66	9,42	9,23	9,63	6,91
IPC	148,67	147,82	151,24	158,97	145,51	148,89	9,72

¹Coeficiente de variação, comprimento (COMP), diâmetro (DIÂM), índice peso comprimento (IPC).

Sabe-se que a o teor de fibra elevado pode diminuir a digestão e absorção de nutrientes, entre eles os minerais, pelo aumento da taxa de passagem e da viscosidade da digesta. Assim, esperava-se que as aves submetidas à dieta à base de sorgo e sem enzimas apresentassem qualidade óssea inferior comparada com as aves do tratamento controle já que o milho apresenta 33% a menos de fibra do que o sorgo. Nos tratamentos contendo enzimas, houve maior digestão das fibras e era esperado também que houvesse diferença na qualidade óssea em relação ao tratamento contendo sorgo e sem enzimas. No entanto, no presente estudo estes efeitos não foram observados, podendo inferir que as aves toleraram bem este maior nível de fibra na dieta.

Na Tabela 11, estão apresentados os resultados de cálcio, fósforo, relação cálcio/ fósforo e proteína no soro sanguíneo das aves, aos sete, 14, 21 e 42 dias de idade.

Tabela 11 – Teores no sangue de cálcio (mg/dL); fósforo (mg/dL); relação cálcio e fósforo (mg/dL); proteínas totais (mg/dL) de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas.

Parâmetros	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV(%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1 a 7 dias</i>							
Ca	10,76	10,10	12,60*	11,46	10,84	12,84*	10,58
P	5,18	5,03	6,05	5,54	6,26	6,36	15,58
Ca/P	2,12	2,01	2,08	2,01	1,73	2,09	15,21
Prot	3,95	3,81	3,87	4,03	3,81	3,95	10,52
<i>1 a 14 dias</i>							
Ca	11,44	10,39*	10,37*	10,19*	11,28	10,28*	4,95
P	5,81	5,94	6,01	5,75	6,29	5,87	9,35
Ca/P	1,97	1,78	1,73	1,77	1,79	1,76	11,19
Prot ²	3,74	3,64	4,01	4,02	4,03	4,02	5,31
<i>1 a 21 dias</i>							
Ca	9,57	9,51	9,49	9,71	9,37	8,69	10,08
P	6,58	6,78	5,71	5,70	6,59	6,19	11,70
Ca/P	1,47	1,41	1,66	1,84	1,52	1,42	15,35
Prot	4,17	4,25	4,42	4,68	4,67	4,68	7,77
<i>1 a 42 dias</i>							
Ca	11,60	11,68	13,33	12,62	12,01	12,33	9,85
P	6,30	6,15	6,14	6,63	6,39	6,40	11,15
Ca/P	1,87	1,90	2,17	1,92	1,88	1,92	12,73
Prot	4,72	4,49	4,79	4,77	4,71	4,43	11,65

* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett a 5% probabilidade, ¹Coefficiente de variação, ²Efeito linear ($\hat{Y} = 3,793 + 0,00311x$, $r^2 = 0,53$). Ca = Cálcio, P = Fósforo, Ca/P = Relação cálcio e fósforo, Prot = proteínas totais.

Constituintes bioquímicos do sangue refletem as condições de saúde dos animais, assim como diversos fatores, como tipo de nutrição, clima e manejo, que podem refletir nos resultados das análises sorológicas. Por essa razão a determinação dos parâmetros bioquímicos sanguíneos em aves devem ser traçados nas condições em que o animal foi submetido (MINAFRA et. al., 2010).

Não existem muitos dados sobre níveis de referência para valores hematológicos e bioquímicos em frangos de corte, por isso a importância de se traçar o perfil bioquímico sanguíneo das aves nas diversas situações experimentais (MARQUES, 2007).

Os constituintes extracelulares do sangue incluem a água, os eletrólitos, as proteínas, a glicose, as enzimas e os hormônios. Dentre os eletrólitos, merecem destaque o cálcio ionizável e o fosfato (VIEITES et al., 2004).

Os níveis de cálcio (Ca) diferiram significativamente aos sete e 14 dias de idade pelo teste de Dunnett em relação ao tratamento controle. Todavia aos 21 e 42 dias, não houve diferença significativa nos tratamentos com suplementação EF.

Os níveis de fósforo (P) e relação cálcio/ fósforo (Ca/P) no soro sanguíneo não foram afetados pela suplementação EF aos sete, 14, 21 e 42 dias de idade.

