

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL**

CARLA FONSECA ALVES CAMPOS

**BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO FÚNGICO EM DIETAS DE
FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO**

**ARAGUAÍNA - TO
2018**

CARLA FONSECA ALVES CAMPOS

**BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE
FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientadora: Profa. Dra. Kênia Ferreira Rodrigues

Comitê de orientação:

Profa. Dra. Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz
Profa. Dra. Giovana Cristina Giannesi

**ARAGUAÍNA-TO
2018**

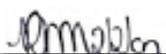
BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS
DE CRESCIMENTO LENTO

CARLA FONSECA ALVES CAMPOS

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora, junto ao Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal Tropical da Universidade
Federal do Tocantins.



Orientadora: Profa. Dra. Kênia Ferreira Rodrigues
Universidade Federal do Tocantins



Coorientadora: Profa. Dra. Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz
Universidade Federal do Tocantins



Coorientadora: Profa. Dra. Giovana Cristina Giannes
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Prof. Dr. Danilo Vargas Gonçalves Vieira
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. Iberê Pereira Parente
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão

Araguaína, 14 de dezembro de 2018

Dedico a Deus que com sua infinita sabedoria foi um verdadeiro guia nessa jornada.

Aos meus pais (José e Zélia), que sempre me apoiaram nos meus estudos, e a toda família pelos ensinamentos, paciência e valores que durarão para sempre.

É sempre bom aplicar um pouco dos conhecimentos adquiridos na construção de uma sociedade melhor, que estime os reais valores.

Obrigada por permanecerem sempre ao meu lado! Amo vocês.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Sempre achei está a pior parte da tese para escrever, talvez porque a vida não se coloca em análise de regressão e não é pelo valor p que descobrimos a significância das pessoas na nossa trajetória.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao *Autor da Existência*, aquele que permite que todas as coisas se concretizem, nosso único e verdadeiro Deus, por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades. Eu sempre soube que não estava sozinha em nenhum momento! Obrigado meu Deus por me levar sempre em teus braços de pai! O Senhor é a minha força e o meu cântico; e se fez a minha salvação. *Salmos 118:14*.

Agradeço aos meus irmãos e principalmente aos meus pais, que sempre me incentivaram, entenderam as minhas faltas e momentos de afastamento e reclusão e me mostraram o quanto era importante estudar. Obrigada pelos momentos, conselhos e apoio. Vocês fazem parte dessa vitória. Amo vocês.

Agradeço ao meu esposo, companheiro fiel e parceiro de todas as horas, por toda compreensão, carinho, paciência e incentivo, me ajudando a ser firme, persistente em busca desta realização, por tornar minha vida cada dia mais feliz e por cada abraço que acalmava e acalentava a alma.

Às minhas tias, tios e primos, pelas preces, apoio e por aquela sensação de estar sempre em minha casa, no coração! Aos meus avós e avós, Nelson, Tereza, Maria e Ribamar (In memórian), pelos ensinamentos, cuidado e afeto que sempre recebi de vocês. Pessoas de fibra e vencedores. Eternas saudades.

A Universidade Federal do Tocantins, Escola de Medicina Veterinária e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical, pela oportunidade da realização da graduação em Zootecnia, Mestrado e Doutorado em Ciência Animal Tropical. A todos os professores que fazem parte do programa, pelos ensinamentos.

A Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), na pessoa da professora Dra. Fabiana Zanoelo, professor Dr. Douglas Masui e toda a equipe do departamento de bioquímica, pela parceria, desenvolvimento e fornecimento do complexo enzimático fúngico para realização dos experimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

A minha querida orientadora Dr^a Kênia Ferreira Rodrigues, por toda confiança, amizade, estímulo, pela paciência e pelos conselhos sempre bem colocados. Sou muito grata a você, referência de profissional que ama o que faz e realiza com amor

as atividades de sua profissão! Agradeço a oportunidade de poder contar com você durante toda minha trajetória acadêmica, muito obrigada pelos ensinamentos e companheirismo. Você é um grande exemplo e sou feliz porque sei que levarei cada um deles por onde fores, persistência, adaptabilidade, paz no coração e amor pela Zootecnia. Obrigada por tudo!

A minha *coorientadora, professora Giovana Cristina Giannesi*, pela dedicação e contribuição na elaboração e desenvolvimento do projeto, pelos ensinamentos e por tirar minhas dúvidas sempre que precisei, nos acolhendo em Campo Grande com carinho e atenção.

A amada *coorientadora professora Dr^a Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz*, presente desde a graduação na Iniciação Científica, por toda confiança, contribuição, incentivo, amizade e ensinamentos, por sua dedicação e respeito em ler nossos trabalhos e pelos ensinamentos. Tenho um grande carinho por essa cabecinha que acalma e acalenta, por me tratar como filha, lembrando sempre de mim e com a preocupação de nunca me deixar desamparada, sou eternamente grata pelo que faz por mim.

Ao professor Dr. Danilo Vargas Gonçalves Vieira, pela dedicação em transmitir seus conhecimentos, por todo empenho para a execução desse trabalho e pela contribuição enriquecedora. Obrigada cabecinha, você foi muito importante para o meu crescimento profissional.

Ao professor Dr. Gerson Fausto, presente desde a graduação, nos encantando com suas aulas, seus ensinamentos, pelo exemplo de profissional, pelas palavras de apoio, nos fazendo acreditar que somos capazes e pela amizade.

Ao professor Dr. Luciano Sousa, que tenho grande respeito e admiração, pela disponibilidade em tirar minhas dúvidas, ajudar na estatística e por tantos momentos compartilhados.

Aos professores José Newman e Ana Cláudia, pelo exemplo de pessoa e profissional, por me permitir participar de tantas Popularizações da Ciência. Projeto lindo que vivenciei momentos inesquecíveis e gratificantes.

Ao professor Dr. Jefferson Costa de Siqueira, por todos os conhecimentos transmitidos que levarei para toda vida. Seus ensinamentos foram valiosos.

Ao professor Dr. Iberê, amigo presente desde a graduação, com orientações, palavras de apoio e ensinamentos valiosos. Obrigada pela amizade e por aceitar o convite a participar da banca. Ter você por perto faz-me sentir que jamais estarei sozinha.

Aos professores da Graduação e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins.

À *Môniquita* e a *Flávinha*, pela amizade e apoio. Por me entender, estar comigo nos momentos mais difíceis dessa caminhada, esclarecendo as minhas dúvidas, tendo muita paciência, competência, confiança, conhecimentos e principalmente a amizade.

Aos meus amados amigos do Grupo de Estudos e Pesquisa em Avicultura (GEPA) e NEPANAC, penosas, penosos, bolsa permanência e petianos, por toda ajuda, vocês foram fundamentais para conclusão desse projeto: Carolzinha, Valzinha, Aline, Alêane, Xibel, Venucia, Luana, Edelson (Santinho), Ecione (Carinha lisa), Herica (Morena), Latoynha, Marinha, Laudinete, Mariane, Rany, Shayzinha, Cássio, Dierika, Ítalo, Dourival Alex, Raqueline e Ludmila. Sem vocês eu não teria conseguido! Belíssimos dias vividos no setor de avicultura. Muito obrigada! *Com vocês ensinei e muito aprendi.*

Aos funcionários da UFT e da Fenix, em especial ao Jeekyson, secretário da pós, pela sua boa vontade e gentileza em ajudar sempre que precisamos. Aos técnicos amigos do Laboratório de Ciência Animal, Adriano e Josimar, pelos ensinamentos, amizade, disponibilidade do laboratório e dedicação a cada análise. “O laboratório se torna um ambiente mais tranquilo quando se tem vocês por perto”. Ao Antônio Penoso e ao Jhonathan pelo auxílio no manejo a campo. As Tias da Fenix pelo afeto e atenção com que sempre nos atendem. Ao Acn e o Flávio, cabecinhas que sempre nos ajudaram no transporte e em inúmeras aventuras a campo. Aos guardinhas da UFT que sempre nos recebem tão bem. Meu muito obrigada!

Aos amigos da turma de mestrado e doutorado pelos bons momentos de convivência. Em especial, ao Luanzito, Wesley Faccini, Taty, Karina, Márcin, Aleane, Mayara, Leandro, Rafael (Paçoca), André (Gabiru) e Mary, pela amizade, cumplicidade e companheirismo.

Aos meus amigos da graduação e que sempre carrego comigo no coração: Gláucinha, Myli, Hitácio, Gessica, Jeissy, Deila, Joãozin, Danilo Iurko, Rogel, Jessica França, Danilo Vaz e Geraldo. Meus dias foram bem mais felizes com vocês.

Muito obrigada nunca será suficiente para demonstrar a grandeza do que recebi de vocês!!!

A vida é feita de etapas. É como um ciclo, onde tudo acontece. É um turbilhão de emoções, sentimentos, sensações, desejos. Cada fase por qual passamos, nos traz novas descobertas, novas alegrias, novos desafios. E viver cada etapa com todas as energias é o que dá o gosto doce da vida, é o que nos dá a alegria de existir, a vontade de vencer. A parte difícil mesmo, é quando temos que nos despedir, dizer adeus a tudo aquilo que passamos.... Ah UFT, foi lindo, te levarei no meu coração, com a certeza que aqui estive e vivi lindos momentos. Concluo essa fase da vida na certeza que nunca estive sozinha e... sozinho não chegamos a lugar nenhum, muito obrigada!

“O fruto de um trabalho de amor atinge sua plenitude na colheita, e esta chega sempre no seu tempo certo. A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT	12
LISTA DE QUADROS	14
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE FIGURAS	17
CÁPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 ALIMENTOS ALTERNATIVOS	21
2.1.1 Farinha do mesocarpo do babaçu e a torta de babaçu.....	21
2.1.2 Torta de dendê.....	22
2.1.3 Bagaço de mandioca.....	22
2.2 ALIMENTOS ALTERNATIVOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES	22
3 OS POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS (PNAS)	23
4. ENZIMAS	24
4.1 FATORES QUE INTERFEREM NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA	24
4.1.1 Temperatura.....	25
4.1.2 Ph.....	25
4.1.3 Concentração do substrato	25
4.2 ENZIMAS FÚNGICAS	26
4.2.1 Carboidrases	26
4.2.2 Proteases	27
4.2.3 Fitases	28
4.2.4 Lipases	28
5. ENZIMAS NAS DIETAS DE AVES.....	28
5.1 COMPLEXOS ENZIMÁTICOS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CÁPITULO 2 – BAGAÇO DE MANDIOCA COM E SEM COMPLEXO ENZIMÁTICO FÚNGICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE UM A 30 DIAS DE IDADE.....	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT	40

1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4 CONCLUSÃO	51
5 AGRADECIMENTOS	51
6 REFERÊNCIAS.....	52
CÁPITULO 3 – BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE 30 A 90 DIAS DE IDADE	58
RESUMO.....	59
1 INTRODUÇÃO.....	60
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4 CONCLUSÃO	72
5 AGRADECIMENTOS	72
6 REFERÊNCIAS.....	73
CÁPITULO 4 – BIOMETRIA DOS ÓRGÃOS LIFOIDES E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CARNE DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE MANDIOCA COM E SEM COMPLEXO ENZIMÁTICO FÚNGICO	
RESUMO.....	77
ABSTRACT	78
1 INTRODUÇÃO	79
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
4 CONCLUSÃO	93
5 AGRADECIMENTOS	93
6 REFERÊNCIAS.....	93
ANEXOS	98

RESUMO

Bagaço de mandioca e complexo enzimático fúngico em dietas de frangos de crescimento lento

O presente trabalho, dividido em dois experimentos, foi realizado no Setor de avicultura da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Araguaína, com o objetivo de avaliar a inclusão do bagaço da mandioca com e sem complexo enzimático fúngico em dietas para frangos de crescimento lento nos períodos de um a 30 dias e 30 a 90 dias de idade. No experimento I, foram utilizadas 250 aves, Pescoço Pelado Vermelho, com um dia para avaliar a metabolizabilidade das dietas e o desempenho zootécnico. No II experimento, foram utilizadas 250 aves, Pescoço Pelado Vermelho, com 30 dias de idade para avaliar as características de desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres, biometria dos órgãos digestivos e linfoides e características químicas e físicas da carne. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), presença e ausência do complexo enzimático e dieta controle, totalizando cinco tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental. No experimento I, as aves alimentadas com dieta controle apresentaram menor coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta quando comparado as aves alimentadas com dietas contendo bagaço de mandioca, independentemente da utilização do complexo enzimático. O coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta e da fibra em detergente neutro das dietas com 20% do BM com complexo enzimático foram superiores ao tratamento com 20% do BM sem aditivo. Observou-se que a inclusão de 10 e 20% do BM com complexo enzimático influenciaram ($P < 0,05$) o consumo de ração, com menores valores quando comparado a dieta controle, todavia não houve efeito ($P > 0,05$) no ganho de peso, conversão alimentar, peso aos 30 dias e ingestão de água. No experimento II, a inclusão de 10 e 20% do bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático influenciaram ($p < 0,05$) o consumo de ração, o peso relativo do baço e pâncreas e o parâmetro de cor (b^*), não havendo efeito ($p > 0,05$) sobre o ganho de peso, o peso final, a conversão alimentar, os rendimentos de carcaça e cortes nobres, os pesos relativos da moela, coração, fígado, intestino delgado, intestino grosso, bursa e do timo, parâmetro de cor (a^*) e luminosidade (L^*), pH, força de cisalhamento (FC), perda de peso por cozimento (PPCO), análises químicas, deposição de proteína e gordura da carne. Recomenda-

se o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas para frangos de crescimento lento.

Palavras-chaves: Aditivo zootécnico digestivo. Aves alternativas. Coprodutos da mandioca. Enzimas fúngicas. Polissacarídeos não amiláceos

ABSTRACT

Cassava bagasse and enzymatic complex in slow-growing broiler diets

The present work, divided in two experiments, was carried out in the poultry sector of the Federal University of Tocantins - Campus de Araguaína, with the objective of evaluating the inclusion of cassava bagasse with and without enzymatic complex in broiler diets slow in the periods of one to 30 days and 30 to 90 days of age. In the experiment I, 250 birds were used, Neck Red Pelado, with a day to evaluate the metabolizable of the diets and the zootechnical performance. In the second experiment, 250 birds, Neck Red Neck, with 30 days old were used to evaluate performance characteristics, carcass yield and noble cuts, biometrics of the digestive and lymphoid organs, chemical and physical characteristics of meat. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (2 X 2 + 1), with two levels of cassava bagasse inclusion (10 and 20%), presence and absence of the enzymatic complex and control diet, totaling five treatments, five replicates and ten birds per experimental unit. In the experiment I, birds fed a control diet had lower coefficient of metabolisability of crude protein when compared to birds fed diets containing cassava bagasse, regardless of the enzymatic complex. The metabolizable coefficient of the crude protein and the neutral detergent fiber of the diets with 20% of BM with enzymatic complex were superior to the treatment with 20% of BM without additive. It was observed that the inclusion of 10 and 20% of BM with enzymatic complex influenced ($P < 0.05$) the feed intake, with lower values when compared to the control diet, however there was no effect ($P > 0.05$) on the weight gain, feed conversion, weight at 30 days and water intake. In the experiment II, the inclusion of 10 and 20% of manioc bagasse with and without enzymatic complex influenced ($p < 0.05$) the feed consumption, the relative weight of the spleen and pancreas and the color parameter (b^*), no effect ($p > 0.05$) on weight gain, final weight, feed conversion, carcass yields and noble cuts, relative weights of gizzard, heart, liver, small intestine, large intestine, bursa and (a^*), brightness (L^*), pH, shear force (FC), weight loss per cooking (PPCO), chemical analysis, protein deposition and meat fat. It is recommended to use up to 20% cassava bagasse, not being technically feasible option the use of the fungal enzyme complex, xylanase and amylase, in the diets for slow growing chickens.

Keywords: Digestive zootechnic additive. Alternative birds. Coproducts of manioc. Fungal enzymes. Non-starch polysaccharides

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Pesquisas desenvolvidas e resultados obtidos com o uso de alimentos alternativos para frangos de crescimento lento	22
Quadro 2. Pesquisas desenvolvidas e resultados obtidos com o uso de complexos enzimáticos para aves.....	31

LISTA DE TABELAS

CÁPITULO 2 – BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE UM A 30 DIAS DE IDADE

Tabela 1. Composição do bagaço de mandioca (BM) utilizado na formulação das dietas experimentais	44
Tabela 1.1. Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 1 a 30 dias de idade	45
Tabela 2. Efeito dos níveis de 10 e 20% de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE) sobre os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), fibra em detergente neutro (CMFDN) e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn)	47
Tabela 3. Valores médios de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso aos 30 dias (P30d) e ingestão de água (IH ₂ O) de frangos de crescimento lento alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático	49

CÁPITULO 3 – BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE 30 A 90 DIAS DE IDADE

Tabela 1. Composição do bagaço de mandioca (BM) utilizado na formulação das dietas experimentais	62
Tabela 1.2 Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 30 a 60 dias de idade	63
Tabela 1.3 Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 60 a 90 dias de idade	64
Tabela 2. Valores médios de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e peso final, aos 60 (P60d) e 90 dias (P90d), de frangos de crescimento lento alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE).....	67
Tabela 3. Médias dos rendimentos de carcaça (RC), peito (RP), coxa (RCX) e sobrecoxa (RSCX) de frangos de crescimento abatidos aos 90 dias de idade,	

alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE).....69

Tabela 4. Peso relativo do coração (COR), fígado (FG), moela (MO), pâncreas (PC), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), comprimento do intestino delgado (CID) e comprimento do intestino grosso (CIG) de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)70

CÁPITULO 4 – BIOMETRIA DOS ÓRGÃOS LINFOIDES E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CARNE DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO FÚNGICO

Tabela 1. Composição do bagaço de mandioca (BM) utilizado na formulação das dietas experimentais81

Tabela 1.1. Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 30 a 60 dias de idade82

Tabela 1.2. Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 60 a 90 dias de idade83

Tabela 2. Peso relativo do baço, bursa, timo e gordura abdominal de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)87

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros de cor L*, a* e b*, pH, força de cisalhamento (FC) e perda de peso por cozimento (PPCO) da carne e pele do peito de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)91

Tabela 4. Valores médios de matéria seca (MS), umidade (UM), cinzas (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), deposição de proteína (DP) e deposição de gordura (DG) da carne do peito de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE).....92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Polissacarídeos não-amiláceos obstruindo as microvilosidades intestinais	23
---	----

CAPÍTULO 1 - ENZIMAS FÚNGICAS EM DIETAS COM ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO

Revisão de literatura publicado na Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins –
Desafios

CAPÍTULO 1

ENZIMAS FÚNGICAS EM DIETAS COM ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO

Fungal enzymes in diets with alternative foods for slow-growing chicken

Las enzimas fúngicas en las dietas con alimentos alternativos para los pollos de crecimiento lento

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Carla Fonseca Alves Campos*¹, Kênia Ferreira Rodriguês², Roberta Gomes Marçal Vieira Vaz², Giovana Cristina Giannes³, Gerson Fausto da Silva², Iberê Pereira Parente⁴, Aline Ferreira Amorim¹, Aleane Francisca Cordeiro Barbosa¹, Mônica Calixto da Silva¹, Flávia Luzia Rodrigues Fonseca¹, Carolyn Costa Araújo¹, Valquíria Sousa Silva¹, Jefferson Rodrigues da Silva¹, Ecione Martins Silva⁵, Shayanne Batista Machado⁵

¹Pós-graduandos em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, Brasil.

²Professores do Curso de Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, Brasil.

³Professora do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, Brasil.

⁴Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Presidente Dutra-MA, Brasil.

⁵Acadêmicos da Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, Brasil.

*Correspondência: Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal do Tocantins, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Zona Rural, Br 153, Araguaína, Tocantins, Brasil. CEP:77800-000. E-mail carlafazoo@hotmail.com

Artigo recebido em 12/02/2017 Aprovado em 11/04/2017 Publicado em 19/04/2017.

RESUMO

Objetivou-se nesta revisão abordar sobre enzimas fúngicas e seus efeitos em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. A alimentação representa maior parte do custo total de produção e para reduzir os gastos e aumentar o lucro do produtor têm sido pesquisados alimentos alternativos, como a torta de babaçu, a torta de dendê e o bagaço de mandioca, que demonstram potencial de utilização na alimentação de frangos caipira, no entanto, com limitação de uso, devido os diferentes teores de fibra. Os polissacarídeos não amiláceos dificultam o acesso das enzimas digestíveis sobre o alimento, diminuindo a digestibilidade dos nutrientes. Para minimizar esse efeito, têm sido suplementados enzimas exógenas nas dietas das aves. Várias fontes podem originar esses aditivos, sendo a maioria adquirida por meio dos processos fermentativos. A temperatura, o pH, a concentração do substrato e a composição dos ingredientes são fatores que influenciam a ação enzimática e, conseqüentemente, a disponibilidade dos nutrientes. O uso das enzimas fúngicas aumenta o valor nutricional do alimento e melhora a digestibilidade dos nutrientes, refletindo na eficiência produtiva, representando economia no custo de produção e

benefícios ao meio ambiente, todavia, torna-se necessário avaliar o uso em dietas com alimentos alternativos de expressão regional.

Palavras-chave: Aditivos zootécnicos; Polissacarídeos não amiláceos; Atividade enzimática.

ABSTRACT

The feeding represents most of the total cost of production and to reduce costs and increase the profit of the producer have been researched alternative food, as the pie of babassu palm, the pie of palm and the cassava bagasse, which show potential for use in feeding the chickens for slow growth, however, with limited use, due to the different grades of fiber. Non-starch polysaccharides make it difficult for digestible enzymes to reach the food, reducing the digestibility of nutrients. To minimize this effect, exogenous enzymes have been supplemented in poultry diets. Various sources can originate these additives, most of which are acquired through fermentation processes. The temperature, pH, substrate concentration and composition of the ingredients are factors that influence the enzymatic action and consequently the availability of the nutrients. The use of fungal enzymes increases the nutritional value of the food and improves the digestibility of nutrients, reflecting the productive efficiency, representing savings in production costs and benefits to the environment, however, it is necessary to evaluate the use in diets with alternative foods of Regional expression.

Keywords: Zootechnical additives; Non-starch polysaccharides; Enzymatic activity.

RESUMEN

Su objetivo era abordar en esta revisión sobre las enzimas fúngicas y sus efectos sobre las dietas con alimentos alternativos para los pollos de crecimiento lento. La alimentación representa la mayor parte del coste total de la producción y reducir los costes y aumentar lucre del productor se han investigado alimento alternativo, tal como harina de babasú, la tarta de almendra de palma y la yuca bagazo, lo que demuestra el potencial para su uso en la alimentación pollos cateto, sin embargo, con un uso limitado debido a los diferentes contenidos de fibra. Polisacáridos no almidonado dificultan el acceso de las enzimas digestibles en los alimentos, lo que reduce la digestibilidad de los nutrientes. Para minimizar este efecto, se han complementado enzimas exógenas en las dietas de las aves. Varias fuentes pueden conducir a estos aditivos, la mayoría adquirida a través de los procesos de fermentación. La temperatura, pH, concentración de sustrato y la composición de los ingredientes son factores que afectan a la actividad enzimática y, por consiguiente, la disponibilidad de nutrientes. El uso de enzimas fúngicas aumentar el valor nutritivo de los alimentos y mejorar la digestibilidad de los nutrientes, lo que refleja la eficiencia productiva, lo que representa un ahorro en los costes de producción y beneficios ambientales, sin embargo, es necesario evaluar el uso de dietas con alimento alternativo expresión regional.

Descriptor: Aditivos zootécnicos; Polisacáridos no almidón; La actividad enzimática.

1. INTRODUÇÃO

O milho e o farelo de soja são os ingredientes vegetais mais utilizados nas dietas das aves, devido aos seus valores nutricionais e a disponibilidade no mercado. A alimentação representa maior parte do custo total de produção, em consequência da elevada demanda desses alimentos, que tornam a produção

susceptível a variações dos preços impostos pelo mercado e pelas diferentes regiões do país (Santos e Granjeiro, 2012). Dessa maneira, busca-se identificar produtos alternativos que possam ser utilizados no programa de alimentação das aves.

Os coprodutos agroindustriais representam alternativa viável, tanto no enfoque nutricional como econômico (Silva et al., 2007). Estudos vêm sendo

desenvolvidos com matéria prima de baixo custo que possuem potencialidade para substituir os alimentos proteicos e energéticos das dietas. Nesse contexto, a torta de babaçu, a torta de dendê e o bagaço de mandioca demonstraram potencial de utilização na alimentação de frangos de crescimento lento, nos níveis de 8 a 32% em diferentes idades, porém com limitação de uso, devido os diferentes teores de fibra e a interferência sobre a digestibilidade dos nutrientes (Silva, 2009; Silva, 2011; Oliveira, 2012).

Os polissacarídeos não amiláceos favorecem a formação de complexos que impedem o acesso das enzimas digestíveis sobre o alimento, como a formação de géis, diminuindo a digestibilidade, o tempo de permanência e viscosidade no trato gastrointestinal, afetando a absorção dos nutrientes e causando prejuízo no desempenho zootécnico das aves. Uma das formas de minimizar este efeito tem sido o uso de enzimas exógenas nas dietas (Brito et al., 2008).

As enzimas são eficientes catalisadores biológicos e seu emprego possibilita melhorar a digestibilidade dos nutrientes, o que favorece o aproveitamento do fósforo, cálcio, aminoácidos e energia, refletindo na melhor eficiência produtiva, representando economia no custo final da alimentação e benefícios ao meio ambiente (Barbosa et al., 2014).

Os microrganismos são produtores de enzimas que promovem a degradação dos resíduos agrícolas, tais como, celulasas, xilanases, β -glicosidases, lacases e peroxidases. As atividades enzimáticas podem ser influenciadas por fatores como o pré-tratamento do alimento, pH e comprimento do trato gastrointestinal, o grau de hidratação e temperatura do corpo do animal, susceptibilidade da enzima exógena ao ataque das enzimas endógenas, concentração do produto em razão da hidrólise da enzima, atividade e concentração das

enzimas endógenas e os tipos de ingredientes utilizados nas dietas (Acomovic e Mcclary, 1996).

Resultados de pesquisa têm demonstrado que o uso de enzimas exógenas melhoram o aproveitamento da proteína (Selle et al., 2010; Zhang et al., 2014), da energia (Stefanello et al., 2016; Valadares et al., 2016), dos polissacarídeos não amiláceos (Zhang et al., 2014) e do fósforo (Cardoso Junior et al., 2010; Pereira et al., 2010; Pereira et al., 2012) das dietas de aves, contribuindo para minimizar a poluição ambiental (Lima et al., 2007). Autores relataram ainda, que o ganho de peso e conversão alimentar foi melhor com uso dos complexos (Nunes et al., 2015), com aumento no rendimento de peito e asas de frangos de corte (Dalólio et al., 2016).

Dentro dessa perspectiva e considerando a relevância nutricional do uso das enzimas exógenas nas dietas de aves, objetivou-se com esta revisão abordar sobre enzimas fúngicas e seus efeitos em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ALIMENTOS ALTERNATIVOS

Na produção de frangos de crescimento lento um dos entraves é a disponibilidade de matéria prima para a confecção de rações, além do custo com a alimentação, que representa em média 70% do custo total de produção (Santos e Granjeiro, 2012). Busca-se então, identificar alimentos alternativos de expressão regional com potencialidades e restrições de uso nas diferentes fases de produção (Bellaver, 2001).

2.1.1 Farinha do mesocarpo do babaçu e a torta de babaçu

O babaçu (*Palmae orbignya martiana*) é uma palmácea nativa, principalmente nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins. A farinha do mesocarpo e a torta do babaçu são os coprodutos obtidos do processamento dos cocos (Albiero et al., 2007), que ao chegarem na indústria, seguem para máquinas quebradoras onde ocorre a pelagem e liberação do epicarpo, posteriormente, são conduzidos para peneiras onde é liberado o mesocarpo e ao ser moído dar origem a três tipos de farinha: farinha orgânica, farinha média e farinha amilácea fina. O endocarpo junto com a amêndoa é serrado e são separados. A amêndoa é lavada, pesada e moída para facilitar o cozimento e a prensagem. Após o cozimento, a amêndoa é prensada para a extração do óleo restando a torta de babaçu (Santos Neta, 2010).