Valores encontrados neste trabalho para cálcio variaram na faixa de 8,69 aos 21 dias a 13,33 mg/L aos 42 dias de idade, mas conforme Minafra et al. (2010) isto pode ser considerado comum, devido, à metodologia usada para as dosagens e o método de obtenção do soro. CATALAN et al. (2014) trabalhando com dietas farelo de trigo e fitase encontraram valores médios de cálcio sanguíneo aos 22 dias de 9,07 e aos 32 dias de 9,46 mg/L. Valores de cálcio de 13,07, 10,08 e 13,32 mg/dL para linhagem Cobb aos sete, 22 e 42 dias de idade foram encontrados no trabalho de SANTOS et al. (2015) que estudaram frangos de crescimento lento e rápido.

Apesar dos valores de cálcio aos sete e 14 dias diferirem estatisticamente pelo teste de Dunnett da dieta controle, estes valores estão dentro da normalidade.

A concentração de fósforo não foi influenciada pelas dietas com carboidratos tanto aos sete, 14, 21 e 42 dias de idades. Os valores encontrados estão condizentes com a literatura. SANTOS et al. (2014) trabalhando com produtos homeopáticos, encontrou para controle valor de 6,05 mg/dL aos 21 dias e 4,13 mg/dL aos 42 dias de idade. SANTOS et al. (2015) trabalhando com Isa Label e Cobb, encontraram para Cobb 5,10, 4,04 e 5,03 mg/dL aos sete, 21 e 42 dias de idade, respectivamente, para teores de fósforo sanguíneo. VIEITES et al. (2004) encontraram 6,97 (mg/dL) para dieta com 20% de proteína bruta e balanço eletrolítico.

A relação entre Ca:P é muito importante para a manutenção das funções normais nas aves. Na ração considera-se como adequada a relação Ca:P de 2:1; embora, o valor diagnóstico do P sérico nas aves não é consistente e poucas vezes se usa a medição deste mineral no diagnóstico de uma condição clínica (SCHMIDT et al., 2007).

A relação 2:1 para Ca:P foi aproximada em todas as fases de criação, mostrando médias menores no período de um a 21 dias de idade. Todavia esta relação aos 42 dias torna-se mais próxima da relação estável. SANTOS et al. (2015) observaram relação Ca:P igual a 1,98:1, sendo um valor muito próximo de 2:1. Para MINAFRA et

al. (2010) é considerado valores aproximados e ideal dos organismos vivos e em estado de normalidade.

SOUSA et al.(2015) encontraram a relação de Ca/P, na idade de 8 a 21 dias de idade, de 1,18 para o controle, trabalhando com dietas com fitase. Aos 42 dias de idade, NAHAVANDINEJAD et al.(2014) encontraram valores para relação Ca/P de 1,81, trabalhando com processamento térmico do farelo de soja. Valores próximos foram encontrados neste trabalho.

Os teores de proteína total no soro, aos sete, 21 e 42 dias de idade não foram afetados pela suplementação de EF, todavia aos 14 dias de idade houve efeito dos níveis de suplementação, com efeito linear, representado pela equação $\hat{Y} = 3,793 + 0,00311x$, $r^2 = 0,53$.

A grande maioria das proteínas circulantes no plasma é sintetizadas pelo fígado, a exceção das imunoglobulinas. As principais funções destas moléculas são manter o volume sanguíneo por meio do efeito osmótico coloidal, participar na manutenção do pH do sangue, uma vez que apresentam capacidade tampão (do 15% a 20% da capacidade tampão total), fazer o transporte de hormônios e fármacos, participar da coagulação celular e catalisar (enzimas) e regular (hormônios) processos biológicos. Algumas delas também são indispensáveis nas reações inflamatórias, imunes e nos processos de regeneração e reparação tissular, quando são chamadas de proteínas de fase aguda (MELILLO, 2013).

A concentração normal sérica de proteínas totais no soro das aves varia de 3,0 a 6,0 g/dL. Os valores encontrados neste experimento estão abaixo de 6,0 g/dL. Apesar de haver efeito significativo, os valores estão dentro dos padrões de normalidade.