A torta de babaçu tem alto teor proteico e a farinha do mesocarpo do babaçu tem baixa proteína bruta e elevado conteúdo de energia (Carneiro et al., 2013).

2.1.2 Torta de dendê

A torta de dendê é o produto resultante da extração do óleo da amêndoa do dendê (*Elaeis guineenses*). As amêndoas da extração do óleo de palma seguem para retirada das fibras, posteriormente

são secas, trituradas, submetidas ao vapor de água e prensadas. O óleo obtido é filtrado e decantado, finalizando, com o resíduo da prensagem, a torta, que possui 16,01% de proteína bruta (PB), 14,95% de fibra bruta (FB) e 2009 kcal/kg de energia metabolizável (EM) (Silva, 2009).

2.1.3 Bagaço de Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma planta arbustiva que atinge até 3m de altura e pode gerar vários resíduos por meio do seu processamento. O bagaço de mandioca é o resíduo da extração da fécula de baixo valor comercial (Fiorda et al., 2013). Inicialmente, a raiz de mandioca é descascada, triturada e lavada para retirar o amido, resultando em resíduo fibroso e grosseiro, que apresenta 88% de MS, 1,26% de PB e 2465 kcal de EM (Oliveira, 2012).

2.2 ALIMENTOS ALTERNATIVOS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

Resultados experimentais demonstraram possibilidades de uso destes ingredientes nas dietas das aves, mas, com influência negativa de elevados teores de fibra presente na composição química (Quadro 1).

Quadro 1. Pesquisas desenvolvidas e resultados obtidos com o uso de alimentos alternativos para frangos de crescimento lento

Autores	Alimentos alternativos	Resultados
Silva (2009)	Torta de babaçu	A EMA e EMAn foram de 2650 e 2580Kcal/kg, respectivamente. Recomendou-se níveis de 8% até 28 dias de idade, com cautela devido ao alto teor de fibra, de 29,50% e até 32% em dietas dos 35 aos 84 dias.

Silva (2011)	Torta de dendê	Os valores de EMA e EMAn foram: 2009 e 1840 kcal/kg, respectivamente. O alimento tem 16% de fibra bruta e recomendou-se o nível de 12% para a fase inicial e crescimento.
Oliveira (2012)	Bagaço de mandioca	Os valores de EMA e EMAn foram de 2508 e 2465kcal/kg, respectivamente. Recomendou-se níveis de 10% na fase inicial, não recomendando a utilização de 31 a 60 dias, devido ao alto teor de fibra do alimento, mas pode ser utilizada até 30% na fase final.
Holanda et al. (2015)	Farelo de mandioca integral	Houve aumento no ganho de peso e no consumo de ração com o aumento do farelo integral de mandioca nas dietas, sendo recomendado a utilização em até 48%, mas com prudência na fase inicial, devido aos teores de fibra do alimento.

3 OS POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS (PNAS)

Os PNA's são componentes da parede celular e compõem mais de 90% dessa estrutura, é heterogêneo de polissacarídeos e compreendem ampla classe, como celulose, hemicelulose, pentosanas, β -glucanas, xilose, quitina e pectinas, oligossacarídeos como a rafinose (trissacarídeo) e a estaquiase (tetrassacarídeo) e não podem ser digeridos por animais monogástricos, pois, não possuem enzimas capazes de quebrar as ligações resistentes a hidrólise (Brito et al., 2008).

São polímeros de açúcares simples que estão unidos por ligações glicosídicas, com diferentes graus de solubilidade em água, tamanho e estrutura (Capriça et al., 2010), essencialmente, compostos por fibras não digestíveis, que pouco adiciona valor nutritivo aos alimentos.

Os PNA's dependendo da solubilidade dos seus constituintes com a água, podem ser classificados, em solúveis e insolúveis. As fibras solúveis compostas principalmente pela hemicelulose (arabinoxilanos, β -glucanas), no lúmen intestinal, promovem aumento da viscosidade da digesta devido estas absorverem grandes quantidades de água, formando substância

gelatinosa (Conte et al., 2003), que age como barreira entre enzima e substrato e os produtos da digestão, e modificam a secreção endógena de água, proteínas, eletrólitos e lipídeos (Mourinho, 2006) (Figura 1).

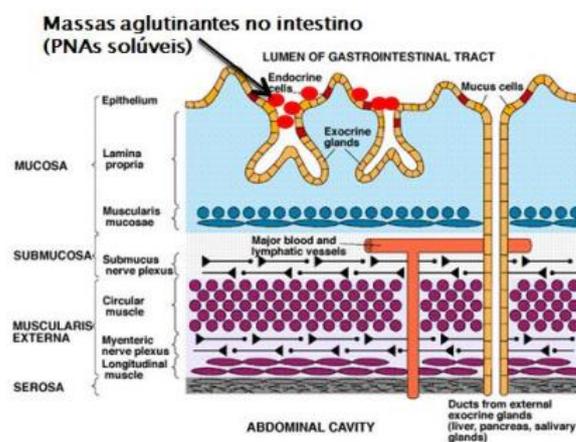


Figura 1. Polissacarídeos não-amiláceos obstruindo as microvilosidades intestinais.

Fonte: Adaptada de Vander et al., (2000).

À medida que a viscosidade da digesta aumenta, a taxa de difusão diminui e pode reduzir a energia do alimento, com decréscimo na digestibilidade dos nutrientes, ao modificarem o tempo de permanência no trato digestivo (Brito et al., 2008).

Baixa concentração de oxigênio e aumento das fermentações microbianas no intestino delgado, podem

ocorrer, devido ao aumento do tempo de permanência do conteúdo digestivo, com desenvolvimento da flora anaeróbia (Choct, 1997), que concorrem pelos nutrientes com as aves, reduzindo a eficiência da utilização, além de permitir a produção de toxinas e a desconjugação dos sais biliares, eficazes na digestão dos lipídeos (Mendes, 2015).

Para determinar a fração fibrosa dos alimentos vários métodos têm sido utilizados, fibra bruta e as fibras em detergente ácido (FDA) e detergente neutro (FDN) (Silva e Queiroz, 2006), sendo o FDN uma medida importante para a caracterização da fibra das rações para aves (Jeraci e Van Soest, 1990), todavia, pesquisadores ainda utilizam os valores da fibra bruta.

As PNA's são encontradas em sementes de oleaginosas, como a soja e a canola, os grãos de cereais, com os seus respectivos coprodutos, tais como os farelos de arroz e de trigo, na cevada e aveia, como β -glucanos, no trigo, triticale e centeio, como pentosanas, as arabinoxilanas (Campestrini et al., 2005).

A torta de babaçu, a farinha do mesocarpo de babaçu, a torta de dendê e o bagaço de mandioca são coprodutos em abundância na região amazônica e com potencial de uso para aves, porém, apresentam elevados teores de fibra (Oliveira, 2012; Silva, 2009; Silva, 2011). Dessa forma, deve-se buscar maior aproveitamento dos seus nutrientes e uma alternativa seria o uso de enzimas nas dietas.

4 ENZIMAS

As enzimas exógenas são aditivos zootécnicos digestivos (Brasil, 2004), proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que atuam como catalisadoras dos processos biológicos, não tem função nutricional direta, mas, auxiliam o processo digestivo, aumentando a velocidade das reações bioquímicas, sem

serem consumidas no processo (Campestrini et al., 2005; Pessoa, 2010).

No modo de ação, as enzimas têm sítio ativo que contém aminoácidos, cujas cadeias laterais, conferem estrutura espacial adequada para ligar-se ao substrato específico, formando complexo de enzima-substrato que permanece ativo por longos períodos, permitindo que atuem na ruptura de determinada ligação química (Nelson e Cox, 2014).

A International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) classificou as enzimas em seis classes, de acordo com o tipo de reação que catalisam, em: oxidorreduções, transferases, hidrolases, liases, isomerases e ligases, todavia, utilizam-se as enzimas hidrolases na nutrição animal, como fosfatases, glicosidases e proteases (Dourado et al., 2014).

As enzimas exógenas são preconizadas para complementar a ação das enzimas endógenas (proteases, amilases e fitases), ou de forma aditiva, para suplementar as não sintetizadas ou sintetizadas em quantidades insuficientes pelo organismo dos animais (β -glucanases, pentosanas, e α -galactosidases) (Campestrini et al., 2005; Polycarpo, 2011).

Fontes de animais, vegetais e microbianas, como fungos, bactérias e leveduras podem originar as enzimas, sendo a maioria adquirida por meio dos processos fermentativos (Gerhardt, 2013; Kilikian e Pessoa jr, 2001), devido principalmente, as condições para aquisição, que podem ser controladas para atender o mercado, a diversidade de ser obtida pelos micro-organismos, o maior rendimento, e às complexidades operacionais e econômicas de extração de tecido vegetal e animal (Lopes, 2010; Minafra, 2007).

4.1 FATORES QUE INTERFEREM NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

As características da enzima (temperatura, pH e estabilidade) e a composição dos ingredientes são fatores que influenciam os efeitos da adição de enzimas à alimentação animal (Peixoto-nogueira et al., 2013), na velocidade da ação enzimática e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes. Por esse motivo, nota-se o receio de que as enzimas possam conservar nível de atividade satisfatória para alcançar reposta expressiva (Gerhardt, 2013).

4.1.1 Temperatura

A temperatura influencia a atividade e a conservação das estruturas das biomoléculas (Gomes et al., 2007). Quando esta aumenta, a velocidade da reação inicialmente se eleva devido a energia cinética das moléculas com o substrato, sendo maior a probabilidade de choques efetivos entre elas (Minafra et al., 2007), até o pico de velocidade ser atingido. Temperaturas mais altas resultam em redução na velocidade de reação, como resultado da desnaturação da enzima (Nelson e Cox, 2014).

A temperatura acima de 50-55°C, causa modificações estruturais, com perda do poder de catálise, sendo que a maioria das enzimas nos animais tem temperatura ótima entre 35 e 40°C (Marzzoco, 2007). A α -amilase na faixa de temperatura de 30 a 70°C apresenta elevada atividade, tendo máximo valor em 50°C (Minafra, 2007), 50°C para a xilanase fúngica (Paz et al., 2014) e 50°C para a fitase (Elkhalil et al., 2007). O que é bom para sua aplicabilidade nas rações e sem perigo de desnaturação proteica no organismo das aves (Minafra, 2007).

4.1.2 pH

O sítio ativo das enzimas pode ser influenciado pelo pH, já que estes são formados por grupos químicos, maior parte aminoácidos, que podem sofrer ionizações e adquirir cargas momentâneas, promover mudança conformacional, afetando o complexo de enzima-substrato e, por conseguinte, a atividade enzimática (Nelson e Cox, 2014).

O pH onde a distribuição de cargas elétricas das moléculas da enzima e, em especial do sítio ativo é ideal para a catálise, varia para diferentes enzimas (Minafra, 2007), sendo que pH maior ou menor, a atividade pode diminuir e extremos podem desnaturá-las (Nelson e Cox, 2014).

As xilanases derivadas de distintos microrganismos tem estabilidade com pH na faixa de 3 a 10, sendo que, a produção enzimática ótima é entre 4 e 7 (Lopes, 2010) e para Paz et al., (2014) o pH ideal é 6,0 e já a fitase tem pH ótimo de 5,5 (Elkhalil et al., 2007).

A α -amilase tem boa estabilidade em pH 3 a 9, com 80% do rendimento, sendo a faixa ótima de 5,0 a 8,0, com isso a adição da enzima na ração, não têm prejuízo, pois ela será estável no pH da ração, que é por volta de 6 a 6,4. Além disso, a atividade da enzima misturada a ração diminui a possibilidade de desnaturação (Minafra, 2007).

4.1.3 Concentração do substrato

Nas reações enzimáticas, à medida que a concentração de substrato aumenta a velocidade inicial se eleva até atingir valor máximo e quanto estabiliza, significa que a enzima foi saturada pelo substrato. Dessa forma, é necessário o conhecimento da quantidade adequada de substrato a ser utilizada para a dosagem de determinada enzima, com atividade

enzimática em velocidade máxima (Nelson e Cox, 2014).

4.2 ENZIMAS FÚNGICAS

Os fungos filamentosos dos gêneros *Asperigillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Rhizopus* são os maiores fornecedores de enzimas industriais (Kilikian e Pessoa jr, 2001), pois permitem o uso de substratos baratos, como resíduos agrícolas e produção independente de aspectos sazonais (Gerhardt, 2013).

A escolha do microrganismo é peça chave no sucesso da produção e devem apresentar características desejáveis, tais como, elevada eficiência na conversão do substrato em produto, com acúmulo no caldo fermentado; deve ter estabilidade quanto ao comportamento fisiológico; permitir a rápida liberação do produto e não deve gerar substâncias incompatíveis, nem ser patogênico e não exigir processo complexo e meios de cultura onerosos (Kilikian e Pessoa jr, 2001).

Os meios de cultivo podem ser sintéticos e naturais e devem atender à demanda nutricional do microrganismo produtor, aos objetivos do processo e à escala de operação; deve ter baixo custo e boa disponibilidade; composição fixa e que não cause problemas na recuperação do produto e dificuldades no tratamento final dos efluentes (Kilikian e Pessoa jr, 2001).

As enzimas fúngicas são produzidas por meio de processos fermentativos rigidamente controlados e são caracterizadas por apresentarem alta produção, menor custo, maior variabilidade e estabilidade ao armazenamento em condições de pH e temperatura (Manifra, 2007).

Após a fermentação, as enzimas são removidas por centrifugação, filtração, precipitação fracionada, separação cromatográfica, separação por membranas,

liofilização ou pela combinação desses e de outros métodos, posteriormente, são encaminhadas para etapas de purificação, até alcançar o grau necessário, que depende da aplicação final. Caldos enzimáticos impuros, ou parcialmente purificados, podem ser utilizados como catalisadores, sendo que essas etapas de purificação são responsáveis pelo maior custo dos processos biotecnológicos (Kilikian e Pessoa jr, 2001) e a recuperação na maioria das vezes é baixa (Morales et al., 1995).

Dentre as principais enzimas de uso na alimentação animal, podemos citar as amilases, xilanases, proteases, fitases, glucanases e lípases, sendo que a recomendação de uso varia de acordo com a composição dos ingredientes presentes na dieta animal (Dourado et al., 2014).

A adição das enzimas para monogástricos promovem aumento da digestibilidade dos alimentos e dos polissacarídeos não amiláceos, disponibilizando certos nutrientes para a absorção, com aumento do valor energético de ingredientes, maximizando o aproveitamento da proteína, energia e fósforo, proporcionando o emprego de alimentos com menor qualidade nutricional (Dourado et al., 2014; Pessoa, 2010).

4.2.1 Carboidrases

As carboidrases catalisam a quebra dos carboidratos em açúcares simples e podem ser classificados em enzimas que degradam o amido e os polissacarídeos não amiláceos (Fireman e Fireman, 1998). A amilase exógena completa a ação das amilases endógenas, enquanto que as enzimas que degradam os PNAs, são adicionadas nas rações devido as aves não sintetizarem (Meneghetti, 2013).

A amilase é largamente difundida na natureza, encontradas em bactérias, fungos, plantas e animais (Minafra, 2007). O *Aspergillus e Rhizopus* são muito utilizadas para sua produção, mas o *Aspergillus* é mais tolerante a altas temperaturas e dominam o mercado (Gonçalves, 2006). A enzima atua na hidrólise das moléculas de amido, decompondo-o em amilose e amilopectina no intestino delgado, conduzindo ao aumento na utilização dos nutrientes, com consequente melhoria nas taxas de crescimento (Meneghetti, 2013).

As amilases quanto as ligações hidrolisadas podem ser agrupadas em: α -amilase, β -amilase, glicamilase, pululanase, isoamilase, ciclodextrina glicosiltransferase e α -D-glicosidase. A quebra de oligossacarídeos como rafinose e estaquiose em monossacarídeos, como glicose, galactose e frutose, é catalisada pelas galactosidases, aumentando a energia metabolizável dos alimentos (Ott, 2005).

As xilanases são glicosidases que catalisam a hidrólise dos substratos susceptíveis, principalmente a xilana, que é o principal componente da hemicelulose e o polissacarídeo mais abundante e renovável da natureza (Lopes, 2010). Os produtos dessas reações são os monômeros D-xilose e xilo-oligossacarídeos de diferentes tamanhos e de menor peso molecular (Menezes e Barreto, 2015).

A endo-1,4- β -xilanase é o nome químico da xilanase, mas, sinônimos são usualmente empregados, como, endo-xilanase, 1,4- β -D-xilana-xilanolidrolase, endo-1,4- β -D-xilanase, β -1,4-xilanase e β -xilanase (Collins et al., 2005). São produzidas por vários microorganismos, como o *Aspergillus niger*, que produz xilanases extracelulares, e o *Trichoderma sp*, que gera diversos tipos (Aguiar e Menezes, 2000; Irshad et al., 2012; Santos e Ishii, 2011).

O uso na alimentação das aves promove efeito positivo sobre a degradação da camada de

polissacarídeos não amiláceos (PNAs) da membrana celular, devido à redução da viscosidade da digesta (Brito et al., 2008), com liberação de nutrientes encapsulados nas estruturas da parede celular, favorecendo o contato entre tais nutrientes e enzimas endógenas (Campestrini et al., 2005), podendo o aproveitamento da fração indigestível chegar a 10 e 27% por meio da xilanase e glucanase, respectivamente (Cowieson et al., 2010).

4.2.2 Proteases

As aves têm capacidade de sintetizar proteases e o uso de proteases exógenas tem a finalidade de suplementar as enzimas endógenas (Pessoa, 2010).

As proteínas pouco digestíveis podem ter seu uso potencializado por meio da utilização de proteases, melhorando a sua digestão (Classen, 1996), pois o mau aproveitamento destas, podem causar maior excreção de nitrogênio, que é um nutriente caro e com potencial poluidor (Fireman e Fireman, 1987) quando descartado de forma incorreta.

As proteases exógenas são hidrolases, responsáveis pela catálise das ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas e sua adição inativa fatores antinutricionais presentes em determinados alimentos (Cowieson et al., 2006) e podem maximizar a disponibilidade de aminoácidos, colaborando com a energia metabolizável das rações e, por conseguinte, aprimorando o desempenho zootécnico dos animais e reduzindo o custo de produção (Meneghetti, 2013).

Outras potenciais ações das proteases em dietas avícolas têm sido atribuídas ao aumento da produção endógena de peptidase (Isaksen et al., 2011). É possível reduzir os níveis de aminoácidos sintéticos suplementados nas dietas de frangos de corte, considerando digestibilidade de até 40% superior a

real, quando se utiliza protease, não afetando os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e cortes para abates até os 42 dias de idade (Dessimoni, 2011).

4.2.3 Fitases

O fitato é um fator antinutricional formado pelo ácido fítico, que se liga firmemente aos íons dos minerais, Na^+ , Mg^{++} , K^+ , Ca^{++} , Zn^{++} , e pode integrar-se com íons positivos de proteínas, aminoácidos (lisina, e arginina), carboidratos, lipídios, diminuindo sua solubilidade e digestibilidade, e enzimas como tripsina e outras proteases, diminuindo sua atividade (Kornegay, 2001).

O fósforo na molécula de fitato é indisponível, sendo a principal fonte de armazenamento em material vegetal. A fitase forma um grupo de enzimas que clivam a molécula de ácido fítico para liberar fósforo e cálcio, bem como, minerais e aminoácidos, que serão melhor digeridos e absorvidos pelas aves, promovendo, conseqüentemente, maior aproveitamento da energia, além de melhorar a atividade das enzimas endógenas (Fireman e Fireman, 1998). Quimicamente são definidas como fosfatases mio-inositol e podem ser classificadas em ácidas, neutras ou alcalinas, conforme o pH ótimo da atividade enzimática (Sousa, 2013).

Muitas espécies de bactérias, fungos e leveduras, produzem a enzima fitase, sendo o *Aspergillus*, o mais importante para a produção em escala comercial. A enzima é utilizada com intuito de suplementar a alimentação de aves e suínos (Campestrini et al., 2005).

Resultados de pesquisa têm demonstrado que o aproveitamento do fósforo fítico pode ser melhorado com a utilização de enzimas exógenas (Cardoso Junior et al., 2010; Pereira et al., 2012; Pereira et al., 2010),

liberando outros nutrientes além do fósforo e outros minerais. Autores relataram ainda, a redução na excreção de nitrogênio, cálcio, fósforo, energia e de proteína, com uso de fitase (Gomide et al., 2011a; Gomide et al., 2011b; Vasconcellos et al., 2011). Dessa forma, nota-se que a suplementação dessa enzima possibilita a redução do uso de aminoácidos essenciais como lisina, metionina e treonina (Sousa, 2013), fósforo inorgânico e energia, nas dietas, contribuindo para minimizar a poluição ambiental (Lima et al., 2007).

4.2.4 Lipases

As lipases são um grupo de enzimas responsáveis por catalisar a síntese e hidrólise de triacilgliceróis, em ácidos graxos livres, monoacilgliceróis, diacilgliceróis e glicerol (Messias et al., 2011) e podem ter variação nas propriedades catalíticas, dependendo da origem: animal (pancreática, hepática e gástrica), microbiana (bactérias e fungos) e vegetal (Martins et al., 2008). Em escala industrial, os fungos são empregados como produtores industriais de lipases, normalmente no meio extracelular, o que facilita a extração do meio fermentado, porém apresenta elevados custos de produção (Messias et al., 2011).

5 ENZIMAS NAS DIETAS DE AVES

A incorporação de enzimas na dieta pode ser feita de duas maneiras: acrescentando as enzimas na ração calculada (On-Top), sem alterar os níveis nutricionais e levando-se em conta o teor nutricional propiciado pelas enzimas, modificando a formulação das dietas, visando o mesmo desempenho de uma ração

com os níveis nutricionais recomendados (Barbosa et al., 2008).

Os efeitos da protease (0,05%) foram avaliados sobre os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes em dietas contendo farinha de penas com enzima e matriz nutricional valorizada; com enzima e sem valorização; sem enzima e sem enzima com valorização, para frangos de corte de um a 32 dias. Na fase inicial, houve maior coeficiente de metabolizabilidade da proteína para as aves que consumiram ração com valorização da matriz nutricional da enzima, independentemente da adição de protease. Na fase final, níveis nutricionais reduzidos e enzima sem valorização melhoram os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes (Matias et al., 2015).

O valor nutricional do farelo residual de milho sem e com a α -amilase (0,09g para cada 30kg da ração) para frangos de corte com 14 dias, foram determinados por Valadares et al. (2016). Os valores de EMAn do FRM com e sem enzima foram de 3241 e 3261kcal/kg, respectivamente. A adição da enzima melhorou o aproveitamento da energia do ingrediente, com aumento no coeficiente de metabolização da energia.

A suplementação de xilanase (0 e 1,0 g/kg) oriunda de *Aspergillus niger* foi avaliada sobre a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de trigo. A enzima promoveu aumento na digestibilidade ileal da proteína bruta, do amido e dos polissacarídeos não amiláceos solúveis e insolúveis em 3,5%, 9,3%, 43,9% e 42,2%, respectivamente. O consumo de ração não foi influenciado pela adição de xilanase, mas, aumentou 5,8% o ganho de peso e 5% a conversão alimentar aos 21 dias de idade. (Zhang et al., 2014).

Dietas com e sem amilase fúngicas (*Aspergillus awamori*) foram avaliadas por Morgado (2013) para frangos de corte, na fase pré-inicial e

inicial, sobre as variáveis de desempenho e a metabolizabilidade dos nutrientes. Na fase de um a 7 dias, a adição de amilase aumentou o consumo de ração e piorou a conversão alimentar e o balanço de nitrogênio, já de 8 a 21 dias, não houve efeito nas variáveis de desempenho, mas piorou a metabolizabilidade da matéria seca, do extrato etéreo e o balanço de nitrogênio. O autor, não recomendou o uso da amilase para nenhuma das fases de criação estudada.

As enzimas adicionadas a dietas de aves apresentam resultados muitas vezes inconsistentes e conflitantes, devido a vários fatores, como, as diferenças no tipo de enzimas testadas, bem como no planejamento experimental e os nutrientes controle das dietas de controle negativas (Angel et al., 2011), dificultando a interpretação precisa de cada enzima.

5.1 COMPLEXOS ENZIMÁTICOS

A associação de enzimas pode ser usada satisfatoriamente com melhoria no aproveitamento dos nutrientes, no equilíbrio da microbiota bacteriana intestinal e com resultados positivos no desempenho das aves (Barbosa et al., 2012; Cowieson e Adeola, 2005), devido atuarem de maneira sinérgica (Meneghetti, 2013).

O efeito da eficiência enzimática foi avaliado em dietas com e sem redução de nutrientes versus adição ou não enzimática (fitase-100g/t e complexo enzimático-500g/t de amilase, xilanase e protease) sobre a digestibilidade ileal de frangos de corte de 22 e 43 dias. A redução dos nutrientes nas dietas promoveu diminuição na energia digestível e na digestibilidade da proteína, entretanto, a adição enzimática no controle negativo aumentou a energia digestível em ambas as idades (Barbosa et al., 2014).

O uso de complexo enzimático (fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase) com níveis de 0; 100; 200; 300 e 400 g/ton em dietas à base de milho e de farelo de soja foram avaliados sobre os parâmetros de desempenho, de rendimento de carcaça e de qualidade da carne de frangos de corte. A inclusão do complexo enzimático não influenciou o desempenho, o rendimento de carcaça e a qualidade da carne. No entanto, os níveis de 200g/ton aumentou o rendimento de peito e das asas aos 42 dias (Dalólio et al., 2016).

A suplementação de xilanase e glucanase foi avaliada por Cowieson (2010) sobre as características de desempenho para frangos de corte em dietas à base de milho e farelo de soja. O uso de xilanase e glucanase em conjunto promoveu efeito superior ao das enzimas separadamente, mas inferior à soma dos seus efeitos individuais, sendo o melhor desempenho obtido com combinação de xilanase (16000 FTU/kg) e glucanase (30000 FTU/kg).

Nunes et al. (2015) avaliaram o uso de complexos enzimáticos em dietas de controle positivo e negativo sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte. Na fase inicial, as aves suplementadas com complexo enzimático promoveram ganho de peso e conversão alimentar semelhante as que receberam dieta de controle positivo. Na fase final, o ganho de peso e conversão alimentar foi melhor com uso dos complexos e não afetou o rendimento de carcaça e cortes nobres.

Dietas à base de sorgo ou trigo contendo protease, xilanase e β -glucanase exógenas foram testadas sobre a metabolizabilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. A retenção de nitrogênio das aves aumentou, assim como o aproveitamento de nutrientes da dieta, 1,2% para a matéria seca, 2,6% em proteína bruta e 2,0% de energia

bruta e com melhoria na conversão alimentar nas primeiras semanas de idade (Selle et al., 2010).

Pesquisas rotineiramente são realizadas e avaliaram os efeitos do uso de complexos enzimáticos na alimentação de aves, porém poucos especificaram a origem das enzimas (Quadro 2).