Aos 14 dias de idade, os teores de proteína do sangue do controle e do sorgo sem EF foram menores do que com adição das EF. Neste caso, as carboidrases podem ter atuado nas fibras, disponibilizando melhor a proteína, como a kafirina. Isto pode ser explicado pela baixa digestibilidade da proteína do sorgo e devido fatores exógenos, como estrutura do grão, polifenóis, fitato e componentes da parede celular, e a fatores endógenos, como suas ligações de dissulfeto, interações hidrofóbicas, interação com tanino e sua estrutura secundária da proteína (DUODU et al., 2003) dominante no sorgo que é a kafirina, uma fonte relativamente deficiente em aminoácidos digestíveis (SELLE et al., 2010). A molécula de kafirina, são resistente à degradação pela pepsina por mais de três horas em avaliação *in vitro* (WONG et al., 2010). A atuação das EF

auxiliou no aumento da digestibilidade da proteína do sorgo, fazendo com que valores sejam lineares com adição crescente dos níveis de EF.

VIEITES et al. (2004) avaliaram o nível sanguíneo de proteína aos 21 dias de idade em pintinhos de corte alimentados com rações à base de milho e soja com 20% e 23% de proteína e obtiveram médias de concentrações ($p>0,05$) de proteína de 6,28 mg/dL respectivamente. CARDOSO & TESSARI (2003) alimentaram pintos machos com ração comercial à base de milho e soja e avaliaram por meio da metodologia de refratometria, a quantidade de proteína plasmática destas aves durante 52 semanas. Obtiveram valores de concentração de proteína de 3,00 e 3,68 g/dL na segunda e terceira semanas respectivamente e 3,30 g/dL na primeira semana. SANTOS et al. (2014) trabalhando com produtos homeopáticos em rações encontraram valores de 3,21 e 4,13 g/dL, aos 21 e 42 dias de idade, sendo semelhante aos valores encontrados neste trabalho. SANTOS et al. (2015) avaliaram o perfil proteína total em frangos de crescimento lento e rápido e para a linhagem Cobb os valores aos sete, 21 e 42 dias idade, 3,19; 6,47 e 13,17 g/dL, respectivamente.

Existem poucos estudos sobre o perfil bioquímico sérico do soro de frango de corte com adição de carboidrases à dieta, dificultando a discussão dos resultados, requerendo assim novas pesquisas nesta área. Os resultados pesquisados poderão ser usados como referência para a comunidade científica, pois ainda não são conhecidos valores no soro para rações contendo suplementação de carboidrases (arabinase, β -glucanase, xilanase, celulase e hemicelulase).

Na Tabela 12, estão apresentados os resultados glutamato oxaloacetato transaminase (GOT) e do glutamato piruvato transaminase (GPT), aos sete, 14, 21 e 42 dias de idade.

Não houve efeito significativo GOT, GPT e nem da relação GOT/GPT no fígado de frangos de corte suplementados com EF aos sete, 14, 21 e 42 dias de idade.

O fígado, por ser um órgão central amplamente relacionado ao metabolismo de carboidratos, lipídios, proteínas e alterações em seu conteúdo proteico, pode revelar alterações de ordem metabólicas gerais (BARBOSA et al., 2010).

Em geral a especificidade e sensibilidade dos valores de atividade enzimática nas aves podem variar por espécie em decorrência das diferenças entre distribuição das enzimas nos órgãos. É importante lembrar que valores elevados da enzima normalmente dão ideia do grau de lesão do órgão de onde provêm e não da diminuição na função deste órgão (CAPITELLI & CROSTA, 2013).

TABELA 12 - Concentração de glutamato-oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato-piruvato transaminase (GPT) transaminases (mg/dL) no fígado de frangos de corte de um a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas

Parâmetros	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV(%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1 a 7 dias</i>							
GOT	176,85	175,33	175,29	180,30	192,60	183,87	7,18
GPT	64,98	61,82	64,80	63,82	69,56	67,07	6,70
GOT/GPT	2,72	2,83	2,70	2,82	2,76	2,74	1,92
<i>1 a 14 dias</i>							
GOT	168,45	166,36	170,33	170,81	169,43	167,91	3,30
GPT	58,80	57,50	61,03	59,70	59,93	59,08	4,81
GOT/GPT	2,86	2,89	2,83	2,86	2,82	2,84	0,89
<i>1 a 21 dias</i>							
GOT	184,38	173,66	174,25	172,48	169,01	170,65	4,43
GPT	61,12	65,26	63,02	64,16	63,27	64,12	7,01
GOT/GPT	3,01	2,66	2,76	2,68	2,67	2,66	5,02
<i>1 a 42 dias</i>							
GOT	229,05	241,23	217,11	240,12	214,49	226,04	10,37
GPT	92,72	85,55	96,06	91,06	93,26	85,17	9,83
GOT/GPT	2,47	2,81	2,26	2,63	2,29	2,65	8,63

¹Coefficiente de variação.