Quadro 2. Pesquisas desenvolvidas e resultados obtidos com o uso de complexos enzimáticos para aves

Artigo	Tratamentos	Enzimas	Resultados
Moraes et al. (2015)	Dietas contendo 10% de farelo de arroz desengordurado: controle positivo e duas dietas com redução de nutriente com ou sem a adição de complexo enzimático (200g/ton)	Fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, pectinase, protease e amilase (oriundas do <i>Aspergillus niger</i>)	O uso do CE melhora a retenção de P e a mineralização óssea, todavia, não tem efeito positivo sobre o desempenho e ensaio metabólico de frangos de corte alimentados com dieta controle ou redução de nutrientes. A dieta controle proporcionou as aves melhor desempenho.
Sousa et al. (2014)	0 e 20 % de Bagaço de mandioca, com e sem complexo enzimático (CE)	Fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase (oriundas de <i>Aspergillus niger</i>)	A inclusão de CE de 1 a 21 dias melhorou em 3,03 % o ganho de peso e em 3,19% a conversão alimentar, independente do uso do bagaço de mandioca e não apresentou efeito na fase de 22 a 40 dias de idade.
Freitas et al. (2016)	Ração controle e ração com adição do complexo enzimático (120 mL/kg)	Complexo enzimático oriundo de <i>Aspergillus wamori</i>	Na fase de 1 a 21 dias, a suplementação com complexo enzimático aumentou o consumo de ração em 10,97%, o ganho de peso em 4,05%, o peso final em 2,03%, porém, piorou a conversão alimentar em 7,39 e de 21 a 49 dias não houve alteração nos parâmetros zootécnicos das aves.
Leite et al. (2012)	Dieta com sorgo ou milho suplementados ou não com complexo enzimático (200g/ton).	Amilase, pectinase, betaglucanase, pentosanase, celulase, protease e fitase	A suplementação enzimática para milho ou sorgo não afetou a microbiota intestinal e as variáveis de desempenho, no período de 14 e 28 dias e um a 42 dias, respectivamente.
Barbosa et al. (2012)	Dois dietas controle (positivo e negativo) versus adição ou não enzimática	Fitase (100g/t) e complexo enzimático de amilase, xilanase e protease (500g/t).	A adição de enzimas exógenas em dieta com redução nutricional proporciona consumo de ração, peso vivo médio e ganho de peso similar a dieta com níveis nutricionais adequados.
Cardoso et al. (2011)	Controle positivo; controle negativo, dieta com amilase exógena e dieta com α -amilase e complexo enzimático	α -amilase e complexo enzimático (α -galactosidase, galactomananase, xilanase e β -glucanase)	A utilização de complexo enzimático associado à enzima exógena α -amilase piora o desempenho, sem alterar o rendimento de carcaça e de seus cortes e não altera o custo com a alimentação.

A mistura das enzimas nos complexos multienzimáticos podem promover respostas variáveis, pois são oriundas de diferentes microorganismos e não se conhece bem suas interações e a atuação no organismo animal nas distintas fases de produção (Marques, 2007), tais como, fatores que influenciam no trato gastrointestinal: taxa de passagem, temperatura corporal das aves, pH, comprimento do trato gastrointestinal, concentração do produto em razão da hidrólise da enzima e concentração das enzimas endógenas, além dos diferentes tipos de ingredientes utilizados nas dietas (Acomovic e Mcclary, 1996).

A maioria dos experimentos avaliou o uso das enzimas em dietas a base de milho e farelo de soja, fazendo-se necessário testar a inclusão desses aditivos em dietas com uso de alimentos alternativos de expressão regional, visando melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelas aves e reduzir o custo de produção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por alimentos balanceados e o alto custo da alimentação animal são fatores que têm incentivado os pesquisadores à busca por alimentos alternativos, principalmente os substitutos energéticos e proteicos do milho e do farelo de soja, todavia, esses ingredientes apresentam elevados teores de fibra que podem diminuir o aproveitamento dos nutrientes.

A utilização de enzimas fúngicas exógenas às dietas das aves podem reduzir os efeitos negativos dos fatores antinutricionais, todavia, torna-se necessário avaliar o uso dos aditivos com ingredientes de expressão regional, para que possam resultar em melhorias nos processos digestivos e, conseqüentemente, ao desempenho zootécnico das aves.

Diante do exposto, evidenciou-se a importância do uso desses aditivos zootécnicos digestivos, com benefícios na nutrição das aves, podendo ser empregado em escala comercial e, por conseguinte, reduzir os custos de produção da cadeia avícola.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMOVIC, T.; MC CLEARY, B.V. Optimising the response. **Feed Mix**, v.4, n.4, p.14-19,1996.

ALBIEROL, D.; MACIEL, A.J.da S.; LOPES, A.C.; MELLO, C.A.; GAMERO, C.A. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta Amazônica**, v.37, n.3, p.337-346, 2007.

AGUIAR, C.L.; MENEZES, T.J.B. Produção de celulases e xilanases por *Aspergillus niger* IZ-9 usando fermentação submersa sobre bagaço de cana-de-açúcar. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.18, n.1, p. 57-70, 2000.

ANGEL, C.R.; SAYLOR, W.; VIEIRA, S.L.; WARD, N. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. **Poultry Science**, v. 90, p. 2281–2286, 2011.

BARBOSA, N. A.A.; BONATO, M. A.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; FERNANDES, J.B. K.; KAWAUCHI, I. M. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 361-369, 2014.

BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; BONATO, M.A.; HAUSCHILD, L.; OVIEDO-RONDON, E. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. **Ciência Rural**, v.42, n.8, 2012.

BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDES, J.B.K.; DOURADO, L.R.B. Enzimas exógenas no desempenho e na digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.6, p.755-762, 2008.

BELLAVER, C. **Aspectos técnicos e econômicos da utilização de sub-produtos de origem animal na alimentação de frangos de corte.** In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV/EMBRAPA - NUTRIÇÃO DE AVES...2001, Concórdia-SC, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. Diário Oficial da União. 01 de dezembro de 2004, Seção 3, p. 97.

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

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. **Arquivos de Zootecnia**, v.60, n.232, p.1053-1064, 2011.

CARDOSO JUNIOR, A.; RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. R. F.; LIMA, R. R.; LIMA, G. F. R. Levels of available phosphorus and calcium for broilers from 8 to 35 days of age fed rations containing phytase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1237-1245, 2010.

CARNEIRO, M.I.F.; SAKOMURA, N.K.; KAWAUCHI, I.M.; SILVA, E.P.; ARAUJO, J. A.; FERNANDES, J.B.K.; GOMES FILHO, J.S. Avaliação do mesocarpo de babaçu (*Orbignya ssp*) na alimentação de frangos de corte. **Ars Veterinaria**, v.29, n.3, 175-182, 2013.

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

CLEÓPHAS, G.M.L., VAN HARTINGSVELDT, W., SOMERS, W.A.C. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poult**, v. 11, n. 4, p.12-15, 1995.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M.; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, p:254-267, 2005.
CĂPRIȚĂ, R.; CĂPRIȚĂ, A.; JULEAN, C. Biochemical Aspects of Non-Starch Polysaccharides. **Animal Science and Biotechnologies**, v. 43, n.1, 2010.

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

COWIESON, A. J.; BEDFORD, M.R.; RAVINDRAN, V. Interactions between xylanase and glucanase in maize-soy-based diets for broilers. **British Poultry Science**, v.51, n. 2, p.246-57, 2010.

COWIESON, A.J.; ADEOLA, O. Carbohydrases, protease and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **Poultry Science**, v.84, p.1860-1867, 2005.

COWIESON, A.J.; HRUBY, M.; PIERSON, E.E.M. Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition. **Nutrition Research – Reviews**, v.19, p. 90-103, 2006.

COWIESON, A.J. Strategic selection of exogenous enzymes for corn/soy-based poultry diets. **Japan Poultry Science Association**, v.47, p.1-7, 2010.

CHOCT, M. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. **Feed Milling International**, June Issue, p.13-26, 1997.

CONTE, A.J.; TEXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T.; SCHOULTEN, N.A.; BERTECHINI, A.G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1147-1156, 2003.

DOURADO, L.R.B.; BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V. da.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 466-484.

DESSIMONI, G. V. **Planos nutricionais com suplementação de protease de frango de corte**. 2011. 49f. Dissertação (Magister Scientiae)- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2011.

DALÓLIO, F.S.; MOREIRA, J.; VAZ, D.P.; ALBINO, L.F.T.; VALADARES, L.R.; PIRES, A.V.; PINHEIRO, S.R.F. Exogenous enzymes in diets for broilers. **Revista Brasileira de Saúde e Produção**

Animal, v.17, n.2, p.149-161, 2016.

ELKHALIL, E.A.I.; MANNER, K.; BORRIS, R.; SIMON, O. In vitro and in vivo characteristics of bacterial phytases and their efficacy in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 48, n.1, p. 64-70, 2007.

FIORDA, F.A.; JUNIOR, M.S.S.; SILVA, F.A.da S.; SOUTO, L.R.F.; GROSSMANN, M.V.E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

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

FREITAS, P.V.D.X. de.; ALMEIDA, E.M.de.; MORGADO, H.S.; CYSNEIROS, C. dos S. S.; SANTOS, J. S. Complexo enzimático em dieta para frangos Label Rouge. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 13, n.3, 2016.

GERHARDT, G. **Utilização de carboidrases em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte**. 2013. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em medicina veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

GOMES, E.; GUEZ, M.A.U.; MARTIN, N.; SILVA, R. Enzimas termoestáveis: fontes, produção e aplicação industrial. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 136-145, 2007.

GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; BETERCHINI, A.G.; FREITAS, T.F.; FASSANI, E.J.; REIS, M.P.; RODRIGUES, N.E.B.; ALMEIDA, E.C. Rações com níveis reduzidos de proteína bruta, cálcio e fósforo com fitase e aminoácidos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.11, p. 2405-2414, 2011a.

GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; ZANGERONIMO, M.G.; BETERCHINI, A.G.; DOS SANTOS, L. M.; ALVARENGA, R.R. Nitrogen, calcium and phosphorus balance of broilers fed diets with phytase and crystalline aminoacid. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.3, p. 591-597, maio/jun., 2011b.

GONÇALVES, A. Z. L. **Produção de α -amilase e glucoamilase termoestável pelo fungo termofílico *Thermomyces lanuginosus* TO-03 por fermentação submersa e em estado sólido e caracterização das**

enzimas. 2006. 90f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2006.

HOLANDA, M.A.C. de.; HOLANDA, M.C.R. de.; VIGODERES, R.B.; DUTRA JUNIOR, W.M.; ALBINO, L.F.T. Desempenho de frangos caipiras alimentados com farelo integral de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.1, p.106-117, 2015.

ISAKSEN, M.F.; COIESON, A.J.; KRAGH, K.M. Starch-and protein degrading enzymes: biochemistry, enzymology and characteristics relevant to animal feed use. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition**. 2 ed. London: UK, 2011. p. 85-94.

IRSHAD, M.; ANWAR, Z.; AFROZ, A. Characterization of Exo 1, 4- β glucanase produced from *Trichoderma Viridi* through solid-state bio-processing of orange peel waste. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 3, p. 580-584, 2012.

JERACI, J.L.; VAN SOEST, P.J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. **Advances in experimental medicine and biology**, v.270, p.245-263, 1990.

KORNEGAY, E.T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2001. p.237-271.

KILIKIAN, B.V.; PESSOA JR. A. Purificação de produtos biotecnológicos. In: SCHMIDEL W.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotechnologia industrial: engenharia bioquímica**. 1. Ed. v. 2. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. p. 493-521.

LEITE, P.R.S.C.; LEANDRO, N.S.M.; STRINGHINI, J.H.; SOUZA, E.S.; CAFÉ, M.B.; CARVALHO, F.B.; ANDRADE, M.A. Microbiota intestinal e desempenho de frangos alimentados com rações elaboradas com sorgo ou milho e complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.6, p.1673-1681, 2012.

LIMA, M. R. de.; SILVA, J. H. V. da.; ARAUJO, J. A. de.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. de.

Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.1, n.4, p.99-110, 2007

LOPES, F.P. **Otimização da produção de xilanase por levedura silvestre**. 2010. 89f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

MARQUES, S.F.F. **Biotecnologia enzimática: produção de complexo multienzimático de *Trichoderma harzianum* e sua aplicação na alimentação de frangos de corte**. 2007. 92f. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) – Universidade Federal do Goiás, 2007.

MARTINS, V. G.; KALIL, S.J.; COSTA, J.A.V. Co-produção de lipase e biossurfactante em estado sólido para utilização em biorremediação de óleos vegetais e hidrocarbonetos. **Química Nova**, v.31, n.8, 2008.

MATIAS, C.F.Q.; ROCHA, J.S.R.; POMPEU, M.A.; BAIÃO, R.C.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; CLÍMACO, W.L.S.; PEREIRA, L.F.P.; CALDAS, E.O.; TEIXEIRA, M.P.F.; CARDEAL, P.C. Efeito da protease sobre o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.2, p.492-498, 2015.

MENDES, A.R.A. **Suplementação com Xilanase de Regimes Alimentares à base de Milho e Soja para Frangos de Carne**. 2015. 78f. Dissertação (Mestre em Engenharia Zootécnica – Produção Animal) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 2015.

MENEZES, C.R.de.; BARRETO, A.R. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos por fungos basidiomicetos: Caracterização dos resíduos e estudo do complexo enzimático fúngico. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1365-1391, 2015.

MESSIAS, J.M.; COSTA, B.Z.; LIMA, V.M.G. de.; GIESE, E.C.; DEKKER, R.F.H.; BARBOSA, A. de M. Lipases microbianas: Produção, propriedades e aplicações Biotecnológicas. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 32, n. 2, p. 213-234, 2011.

MOURINHO, I. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase inicial**. 2006. 55f. Dissertação

(Mestre em Zootecnia) - Universidade Estadual De Maringá, Maringá, 2006.

MORAES, M.L.; LEDUR, V.S.; KESSLER, A.M.; MACHADO, P.H.M.; DELLS, M.P.; RIBEIRO, A.M.L. Effect of an Enzyme Blend on the Performance, Diet Metabolizability, Phosphorous Retention, and Bone Mineralization of Broilers Fed Diets Containing Defatted Rice Bran. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.17, n.2, 2015.

MORALES, P.; MADARRO, A.; FLORS, A.; SENDRA, J.M.; PEREZ-GONCALVES, J.A. Purification and characterization of a xylanase and an arabinofuranosidase from *Bacillus polymyxa*. **Enzyme and Microbial Technology**, v.17, p.424-429, 1995.

MORGADO, H. S. **Produção e caracterização de amilase do fungo *Aspergillus awamori* e sua utilização em dietas para frangos de corte**. 2013. 110f. Tese (Doutor em Ciência Animal) – Universidade Federal do Goiás, Goiania-GO, 2013.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007.

MENEGHETTI, C. **Associação de enzimas em rações para frangos de corte**. 2013. 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2013.

MINAFRA, C.S. **Produção e suplementação com α -amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus Níger* HM2003 na dieta de frangos de corte de um a 21 dias de idade**. 2007. 141 f. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014, 1298p.

NUNES, J.O.; ABREUL, R.D.; BRITO, J.A.G.; SILVA, R.F.; OLIVEIRA, L.S.; JESUS, N.A. Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.17, Oct./Dec, 2015.

OLIVEIRA, I. M. M. de. **Caracterização nutricional do bagaço de mandioca e sua utilização na alimentação de frangos de crescimento lento**. 2012. 73f. Dissertação (Mestre em Produção Animal) -

Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, 2012.