O conhecimento dos parâmetros enzimáticos teciduais da glutamato oxaloacetato transaminase (GOT) ou AST e glutamato piruvato transaminase (GPT) ALT no fígado representa papel importante no diagnóstico da saúde dos animais. Essas moléculas podem refletir o estado geral metabólico, neste caso, indicando interferência benéfica ou adversa da inclusão de substâncias para a ave. Estas enzimas são encontradas em muitos órgãos dos animais, porém sua maior produção provém do fígado e a detecção de aumento de seus níveis pode significar alteração de funcionamento neste órgão (KANASHIRO et al., 2001).

Segundo LI et al. (2014) trabalhando com ácido lipoico na proteção fígado contra aflatoxinas em frangos de corte, mensuraram a atividade da GOT e GPT, só que em U/mg de tecido e encontraram uma relação de GOT/GPT de 5,43 para grupo controle, com 28 dias de idade. ALIKWE et al. (2010) realizaram experimento com níveis de inclusão de farinha de peixe, e no grupo controle, determinaram a atividade específica em U/mg de proteína, e a relação GOT/GPT de 1,18, para 21 dias de idade. MINAFRA et al. (2009) avaliaram balanço eletrolítico e proteico dietéticos e

mensuraram aminotransferases hepáticas e a relação GOT/GPT foi de 1,99, 1,78 e 2,11, aos 7,14 e 21 dias de idade, respectivamente, com 23% proteína para grupo controle.

Danos hepáticos foram observados quando a relação ultrapassou valores numéricos de 5,56 (LI et al., 2014).

Apesar de ter sido mensurado no fígado, vários autores mensuram este parâmetro no sangue. CHOO et al. (2014) avaliando 4 linhagens de aves de locais diferentes e encontraram para frangos tradicionais e a relação GOT/GPT foi de 4,02, aos 31 dias de idade. Para AHMED et al. (2015) a relação foi de 1,33 para grupo controle aos 42 dias de idade, trabalhando com crescimento e desempenho econômico dos frangos de corte alimentados com níveis crescentes de farelo de canola, com ou sem suplementação enzimática. RABIE et al. (2015) avaliando níveis de farelo de canola em frangos de corte, com 56 dias de idade, a relação foi de 4,1. SANTOS et al. (2014) trabalharam com fatores homeopáticos e encontraram valores de 2,51 e 3,34 para a relação aos 21 e 42 dias de idade. Para nenhum destes valores foi observado dano hepático.

Neste trabalho os valores foram aproximados de SANTOS et al. (2014) e MINAFRA et al. (2009), que utilizaram a mesma metodologia e não encontraram danos hepáticos.

Na clínica de aves é comum utilizar intervalos de referência baseados na literatura, em que foram usadas amostras com número pequeno de animais, que não foram corretamente caracterizadas e sem descrições detalhadas das metodologias utilizadas para os exames laboratoriais. A maioria dos clínicos está ciente deste problema e acaba definindo os seus próprios valores baseados na experiência individual (TANG et al., 2013).

Todavia, pela falta de resultados fica difícil a discussão de valores de GOT e GPT no fígado, uma vez que há enorme variabilidade de kits comerciais e metodologias aplicadas.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 13, observa-se que não houve efeito significativo para atividade da amilase no pâncreas aos sete, 14, 21 e 42 dias de idade, com suplementação de EF nas rações.

Para GRACIA et al. (2003) a secreção de enzimas pancreáticas pode ser afetada pela concentração de enzimas e substratos ou produtos de hidrólise no intestino delgado.

TABELA 13 – Médias das atividades da enzima amilase no pâncreas (U/dL) de frangos de corte de um a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de enzimas fibrolíticas

Fase	Controle	Níveis de enzima (mL)					CV(%) ¹
		0,0	25	50	75	100	
<i>1 a 7dias</i>	660,99	593,66	685,16	665,74	654,80	684,13	10,87
<i>1 a 14dias</i>	624,85	668,64	631,04	667,91	663,49	649,22	4,12
<i>1 a 21dias</i>	666,57	643,44	647,36	641,99	646,95	653,56	8,65
<i>1 a 42dias</i>	631,66	626,29	655,83	609,36	624,85	634,14	7,99

¹Coefficiente de variação.

MINAFRA et al. (2010) encontraram valores semelhantes a este trabalho na dieta basal de 589,11 U/dL aos 7 dias de idade e de 589,11 U/dL aos 21 dias de idade, todavia para soro, quando avaliaram o perfil bioquímico do soro com dieta suplementada com alfa amilase.

Atividades da amilase do pâncreas foram estudadas pelos seguintes autores: MARCHIORO et al. (2013) pesquisando sobre aflatoxinas encontraram valores de amilase de 2898, 7360, 2360, 1555, 1119 e 903 aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, respectivamente; GUO et al. (2014) trabalharam com xilanase e dieta de trigo e encontraram valores de amilase de 866,0 (U/g de proteína) aos 21 dias de idade; ZHIGANG et al. (2014) avaliaram suplementação de probióticos e densidades de nutrientes diferentes e encontraram valores de amilase de 128 e 102 (U/mg proteína) aos 21 e 42 dias, respectivamente; POLYCARPO et al. (2014) no experimento com inclusão de fontes lipídicas, verificaram atividades de 26,59 e 29,76 (UI/mg proteína) aos 21 e 35 dias de idade; CHEN et al. (2016) avaliando a inclusão de magnésio, alumínio e silicato de argila nas dietas de frango de corte, observaram atividade de 289 e 284 (U/mg proteína) aos 21 e 42 dias de idade.

Podem-se observar, com estes trabalhos, valores bastante diferentes para atividade da amilase pancreática. Várias metodologias foram utilizadas, por isso os valores são muito dispersos. O importante é comparar o valor da dieta controle com os demais focos da pesquisa.

4. CONCLUSÃO

A suplementação de EF nas dietas para frangos de corte aos 42 dias de idade melhorou a digestibilidade da fibra bruta e do extrato etéreo, mas não refletiu no desempenho e nem no rendimento de carcaça. Não houve alterações no metabolismo para parâmetros sanguíneos (cálcio, fósforo, e proteína total), análise das vísceras com enzimas transaminases do fígado e amilase do pâncreas, biometria dos órgãos do aparelho digestivo e análise tibia.

5. REFERÊNCIAS

- ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, Relatório Anual - 2015/2016, p.13 - 43.
- AHMED, H. A., ABOU-ELKHAIR, R.; KETKAT, S.; SELIM, S. Growth and economic performance of broiler chickens fed on graded levels of canola meal with or without multienzyme supplementation. **J. Agric. Sci**, v.7, p.137-149, 2015.
- ALIKWE, P.C.N., FAREMI, A.Y. and EGWAIKHIDE, P.A. Biochemical evaluation of serum metabolites, enzymes and haematological indices of broiler-chicks fed with varying levels of rumen epithelial scraps in place of fish meal proteins. Res. **J. Poult. Sci.** v.3, n.2, p.27-31, 2010.
- AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. **British Poultry Science**, v.50, p.366–375, 2009.
- BAKER, B. H. Parpiping off nutrients growth and others metabolic functions: efficiency and prorithy considerations. **Poultry Science**, v.70, p.1797-1805, 1991.
- BARBOSA, A.A.; DE MORAES, G. H. K.; DE ALMEIDA, R.; TORRES, D. T. D. C. R.; SOUZA RODRIGUES, C.; MÜLLER, E. S. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. **R. Bras. Zootec**, v.39, v.4, p.772-778, 2010.
- BAREKATAIN, M.R.; ANTIPATIS, C.; CHOCT, M.; IJL.P.A. Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers dried grains with soluble. **Animal Feed Science and Technology**, v.182, p.71-81, 2013.
- BEDFORD M.R.; MASEY-O'NEILL H.V. Mythbusters – Enzymes in the spotlight. In BELTON, P. S. DELGADO, I.; HALFORD, N.G.; SHEWRY, P.R. Kafirin structure and functionality. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.272-286, 2006.
- BJERRUM, L.; PEDERSEN, K.; ENGBERG, R.M. The influence of whole wheat feeding on salmonella infection and gut flora composition in broilers. **Avian Dis.** V.49, p.9-15, 2005.
- CARDOSO, A. L. S. P. e TESSARI, E. N. C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70, n.4, p.419-424, 2003.

CARDOSO, D.M; MACIEL, M.P; PASSOS, D.P; SILVA, F.V; REIS, S.T; AIURA, F.S. Efeito do uso de complexo enzimático em rações para frangos de corte. **Arquivo de zootecnia**, v. 60, n.232, p.1053-1064, 2011.