OTT, R. P. **Utilização de carboidrases em dietas para frangos de corte.** 2005. 83f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia; Porto Alegre, 2005.

PAZ, F.R.; MARTINEZ, J.P.; MONTI, R. Produção e caracterização da xilanase de *Aspergillus* sp. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 25, n.1, 2014.

PEIXOTO-NOGUEIRA, S.C.; BERTPÁGLIA, L.; LEANDRO, G. da S.; REIS, R.A.; JORGE, J.A.; POLIZELI, M. de L.T. de M. Estabilidade xilanásica no rúmen e digestibilidade in vitro de volumosos tratados com extrato enzimático de *Aspergillus niveus*. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.7, n.1, p. 46-60, 2013.

PEREIRA, A. A.; JUNQUEIRA, O.M.; ALVA, J.C.R.; SGAVIOLI, S.; PRAES, M.F.F.M.; GRIEP JUNIOR, D.N. Utilização de rações de poedeiras comerciais formuladas com fitase e níveis de proteína bruta sobre a excreção de fósforo, nitrogênio e cálcio. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, SP, v. 26, n.3, 178-183, 2010.

PEREIRA, R.; MENTEN, J.F.M.; ROMANO, G.G.; SILVA, C.L.S.; ZAVARIZE, K.C.; BARBOSA, N.A.A. Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n.1, p. 137-144, 2012.

PESSOA, G.B.S. **Avaliação de complexo enzimático em dietas de frangos de corte.** 2010. 75f. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa. 2010.

POLYCARPO, G. do V. **Complexo multienzimático e fontes lipídicas em rações para frangos de corte.** 2011. 70f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu-SP, 2011.

SANTOS, J.F.dos.; GRANGEIRO, J.I.T. Desempenho de aves caipira de corte alimentadas com mandioca e palma forrageira enriquecidas com levedura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.6, n.2, p.49-54, 2012.

SANTOS, L.F. dos.; ISHII, P.L. Xilanases: Principais Metodologias e Parâmetros Cinéticos. **Journal of**

Biotechnology and Biodiversity - Review, v. 2, n. 2, p.7-15, 2011.

SANTOS NETA, E. R. **Avaliação de subprodutos do babaçu (*Palmae orbignya martiana*) na alimentação de frangos de corte.** 2010. 59f. Dissertação (Mestre em Ciência Animal Tropical) – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2010.

SELLE, P. H. et al. Impact of exogenous enzymes in sorghum-or wheat-based broiler diets on nutrient utilization and growth performance. **International Journal of Poultry Science**, v.9, n.1, p.53-58, 2010.

SILVA, R. F. da. **Avaliação nutricional da torta de babaçu e sua utilização em dietas para frangos de corte label rouge.** 2009. 83f. Dissertação (Mestre em Produção Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, 2009.

SILVA, E. G. da. **Torta de dendê na alimentação de frangos de crescimento lento criados no sistema caipira.** 2011. 53f. Dissertação (Mestre em Produção Animal) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, 2011.

SILVA, H.G.de O.; PIRES, A.J.V.; NETO, P.A. da C.; CARVALHO, G.G.P. de; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.da. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p.499-506, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

SOUSA, J. P. L. **Fitase (*Escherichia coli*) em dietas com correções nutricionais para frangos de corte.** 2013. 96f. Tese (Doutora em Ciência Animal) – Universidade Federal do Tocantins, 2013.

SOUSA, J.P.L.; RODRIGUES, K.F.; ALBINO, L.F.T.; VAZ, R.G.M.V.; SILVA, G.F.; SIQUEIRA, J.C.; SANTOS NETA, E.R.; PARENTE, I.P.; AMORIM, A.F.; SILVA, M.C. da. Bagaço de mandioca com ou sem complexo enzimático em dietas de frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n.244, p.657-664, 2014.

STEFANELLO, C.; VIEIRA, S.L.; CARVALHO, P.S.; SORBARA, J.O.B.; COWIESON, A.J. Energy

and nutrient utilization of broiler chickens fed corn-soybean meal and corn-based diets supplemented with xylanase. **Poultry Science**, v.0, p.1–7, 2016.

VALADARES, C.G.; SANTOS, J.S.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; SILVA, J.C.N.S.; PEREIRA, P.S. Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.3, 2016.

VANDER, A. J.; SHERMAN, J. H.; DOROTHY, L. S. **Human physiology: the mechanisms of body function**. 8. ed. New York: McGraw Hill, 2000. 800 p.

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C.; VIDAL, T.Z.B.; SILVA, M.A. SILLVA, P. C. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. **Arquivos Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n.3, p. 659-669, 2011.

ZHANG, L.; XU, J.; LEI, L.; JIANG, Y.; GAO, F.; ZHOU, G.H. Effects of Xylanase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Non-starch Polysaccharide Degradation in Different Sections of the Gastrointestinal Tract of Broilers Fed Wheat-based Diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n.6, p. 855-861, 2014.

**CAPÍTULO 2 - BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM
DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE UM A 30 DIAS DE IDADE**

Artigo editado de acordo com as normas de publicação da Revista Semina Ciências Agrárias.

CAPÍTULO 2 - BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE UM A 30 DIAS DE IDADE

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a inclusão do bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático fúngico em dietas de frangos de crescimento lento de um a 30 dias de idade. Foram utilizadas 250 aves, Pescoço Pelado Vermelho, com um dia de idade, para avaliar a metabolizabilidade das dietas e o desempenho zootécnico. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), presença e ausência do complexo enzimático e dieta controle, totalizando cinco tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental. As aves alimentadas com dieta controle apresentaram menor coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta quando comparadas as aves alimentadas com dietas contendo bagaço de mandioca, independentemente do complexo enzimático. O coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta e da fibra em detergente neutro das dietas com 20% do BM com complexo enzimático foram superiores ao tratamento com 20% do BM sem aditivo. Observou-se que a inclusão de 10 e 20% do BM com complexo enzimático influenciaram ($P < 0,05$) o consumo de ração, todavia não houve efeito ($P > 0,05$) no ganho de peso, conversão alimentar, peso aos 30 dias e ingestão de água. Recomenda-se o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas para frangos de crescimento lento de um a 30 dias de idade.

Palavras-chave: Aditivo zootécnico digestivo. Aves alternativas. Desempenho. Metabolizabilidade das dietas. Raspa de mandioca. Fungos filamentosos.

CHAPTER 2 - CASSAVA BAGASSE AND ENZYMATIC COMPLEX IN DIETS OF SLOW-GROWING CHICKENS FROM ONE TO 30 DAYS OLD

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the inclusion of cassava bagasse with and without fungal enzymatic complex in diets of slow-growing chickens from one to 30 days of age. A total of 250 birds were used, Neck Red Neck, with a day, to evaluate the metabolizability of the diets and the performance of animals. The experimental design was completely randomized (DIC) in a factorial scheme (2 X 2 + 1), with two levels of cassava bagasse inclusion (10 and 20%), presence and absence of the enzymatic complex and control diet, totaling five treatments, five replicates and ten birds per experimental unit. The birds fed a control diet had lower coefficient of metabolisability of the crude protein when compared to birds fed diets containing cassava bagasse, independently of the enzymatic complex. The metabolizable coefficient of the crude protein and the neutral detergent fiber of the diets with 20% of BM with enzymatic complex were superior to the treatment with 20% of BM without additive. It was observed that the inclusion of 10 and 20% of BM with enzymatic complex influenced ($P < 0.05$) the feed intake, however, there was no effect ($P > 0.05$) on the weight gain, feed conversion, weight at 30 days and water intake. It is recommended to use up to 20% cassava bagasse, not being technically feasible option the use of the fungal enzyme complex, xylanase and amylase, in the diets for slow growing chickens from one to 30 days of age.

Keywords: Digestive zootechnic additive. Alternative birds. Performance. Metabolizability of diets. Cassava of scrape. Filamentous fungi.

Introdução

O desenvolvimento do mercado de produtos naturais tem crescido no mundo e a criação de frangos de crescimento lento atende de maneira peculiar ao consumidor, com adoção de técnicas de manejo que respeitem o bem-estar dos animais e minimizem os impactos ambientais. A atividade é praticada geralmente por pequenos produtores que sobrevivem da agricultura familiar e há algumas décadas vem se profissionalizando, com bons índices produtivos, devido a escolha adequada da linhagem melhorada, técnicas de manejo, controle sanitário e alimentação balanceada.

As rações empregadas no sistema alternativo de criação de aves devem ser compostas, exclusivamente por ingredientes de origem vegetal, sem uso de melhoradores de desempenho e normalmente apresentam baixa densidade energética, demandando dessa forma, o uso de alimentos alternativos (PINHEIRO et al. 2014).

Nesse contexto, a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma planta arbustiva que atinge até 3m de altura, presente na região norte do Brasil e que pode gerar vários resíduos por meio do seu processamento, sendo o bagaço de mandioca obtido da extração da fécula de baixo valor comercial (FIORDA et al., 2013) e apresenta 88% de matéria seca, 1,26% de proteína bruta e 2465 kcal de energia metabolizável, com recomendação até o nível de 10,39%, na fase inicial e 30% na fase final de frangos de crescimento lento (OLIVEIRA, 2012).

O bagaço de mandioca possui elevado teor de fibra e a presença de materiais fibrosos no intestino das aves são responsáveis pelo esvaziamento gástrico e reduzido trânsito intestinal, inibindo a absorção dos nutrientes, com aumento da viscosidade da digesta e fermentação bacteriana (CHOTINSKY, 2015), afetando o desempenho zootécnico.

O uso de enzimas carboidrases tem sido sugerido como uma das estratégias para melhorar o valor nutritivo dos alimentos (AMERAH et al., 2015; ESMAEILPOUR et al., 2011; KHAJALI; SLOMINSKI, 2012). O seu emprego bem-sucedido em dietas viscosas à base de grãos iniciou pesquisas para a sua utilização em outros ingredientes, com altos teores de polissacarídeos não amiláceos (ALAGAWANY et al., 2017; HORVATOVIC et al., 2015).

As xilanases são glicosidades que não são produzidas pelas aves e que catalisam a hidrólise dos substratos susceptíveis, principalmente a xilana, que é o principal componente da hemicelulose e o polissacarídeo mais abundante e renovável da natureza. Os produtos dessas reações são os monômeros D-xilose e xilo-oligossacarídeos de diferentes tamanhos e de menor peso molecular (MENEZES; BARRETO, 2015).

As amilases, assim como as xilanases são complexo amilolíticos encontrados em bactérias, fungos, plantas e animais. O *Aspergillus*, *Rhizopus* e *Bacillus* são utilizadas para sua produção, sendo o *Aspergillus* mais tolerante a altas temperaturas e regem o mercado. As amilases podem ser divididas em duas categorias quanto ao modo de ação: endoamilases e exoamilases. As endoamilases, hidrolisam as ligações glicosídicas ao acaso no interior da molécula de amido liberando oligossacarídeos e as exoamilases, hidrolisam sucessivamente as ligações glicosídicas a partir da extremidade não redutora da molécula, liberando glicose ou maltose (GUZMAN-MATDONADO; PAREDES-LOPEZ, 1995).

Trabalhos realizados com a utilização de enzimas exógenas apontaram melhora na metabolizabilidade da proteína, energia, polissacarídeos não amiláceos e fosforo das dietas de frangos de corte em diferentes fases de produção (PEREIRA et al., 2012; VALADARES et al., 2016; YUAN et al., 2017; ZHANG et al., 2014). No entanto, constata-se na literatura científica, que a maioria dos experimentos avaliaram a utilização das enzimas em dietas a base de milho e farelo de soja na alimentação de frango de corte da linhagem industrial, fazendo-se necessário testar a inclusão desses aditivos em dietas com alimentos alternativos de expressão regional.

Nessa perspectiva, objetivou-se avaliar a inclusão do bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático fúngico em dietas de frangos de crescimento lento de um a 30 dias de idade.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, localizado em Araguaína – TO, no período de 10 de outubro a 09 de novembro de 2016, aprovado e executado segundo as normas éticas estabelecidas pela Lei e Procedimentos para o Uso de Animais, como determinado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da

Universidade Federal do Tocantins (CEUA-UFT), protocolo nº 23101.001081/2015-41.

Foram utilizados 250 pintos, mistos de crescimento lento (Pesçoço Pelado Vermelho), de um a 30 dias de idade, com peso médio inicial de $33,5g \pm 3,14g$. As aves foram homogeneizadas e distribuídas em baterias metálicas (1,00 x 1,00 x 0,40m) equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo copo de pressão, os quais eram limpos e abastecidos duas vezes por dia, visando garantir livre acesso à água e as rações durante todo o período experimental.

O galpão experimental era coberto com palha de babaçu, piso de concreto e com cortinas laterais, manejadas de acordo com a temperatura do ar e o comportamento das aves. Até o 14º dia de vida, os pintinhos foram aquecidos artificialmente, utilizando-se lâmpadas incandescentes (60 W), instaladas no interior das gaiolas.

As condições ambientais no interior das instalações durante o período experimental foram monitoradas e registradas diariamente, temperaturas média, máxima, mínima e da umidade relativa do ar, utilizando o termo higrômetro digital, colocado à meia altura das gaiolas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), presença e ausência do complexo enzimático e dieta controle, totalizando cinco tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental.

As dietas experimentais foram calculadas considerando-se o conceito de proteína ideal (MITCHELL, 1964), a composição química do bagaço de mandioca (Tabela 1) e as exigências nutricionais da linhagem Isa Label de um a 30 dias, de acordo com as recomendações de Pinheiro et al. (2014) (Tabela 1.1).

A produção das enzimas foi realizada em meio SR líquido (Rizzatti et al., 2001) com farelo de trigo 1% para produção da xilanase (3,01 U/mL) e amido 1% como fonte de carbono para produção da amilase (2,29 U/mL) sob agitação (120 rpm) durante 120 horas a 30°C. Posteriormente, o meio foi filtrado usando bomba à vácuo e papel filtro e, o sobrenadante foi liofilizado e adicionado na dosagem de 100g/ton de ração (50g/ton de xilanase e 50g/ton de amilase).