CAROLINO, A. C. X. G; SILVA, M. C. A; LITZ, F. H; FAGUNDES, N. S; FERNANDES, E. A. Rendimento e composição de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas contendo sorgo grão inteiro. **Biosci. J., Uberlandia**, v. 30, n. 4, p. 1139-1148, 2014.

CARVALHO, J.C.C; BERTECHINI, A.G; FESSANI, E.J; RODRIGUES, P.B; PEREIRA, R.A.N. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.292-298, 2009.

CHEN, Y., CHENG, Y., YANG, W., LI, X., WEN, C., WANG, W., ZHOU, Y. An evaluation of palygorskite inclusion on the growth performance and digestive function of broilers. **Applied Clay Science**, 2016.

CHOO, Y. K., KWON, H. J., OH, S. T., UM, J. S., KIM, B. G., KANG, C. W. & AN, B. K. Comparison of growth performance, carcass characteristics and meat quality of Korean local chickens and silky fowl. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v.27,n.3, p.398-405, 2014.

DALÓLIO, F.S; VAZ, D.P; MOREIRA, J; ALBINO, L.F.T; VALADARES, L.R. Carcass characteristics of broilers fed enzyme complex. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.32, n.2, p.153-162, 2015.

DUODU, K.G; TAYLOR, J.R.N; BELTON, P.S; HAMAKER, B.R. Factors affecting sorghum protein digestibility. **Journal of Cereal Science**, v.38, p.117-131, 2003.

ELKIN, R. G.; FREED, M.B.; HAMAKER, B.R.; ZHANG, Y.; PARSONS, C.M. Condensed tannins are only partially responsible for variations in nutrient digestibilities of sorghum grain cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.848-853, 1996.

GLAMOČIĆ, D.; POLOVINSKI-HORVATOVIĆ, M.; IVKOVIĆ, M.; BEUKOVIĆ, D.; BJEDOV, S. Effects of enzymes supplementation on digestibility and energy utilization of broilers diets with different metabolizable energy level. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.27, n.3, p.583-590, 2011.

GONZALES-ALVARADO, J.M.; JIMENEZ-MORENO, E.; VALENCIA, D.G.; LAZARO, R.; MATEOS, G.G. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. **Poultry Science**, v.87, p.1779-1795, 2008.

GUO S.; LIU D.; ZHAO X.; LI C.; GUO Y. Xylanase supplementation of a wheat-based diet improved nutrient digestion and mRNA expression of intestinal nutrient transporters in broiler chickens infected with *Clostridium perfringens*. **Poult. Sci.** v.93, p.94-103, 2014.

HETLAND, H., SVIHUS, B. & KROGDAHL, A. Effects of oat hulls and wood shaving on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **British Poultry Science**, v.44, p.275–282, 2003.

KANASHIRO, A.M.I.; BOTTINO, J.A.; CASTRO, A.G.M.; FERREIRA, F.; FERREIRA, A. J. P. Influência da administração contínua de probióticos a frangos de corte sobre atividades enzimáticas séricas e concentração de colesterol plasmático. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.68, n.2, p.11-17, 2001.

KATO, K.R. **Energia metabolizável de alguns ingredientes para frangos de corte em diferentes idades**. Tese (Doutorado em Zootecnia) Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. F.96, 2005.

KIRKPINAR, F. & BASMACIOGLU, H. Effects of pelleting temperature of phytase supplemented broiler feed on tibia mineralization, calcium and phosphorus content of serum and performance. **Czech Journal of Animal Science**, v.51, n.2, p.78-84, 2006.

KOCABAGLI, N. The effect of dietary phytase supplementation at different levels on tibial bone characteristics and strength in broilers. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, v.25, n.5, p.797-802, 2001.

KWAKKEL, R.P.; HOF, G.; ZANDSTRA, T. et al. Diphasic allometric growth of some skeletal bones and the digestive tract in white leghorn pullets consuming ad libitum and restricted diets. **Poultry Science**, v.77, p.826-833, 1998.

LEE, D. J. & REAPER, I. Effect of dietary glutamic acid on the changes with age in the liver levels of glutamic dehydrogenase, aspartic transaminase and alanine transaminase of chicks (*Gallus domesticus*) **Int. J. Biochem.**, v.3, p.73-77, 1972.

LEITE, P.R.S.C; LEANDRO, N.S.M; STRINGHINI, J.H; CAFÉ, M.B; GOMES, N.A; FILHO, R.M. Desempenho de frangos de corte e digestibilidade de rações com sorgo ou milho e complexo enzimático. **Pesq. Agropec. Brás.**, v.46, p.280-286, 2011.

Li, Y.; Ma, Q. G. Zhao, L. H.; Guo, Y. Q.; Duan, G. X.; Zhang, J. Y.; Ji, C. Protective Efficacy of Alpha-lipoic Acid against AflatoxinB1-induced Oxidative Damage in the Liver. **Asian-Australas J Anim Sci.** v.27, n.6, p.907–915, 2014.

LU, H; ADEDOKUN, S.A; PREYNAT, A; LEGRAND-DEFRETIN, V; GERAERT, P.A; ADEOLA, O; AJUWON, K.M. Impact of exogenous carbohydrases and phytase

on grow performance and nutrient digestibility in broilers. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 93, p. 243-249, 2013.

MABELEBELE, M.; ALABI, O.J.; NG'AMBI, J.W.; NORRIS, D.; GININDZA, M.M. Comparison of gastrointestinal tracts and pH values of digestive organs of Ross 308 broiler and indigenous venda chickens fed the same diet. **Asian J. Anim. Vet.** v.9, p.71-76, 2014.

MACIEL, R. M. et al. Electrophoresis profile of serum proteins in broilers fed with diets containing aflatoxins and/or natural clinoptilolite clay. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.744-749, 2007.

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

MATTERSON, L.S.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experiment Station Research Report**, University of Connecticut Storrs, v.11, p.11, 1965.

MINAFRA, C. S., MORAES, G. H. K., LOPES, A. C. C., JÚNIOR, C. O. L., VIEITES, F. M., REZENDE, C. S. M., & VIU, M. A. O. Balanço eletrolítico e protéico dietéticos sobre as aminotransferases hepáticas, renais e séricas e teores séricos de magnésio e cloro de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.2, p.425-437, 2009.

MOSSE, J.; HUET, J. C.; BAUDET, J. The amino acid composition of whole sorghum grain in relation to its nitrogen content. **Cereal Chemistry**, v.65, p.271-277, 1988.

NIAN F.; GUO Y. M.; RU Y. J.; LI F. D.; PÉRON A. Effect of exogenous xylanase supplementation on the performance, net energy and gut microflora of broiler chickens fed wheat-based diets. **Asian-Aust.J.Anim.Sci.**, v.24, n.3, p.400-406, 2011.

NOY, Y. & SKLAN, D. Nutrient use in chicks during the first week posthatch. **Poultry Science**, v.81, n.3, p.391-399, 2002.

OLIVEIRA, M. C. SILVA, D.; LOCH, F.C.; Efeito de níveis de fósforo não-fítico e de fitase sobre a tíbia de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 14, n. 1, p. 49-56, 2009.

OLIVEIRA, M.C.; ARANTES, U.M.; STRINGHINI, J.H. Efeito do balanço eletrolítico da ração sobre parâmetros ósseos e da cama de frango. **Revista Biotemas**, v.23, n.1, p.203-209, 2010.

OLUKOSI, O.A.; COWIESON, A.J.; ADEOLA, O. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. **Poultry Science**, v.86, n.1, p.77-86, 2007.

PIOVESAN, V.; OLIVEIRA, V.; GEWEHR, C.E. Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões. **Ciência Rural**, v.41, n.11, p.2014-2019, 2011.

POLYCARPO, G. V., CRUZ, V. C., ALEXANDRE, N. C., FASCINA, V. B., SOUZA, I. M. G. P., CRAVO, J. C. M.; PEZZATO, A. C. Effect of lipid sources and inclusion levels in diets for broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.2, p.519-528, 2014.

RABIE, M.H., ABO, H.M.A. EL-MAATY, M.R. EL-GOGARY AND ABDO M.S. Nutritional and physiological effects of different levels of canola meal in broiler chick diets. **Asian J. Anim.** v.10, p.161-172, 2015.

RAZA, S; ASHRAF, T.N; PASHA, T.N; LATIF, F; BABAR, M.E. HASHMI, A.S. Effect of enzyme supplemented high fibre sunflower meal on performance of broilers. **Pakistan Journal of Zoology**, v.41, p.57 - 60, 2009.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T, DONZELE, J.L. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Tabelas brasileiras para aves e suínos; 2ª. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 186p.