A xilanase e a amilase foram produzidas pelos fungos *Aspergillus japonicus* e *Neurospora crassa*, respectivamente, sendo os fungos mantidos na micoteca de Campo Grande/MS. A produção do complexo enzimático foi realizada pelo no

laboratório de bioquímica geral e de microbiologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Tabela 1. Composição do bagaço de mandioca (BM) utilizado na formulação das dietas experimentais¹

Nutrientes e energia	Bagaço de Mandioca ²
Energia Metabolizável (kcal/kg) ³	2508
Matéria seca (%) ³	88,46
Proteína bruta (%) ³	1,26
Extrato etéreo (%) ³	3,86
Materia mineral (%) ³	1,06
Fibra em detergente neutro (%) ⁴	21,01
Fibra em detergente ácido (%) ⁴	6,46
Hemicelulose (%) ⁴	14,55

¹Valores expressos com base na matéria seca.

²Bagaço proveniente do processamento da mandioca, comercializada no povoado Floresta no município de Araguaína-TO.

³Oliveira (2012); ⁴Laboratório de Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins.

Foram dispostas bandejas revestidas por lona plástica sob o piso de cada gaiola do 28^o ao 30^o dia de idade das aves para a coleta total de excretas (SIBBALD, 1976; SIBBALD; SLINGER, 1963) realizadas duas vezes ao dia (às 08h00min e 16h00min) conforme descrito por Sakomura; Rostagno (2016).

No final do experimento as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secadas em estufa de ventilação forçada a 55^o C, por 72 horas. Em seguida, as amostras das rações experimentais e das excretas foram encaminhadas ao laboratório de Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins para determinação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com Silva; Queiroz (2006).

Foram determinados os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), fibra em detergente neutro (CMFDN) e os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) das dietas experimentais, de acordo com a equação descrita por Sakomura; Rostagno (2016).

Ao 30^o dia, as aves e as rações foram pesadas para determinação do desempenho zootécnico. As variáveis avaliadas foram consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e peso aos 30 dias (P30d). O consumo de ração foi calculado pela diferença de peso no início e no final do experimento, o ganho de peso foi mensurado pela diferença entre o peso inicial das aves e no final do

experimento. A conversão alimentar foi calculada pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso das aves.

Tabela 1.1. Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de um a 30 dias de idade

Ingredientes	Tratamentos				
	Dieta Controle	10% de bagaço de mandioca		20% de bagaço de mandioca	
		Complexo enzimático fúngico (xilanase + amilase)			
		Sem CE	Com CE	Sem CE	Com CE
Milho	55,958	48,119	48,119	41,200	41,200
Farelo de soja	37,254	36,732	36,732	34,792	34,792
Bagaço de Mandioca	0,000	10,000	10,000	20,000	20,000
Inerte	3,110	1,452	1,452	0,100	0,100
Fosfato bicalcico	1,470	1,512	1,512	1,570	1,570
Calcario	1,230	1,209	1,209	1,194	1,194
Sal Comum	0,584	0,550	0,550	0,550	0,550
L-Treonina	0,000	0,000	0,000	0,038	0,038
DL-Metionina	0,154	0,186	0,186	0,238	0,238
Premix-APP ¹	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
L-Lisina HCL	0,000	0,000	0,000	0,078	0,078
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
EM (kcal/kg)	2750	2750	2750	2750	2750
Proteína bruta (%)	21,480	21,480	21,480	19,876	19,876
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971
Fosforo disponível (%)	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390
Potássio (%)	0,853	0,812	0,812	0,756	0,756
Sódio (%)	0,270	0,274	0,274	0,274	0,274
Cloro (%)	0,338	0,317	0,317	0,313	0,313
Lisina digestível (%)	1,064	1,027	1,027	1,024	1,024
Treonina digestível (%)	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690
Metionina + cistina digestível (%)	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
FDN (%)	11,730	12,846	12,846	13,866	13,866
FDA (%)	5,021	5,347	5,347	5,589	5,589
Balanço eletrolítico (mEq/kg) ²	240,26	237,44	237,44	224,25	224,25

¹Composição/tonelada: Ácido Fólico 150,00 mg, Cobalto 178,00 mg, Cobre 2.675,00 mg, Colina 120,00 g, Ferro 11,00 g, Iodo 535,00 mg, Manganês 31,00 g, Matéria mineral 350,00 g, Niacina 7.200,00 mg, Pantotenato de Cálcio 2.400,00 mg, Selênio 60,00 mg, Vitamina A 1.920.000,00 UI, Vitamina B1 300,00 mg, Vitamina B12 3.600,00 mg, Vitamina B2 1.200,00 mg, Vitamina B6 450,00 mg, Vitamina D3 360.000,00 UI, Vitamina E 3.600,00 UI, Vitamina H 18,00 mg, Vitamina K 480,00 mg, Zinco 22,00 g.

²Calculado segundo Mongin (1981): Balanço eletrolítico = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453).

No registro da ingestão média de água, utilizou-se uma proveta graduada com capacidade para 1L. Diariamente às 08:00 e 16:00 horas, foi registrado o consumo de água de cada unidade experimental. Antes de ser descartada, a água presente no bebedouro era recolhida; os resíduos de ração e excretas separados utilizando-se peneira de 0,05 *mesh*. Um bebedouro adicional foi colocado dentro do galpão para estimar as perdas de água por evaporação. Ao final da fase, a ingestão de água foi determinada pela soma dos volumes fornecidos, descontando-se as perdas por evaporação.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de erro (*Cramer Von Mises*) e homocedasticidade de variância (*Levene*). Satisfeitas essas pressuposições, as variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas por contrastes ortogonais.

Os contrastes foram: C1, dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2, dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3, 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4, 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS 9.0 por meio do procedimento GLM (General Linear Models) (Statistical Analysis System, 2002), considerando nível de significância igual ou inferior a 5%.

Resultados e discussão

A temperatura média, máxima e mínima do ar no interior das instalações durante o período experimental foram de 28,93°C, 32,53°C e 25,51°C, respectivamente, sendo a umidade relativa média do ar de 71,53%.

O nível de inclusão de 10% do bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático não influenciaram ($P>0,05$) os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), fibra em detergente neutro (CMFDN) e a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) das dietas experimentais (Tabela 2).

No contraste C1 e C2, que compara a dieta controle com os tratamentos contendo níveis de bagaço de mandioca sem e com complexo enzimático,

respectivamente, houve diferença significativa ($P < 0,05$) para o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta, com menores valores para as aves que consumiram 0% de inclusão do bagaço de mandioca sem complexo enzimático.

Tabela 2. Efeito dos níveis de 10 e 20% de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE) sobre os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), proteína bruta (CMPB), energia bruta (CMEB), fibra em detergente neutro (CMFDN) e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn)

Tratamentos	Variáveis				
	CMMS	CMPB	CMEB	CMFDN	EMAn (Kcal/kg)
Controle	0,7045	0,4970	0,7503	0,6177	2549
10% de BM+ CE	0,7056	0,5096	0,7345	0,5915	2513
10% de BM	0,7137	0,5269	0,7401	0,5681	2518
20% de BM+ CE	0,7360	0,5948	0,7556	0,6883	2587
20% de BM	0,7124	0,5442	0,7344	0,6382	2524
P value	0,151	0,001	0,319	0,000	0,310
CV ¹ (%)	2,890	6,280	2,570	4,010	2,370
Contrastes ortogonais ²	Valores de P				
C1 -Controle vs BM + CE*	0,165	0,007	0,622	0,148	0,969
C2 - Controle vs BM sem CE*	0,457	0,049	0,226	0,335	0,411
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,542	0,425	0,649	0,154	0,901
C4 - 20% vs 20% de BM +CE*	0,086	0,027	0,094	0,004	0,115

¹CV = coeficiente de variação.

²Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo. *Contraste significativo.

Os resultados estão de acordo com os observados por Parente et al. (2014), que avaliaram o uso do resíduo da batata doce para frango caipira e encontraram valores de metabolizabilidade da proteína bruta inferior para a ração a base de milho e farelo de soja.

A inclusão de 20% de bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático, no contraste C4, influenciaram ($P < 0,05$) o coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta e da fibra em detergente neutro, com maiores valores, para o tratamento que fez uso dos aditivos zootécnicos, aumento de 8,51% para o CMPB e 7,27% para o CMFDN.

Resultados estes que corroboram com Barbosa et al. (2014), para a metabolizabilidade do fósforo, cálcio, aminoácidos e energia, por Whiting et al. (2017) para a gordura, por Gallardo et al. (2017), Selle et al. (2010), Yuan et al. 2017, Zhang et al. (2014) e Abdollahi et al. (2016) para o aproveitamento da proteína e polissacarídeos não amiláceos em dietas com complexo enzimático para de frangos de corte.

Os acréscimos nos valores de metabolizabilidade da PB e do FDN confirmam a ação do complexo enzimático e pode ser decorrente da atuação sinérgica das enzimas, que ao agirem como catalisadoras dos processos biológicos, aumentam a velocidade das reações bioquímicas sobre os substratos. O amido e os PNAs, solúveis e insolúveis da dieta passaram pela ação da amilase e xilanase, respectivamente, liberando como produto dessas reações, açúcares solúveis, com consequente, redução da viscosidade intestinal e melhor aproveitamento dos nutrientes, tais como o nitrogênio e a fibra (CHOCT et al., 2004), possivelmente contribuindo para minimizar a poluição ambiental (LIMA et al., 2007).

Os níveis de inclusão de 10% e 20% de bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático, no contraste C3 e C4, não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) para o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, peso aos 30 dias e ingestão de água (Tabela 3).

No contraste C1, que compara a dieta controle com as que contém bagaço de mandioca com complexo enzimático, o ganho de peso, a conversão alimentar, o peso aos 30 dias e a ingestão de água não apresentaram diferenças ($P > 0,05$), todavia o consumo de ração ($P = 0,035$) foi influenciado pelos tratamentos. As aves que receberam dieta com 10% e 20% de BM com CE apresentaram redução na ingestão de 3,66% e 9,81%, respectivamente.

Estes resultados estão em concordância aos de Oliveira (2012), Sousa et al. (2014) e Broch et al. (2017), em que níveis crescentes de BM reduziram de maneira linear o consumo de ração de frangos de crescimento lento de 08 a 28 dias e Cobb 500® de 1 a 21 dias de idade, respectivamente. Da mesma forma, Alagawany et al. (2017), ao avaliarem a substituição do farelo de soja pela farinha de semente de girassol com e sem complexo enzimático verificaram redução na ingestão de ração de pintinhos Hubbard ao adicionar o alimento alternativo e o CE.

Em contrapartida, Stef et al. (2013) avaliando dietas à base de cevada ou trigo com complexo enzimático contendo endo-1,4-beta-glucanase, alpha-amylase,

protease e endo-1,4-beta-xylanase, verificaram aumento no consumo de ração para frangos de corte. Bhuiyan; Lji (2015) também relataram aumento no CR de frangos alimentados com resíduos da mandioca suplementados com CE, Avizyme® 1502.

Tabela 3. Valores médios de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso aos 30 dias (P30d) e ingestão de água (IH2O) de frangos de crescimento lento alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático

Tratamentos	Variáveis				
	CR (g)	GP (g)	CA	P30d (g)	IH2O (mL)
Controle	1346,60	748,40	1,80	781,40	2578,31
10% de BM+ CE	1297,35	729,98	1,78	762,88	2572,06
10% de BM	1282,66	737,68	1,74	771,98	2522,26
20% de BM+ CE	1214,54	697,57	1,74	726,97	2410,44
20% de BM	1286,26	718,84	1,79	752,44	2493,98
P value	0,035	0,155	0,107	0,104	0,096
CV (%) ¹	4,58	4,36	2,32	4,13	3,83
Contrastes ortogonais ²	Valores de P				
C1 - Controle vs BM + CE*	0,012	0,065	0,103	0,060	0,150
C2 - Controle vs BM sem CE	0,068	0,260	0,116	0,277	0,233
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,713	0,721	0,167	0,670	0,450
C4 - 20% vs 20% de BM +CE	0,068	0,302	0,106	0,214	0,186

¹CV = coeficiente de variação.

²Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo. *Contraste significativo

A divergência com os dados do presente experimento, pode ser devido ao CE empregado por Stef et al. (2013) e Bhuiyan; Lji (2015) ser purificado, ter mais enzimas carboidrases na sua constituição, além do uso de proteases e fitases, distintas dosagens do CE, origens microbianas e substrato para atuação enzimática.

No presente estudo, a diminuição do consumo de ração ocorreu provavelmente, devido ao aumento no teor de fibra das dietas com a inclusão do BM, proporcionando as aves maior saciedade volumétrica, reduzindo a capacidade ingestiva (OLIVEIRA et al., 2012; PARENTE et al., 2018) e a disponibilidade de substrato para atividade enzimática (YEGANI; KORVER, 2013).

A natureza das ligações glicosídicas (α -1,6 e β 1,4 e β 1,6) que são resistentes à hidrólise no trato digestivo e a quantidade de fibra contida na parede celular do BM podem ter influenciado os resultados, devido os PNAs aumentarem a viscosidade da digesta. Diante disso, esperava-se que o uso do complexo enzimático pudesse melhorar o desempenho das aves (HORVATOVIC et al., 2015; NUNES et al., 2015), entretanto, esse comportamento não foi observado.

Resultados semelhantes, sem efeito do uso de CE foram obtidos por Zhu et al. (2014) com xylanase, β -glucanase e α -amilase, para frangos de corte mistos de 1 a 21 dias de idade e por Muller Fernandes et al. (2015) que avaliaram o CE, xilanase, amilase e protease para frangos de corte de 1 a 14 dias de idade, porém, resultados contraditórios aos encontrados no presente estudo foram observados por Sousa et al. (2014), que ao avaliarem a inclusão de CE em dietas com 20% de BM, notaram melhora no ganho de peso e na conversão alimentar, na fase inicial de frangos de corte. A diferença encontrada com os dados do presente experimento pode ser decorrente, da dosagem do CE utilizado pelos autores, superior em 100g/ton, além das enzimas serem purificadas e constitui o aditivo com diversidade (fitase, protease, xilanase, β -glucanase, celulase, amilase e pectinase).

Alagawany et al. (2017), Bhuiyan; Lji (2015) e Yuan et al. (2017) ressaltaram que aves jovens se beneficiaram mais da suplementação enzimática, em decorrência da imaturidade do sistema digestório com menor produção de enzimas endógenas que resulta em digestão limitada, com contribuição desses aditivos para a retenção de nutrientes.