SANTOS, F. R., SANTANA, R. O., CARVALHO, E. D. A., COSTA, N. A., MINAFRA, C. S., & OLIVEIRA, P. R. Desempenho e perfil sérico bioquímico de frangos de corte alimentados com rações contendo produtos homeopáticos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.2, 2014.

SANTOS, F. R.; STRINGHINI, J. H.; MINAFRA, C. S.; ALMEIDA, R. R.; OLIVEIRA, P. R.; DUARTE, E. F.; CAFÉ, M. B. Formulação de ração para frangos de corte de crescimento lento utilizando valores de energia metabolizável dos ingredientes determinada com linhagens de crescimento lento e rápido. **Arq. bras. med. vet. zootec**, v.66, n.6, p.1839-1846, 2014.

SANTOS, F.R.; SANTANA, R.O.; CARVALHO, E.A.; COSTA, N.A.; MINAFRA, C.S.; OLIVEIRA, P.R. Desempenho e perfil sérico bioquímico de frangos de corte alimentados com rações contendo produtos homeopáticos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.2, 2014.

SANTOS, F.R.; STRINGHINI, J.H.; FREITAS, N.F.; MINAFRA, C.S.; OLIVEIRA, P.R.; DUARTE, E.F.; GUIMARÃES, G.S. Aspectos morfológicos e morfométricos do aparelho digestório, perfil bioquímico sérico e atividade de enzimas pancreáticas de frangos de crescimento lento e rápido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.2, p.322-327, 2015.

SCHALY, L.M.; GONÇALVES, B.N.; OLIVEIRA, M.C .; LAURENTIZ, A.C.; JUNQUEIRA, O.M. Efeito de níveis de fósforo não-fítico e de fitase sobre o fêmur de frangos de corte. **Revista Biotemas**, v.22, n.1, p.81-85, 2009.

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

SILVA, F. A., MORAES, G. H. K., RODRIGUES, A. C. P. Composição Química do Soro de Pintos de Corte Alimentados com Dietas Purificadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1783-1788, 2002.

SILVEIRA, M.H.D; USSO, J.T.Z; ROSSI, P; RUTZ, F; ANCIUTI, M.A; ZAUK, N.F; RIBEIRO, C.L.G; BRUM, P.A.R; NUNES, J.K. Efeito da peletização em dietas contendo complexo enzimáticos para frangos de corte. **Ci. Anim. Bras.**, v. 11, n. 2, p. 326-333, 2010.

SINGH A, MASEY-O'NEILL HV, GHOSH TK, BEDFORD MR, HALDAR S (2012) Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize–soybean based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.177, p.194-203, 2012.

SOUSA, J.P.L ALBINO, L.F.T, VAZ, R.G.M.V, RODRIGUES, K.F, DA SILVA, G.F, RENNO, L.N, BARROS, V.R.S.M, & KANEKO, I.N. The effect of dietary phytase on broiler performance and digestive, bone, and blood biochemistry characteristics. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.17, n.1, p.69-76, 2015.

SOUSA, JPL de et al . The effect of dietary phytase on broiler performance and digestive, bone, and blood biochemistry characteristics. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, Campinas , v. 17, n. 1, p. 69-76, Mar. 2015.

SOUZA, B. B., BERTECHINI, A. G., SANTOS, C. D., LIMA, J. A. F., TEIXEIRA, A. S., FREITAS, R. T. F. Balanço de potássio e desempenho de frangos de corte suplementados com KCL no verão. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.28, n.5, p.1160-1168, 2004.

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

TAYLOR, J; BEAND, S.R; IOERGERB, B.P; TAYLOR, J.R.N. Preferential binding of sorghum tannins with γ -kafirin and the influence of tannin binding on kafirin digestibility and biodegradation. **Journal of Cereal Science**, v.46, p.22-31, 2007.

VIEITES, F. M.; MORAES, G. H. K.; ALBINO, L. F. T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sanguíneos e ósseos de frangos de corte aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.33, n.6, p.1520-1530, 2004.

WONG, J.H; MARX, D.B; WILSON, J.D; BUCHANAN, B.B; LEMAUX, P.G; PEDERSEN, J.F. Principal component analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain, **Plant science**, v.179, p.598-611, 2010.

ZHI-GANG, T., NAEEM, M., CHAO, W., TIAN, W., & YAN-MIN, Z. Effect of dietary probiotics supplementation with different nutrient density on growth performance, nutrient retention and digestive enzyme activities in broilers. **JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences**, v.24, n.5, p.1309-1315, 2014.