Nesse contexto, observa-se que o uso de complexos enzimáticos podem promover respostas variáveis, pois as enzimas são oriundas de diferentes microrganismos, não se conhece bem as inter-relações e a atuação no organismo animal, tais como, fatores que influenciam no trato gastrointestinal: taxa de passagem, temperatura corporal das aves, pH, comprimento do trato gastrointestinal, concentração do produto em razão da hidrólise da enzima e concentração das enzimas endógenas (ACOMOVIC; MCCLEARY, 1996), além de fatores extrínsecos, como a dose enzimática e tipo de ingrediente.

As enzimas exógenas produzidas no laboratório de bioquímica geral e microbiologia da UFMS, xilanase e amilase, têm pH ideal entre 4 a 6, sabendo-se que pH 3 proporciona perda de 20% da atividade catalítica em 1 hora e queda de 60% em 4 horas. Para Ravindran (2013), a digesta tem tempo de passagem no proventrículo

e na moela de 30 a 90 minutos, em pH variando de 2,0 a 3,0. Dessa maneira, as enzimas podem não ser resistentes à ação proteolítica da pepsina, com redução da atividade enzimática, ou até mesmo inativação no intestino delgado.

As enzimas do complexo enzimático fúngico utilizada no presente experimento encontrava-se em extrato bruto, podendo conter outras substâncias em sua constituição e apresentar atividade enzimática reduzida, conforme verificado por Plagliai (2009), que encontrou valores de 479 e 259 UAmL⁻¹ para a solução de enzima purificada e extrato bruto, respectivamente. Da mesma forma, Coutinho et al. (2013) verificaram que a amilase semi-industrial apresentou maior atividade amilolítica quando comparada ao extrato bruto, 8 U.mL⁻¹ e 4 U.mL⁻¹, concomitantemente, liberando quase 2 vezes mais glicose para o meio.

Outro fato que interfere na resposta enzimática, segundo Zou et al. (2013) e Amerah et al. (2017) é o conteúdo energético das dietas, que quando reduzido, torna-se mais eficiente do que acrescentar as enzimas na dieta calculada, sem alterar os níveis nutricionais, como realizada neste experimento. Segundo os autores, enzimas exógenas apresentam efeito negativo na atuação das endógenas, provavelmente devido alguma deficiência na fase inicial de frangos de corte.

Os resultados deste estudo, evidenciaram que a utilização de enzimas fúngicas, xilanase e amilase, podem melhorar o aproveitamento dos nutrientes de dietas com elevados teores de polissacarídeos não amiláceos na alimentação de frangos de crescimento lento de um a 30 dias, porém, não foram encontrados efeitos positivos nas características de desempenho, evidenciando a necessidade de mais pesquisas que possam aprimorar e desenvolver novas tecnologias, auxiliando a superar fatores que sejam empecilhos a obtenção de máxima eficácia e melhoria da qualidade.

Conclusão

Recomenda-se o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas para frangos de crescimento lento de um a 30 dias de idade.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto, a Universidade Federal do Tocantins-UFT, pelo apoio e disponibilidade das instalações e a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) pela parceria, desenvolvimento e fornecimento do complexo enzimático fúngico para realização dos experimentos.

Referências

- ABDOLLAHI, M. R.; HOSKING, B. J.; NING, D.; RAVINDRAN, E. V. Influence of Palm Kernel Meal Inclusion and Exogenous Enzyme Supplementation on Growth Performance, Energy Utilization, and Nutrient Digestibility in Young Broilers. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, v. 29, n. 4, p. 539–548, 2016.
- ACOMOVIC, T.; MC-CLEARY, B.V. Optimising the response. *Feed Mix*, v.4, n.4, p.14-19,1996.
- ALAGAWANY, M.; ATTIA, A. I.; IBRAHIM, Z. A.; MAHMOUD, R. A.; EL-SAYED, S. A. The effectiveness of dietary sunflower meal and exogenous enzyme on growth, digestive enzymes, carcass traits, and blood chemistry of broilers. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 13, p. 12319–12327, 2017.
- AMERAH, A. M.; ROMERO, L. F.; AWATI, A.; RAVINDRAN, V. Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets. *Poultry Science*, v. 96, n.4, p. 807–816, 2017.
- BARBOSA, N. A.A.; BONATO, M. A.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; FERNANDES, J.B. K.; KAWAUCHI, I. M. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. *Comunicata Scientiae*, v. 5, n. 4, p. 361-369, 2014.
- BHUIYAN, M.M.; LJI, P. A. Energy Value of Cassava Products in Broiler Chicken Diets with or without Enzyme Supplementation. *Asian-Australas Journal Animal Science*, v. 28, n. 9, p. 1317–1326, 2015.
- BROCH, B. J.; NUNES, R. V.; OLIVEIRA, V. de.; SILVA, I. M. da.; SOUZA, C. de.; WACHHOLZ, L. Dry residue of cassava as a supplementation in broiler feed with

or without addition of carbohydrases. *Semina Agrárias*, v. 38, n. 4, suplemento 1, p. 2641-2658, 2017.

CELESTINO, J. dos R.; DUARTE, A. C.; SILVA, C. M. de M.; SENA, H. H.; FERREIRA, M. do P. S. B. C.; MALLMANN, N. H.; LIMA, N. P. C.; TAVARES, C. de C.; SOUZA, R. O. S. de.; SOUZA, É. S.; SOUZA, J. V. B. *Aspergillus* 6V4, a Strain Isolated from Manipueira, Produces High Amylases Levels by Using Wheat Bran as a Substrate. *Enzyme Research*, p.1-4, ID 725651, 2014.

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

CHOTINSKY, D. The use of enzymes to improve utilization of nutrient in poultry diets. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v.21, n. 2, p. 429–435, 2015.

COUTINHO, F. S.; MARQUES, D. R.; DIAS, D. S.; SILVA, J. A. da.; GRANJEIRO, P. A.; GONÇALVES, D. B.; GALDINO, A. S. Cassava starch-degrading profile of *Saccharomyces cerevisiae* expressing an amylase from *Cryptococcus flavus*. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, v.2, n.4, p. 15-21, 2013.

ESMAEILIPOUR, O.; SHIVAZAD, M.; MORAVEJ, H.; AMINZADEH, S.; REZAIAN, M.; VAN KRIMPEN, M. M. Effects of xylanase and citric acid on the performance, nutrient retention, and characteristics of gastrointestinal tract of broilers fed low-phosphorus wheat-based diets. *Poultry Science*, v. 90, n. 9, p. 1975-82, 2011.

FIORDA, F.A.; JUNIOR, M.S.S.; SILVA, F.A.da S.; SOUTO, L.R.F.; ROSSMANN, M.V.E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento desubproduto e comparação com fécula de mandioca. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

FONSECA, F. L. R.; SIQUEIRA, J. C. de.; VAZ, R. G. M. V.; RODRIGUES, K. F.; SILVA, G. F. da.; NEIVA, A. C. G. R.; SILVA, M. C. da.; SOUSA, J. P. L. de.; PARENTE, I. P.; ALVES, C. F.; LUZ, R. A. Replacement of corn with babassu mesocarp flour in balanced rations for broilers in the period from 1 to 21 days. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1745-1754, 2015.

GALLARDO, C; DADALT, J. C.; KIARIE, E.; TRINDADE NETO, M. A. Effects of multi-carbohydrase and phytase on standardized ileal digestibility of amino acids and apparent metabolizable energy in canola meal fed to broiler chicks. *Poultry Science*, v. 96, n. 9, p. 3305–3313, 2017.

- GUZMÁN-MALDONADO, H.; PAREDES-LÓPEZ, O. Amylolytic enzymes and products derived from starch: A review. *Critical Reviews Food Science Nutrition*, v. 35, p.373-403, 1995.
- HORVATOVIC, M. P.; GLAMOCIC, D.; ZIKIC, D.; HADNADJEV, T. D. Performance and some intestinal functions of broilers fed diets with different inclusion levels of sunflower meal and supplemented or not with enzymes. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.17, n.1, 2015.
- KHAJALI, F.; SLOMINSKI, B. A. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry – a review. *Poultry Science*, v. 91,p. 2564–2575, 2012.
- LIMA, M. R. de.; SILVA, J. H. V. da.; ARAUJO, J. A. de.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. de. Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.1, n.4, p.99-110, 2007.
- LEHNEN, C.R.; LOVATTO, P.A.; ANDRETTA, I.; KIPPER, M.; HAUSCHILD, L.; ROSSI, C.A. Metaanaliseda digestibilidade ileal de aminoácidos e minerais em suínosalimentados com rações contendo enzimas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 4, p. 438-445, 2011.
- MENEZES, C. R. de.; BARRETO, A. R. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos por fungos basidiomicetos: Caracterização dos resíduos e estudo do complexo enzimático fúngico. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1365-1391, 2015.
- MITCHELL, H. H. *Comparative nutrition of man and domestic animals*. New York: Academic Press, 1964.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. *Proceedings Nutrition Society*, Cambridge, v. 40, n. 3, p. 285-294, 1981.
- MULLER FERNANDES, J. I.; Bortoluzzi, C.; JUNIOR, A. M. B.; RORIG, A.; PERINI, R.; CRISTO, A. B. de. Effect of Different Enzymatic Supplements in Diets of broilers Raised at High Stocking Density. *Journal of Veterinary Medicine and Research*, v. 2, n. 1, p.1016, 2015.
- NUNES, J.O.; ABREUL, R.D.; BRITO, J.A.G.; SILVA, R.F.; OLIVEIRA, L.S.; JESUS, N.A. Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.17, Oct./Dec, 2015.

OLIVEIRA, D. D.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; OBA, A. Desempenho de frangos de corte alimentados com torta de girassol. *Semina Ciências Agrárias*, v. 33, n. 5, p.1979-1990, 2012.

OLIVEIRA, I. M. M. de. *Caracterização nutricional do bagaço de mandioca e sua utilização na alimentação de frangos de crescimento lento*. 2012. 73f. Dissertação (Mestre em Produção Animal) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, 2012.

PARENTE, I. P.; ALBINO, L. F. T.; RODRIGUES, K. F.; VAZ, R. G. M. V.; SOUSA, L. F.; FONSECA, F. L. R.; SILVA, M. C. da.; CAMPOS-ALVES, C. F.; NOLETO, R. A. Cassava bagasse and annatto colorific (*Bixa orellana* L.) in diets for slow-growing broilers from 30 to 90 days of age. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.19, n.1, p. 58-68, 2018.

PARENTE, I. P.; RODRIGUES, K. F.; VAZ, R. G. M. V.; SOUSA, J. P. L.; SANTOS NETA, E. R. dos.; ALBINO, L. F. T.; SIQUEIRA, J. C. de V.; PAIVA, J. A. de. Características nutricionais e utilização do resíduo de batata-doce em dietas de frangos de crescimento lento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.2, 2014.

PEREIRA, R.; MENTEN, J.F.M.; ROMANO, G.G.; SILVA, C.L.S.; ZAVARIZE, K.C.; BARBOSA, N.A.A. Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n.1, p. 137-144, 2012.

PINHEIRO, S.A.; DOURADO, L. R. B.; SILVA, E. P. da.; SAKOMURA, N. K. Nutrição de Aves Caipiras Criadas em Sistema Semiconfinado. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J. H. V. da.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L (org). *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 644-657.

PLAGLIAI, R. L. *Comparação do uso de tirosinase purificada e na forma de extrato bruto enzimático em biossensores amperométricos para a detecção de catecol*. 2009. 59p. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2009.

RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 22, n. 3, p. 628–636, 2013.

RIZZATTI, A.; JORGE, J.A.; TERENCE, H. F.; RECHIA, C. G.; POLIZELI, M. L. Purification and properties of a thermostable extracellular β -D-xylosidase produced by a thermotolerant *Aspergillus phoenicis*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, v.26, n. 3, p. 156-160, 2001.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de pesquisa em pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: UNESP, 2016.

SELLE, P. H.; CADOGAN, D. J.; RU, Y. J.; PARTRIDGE, G. G. Impact of exogenous enzymes in sorghum-or wheat-based broiler diets on nutrient utilization and growth performance. *International Journal of Poultry Science*, v.9, n.1, p.53-58, 2010.

SIBBALD, I.R.A. Bioassay for the true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Science*, Canadá, v. 55, n. 1, p. 303-308, 1976.

SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J.A. Biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Science*, v. 42, n. 2, p. 313-325, 1963.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2006.

SOUSA, J.P.L.; RODRIGUES, K. F.; ALBINO, L. F. T.; VAZ, R. G. M. V.; DA SILVA, G. F.; SIQUEIRA, J.C.; SANTOS NETO, E. R.; PARENTE, I. P.; AMORIM, A.F.; DA SILVA, M.C. Bagaço de mandioca com ou sem complexo enzimático em dietas de frangos de corte. *Revista Arquivos de Zootecnia*, v. 63, n. 244, p. 657-664, 2014.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. *SAS/INSIGHT User's guide*. versão 9.0- versão para Windows. Cary: SAS Institute, 2002. (CD-ROM).

STEF, L.; DRINCEANU, D.; SIMIZ, E.; STEF, D. S.; JULEAN, C. The effects of enzymes supplementation on bio-productive performance, intestinal viscosity, and sanguine indices on broilers fed with wheat and barley based diets. *Romanian Biotechnological Letters*, v.18, n.1, 2013.

VALADARES, C.G.; SANTOS, J.S.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; SILVA, J.C.N.S.; PEREIRA, P.S. Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.68, n.3, 2016.

WHITING, I. M.; PIRGOZLIEV, V.; ROSE, S. P.; WILSON, J.; AMERAH, A. M.; IVANOVA, S. G.; STAYKOVA, G. P.; OLUWATOSIN, O. O.; OSO, A. O. Nutrient availability of different batches of wheat distillers dried grains with solubles with and without exogenous enzymes for broiler chickens. *Poultry Science*, v. 96, n. 3, p. 574–580, 2017.

YEGANI, M.; KORVER, D. R. Effects of corn source and exogenous enzymes on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, Savoy, v. 92, n. 5, p. 1208-1220, 2013.

YUAN, L.; WANG, M.; ZHANG, X.; WANG, Z. Effects of protease and non-starch polysaccharide enzyme on performance, digestive function, activity and gene expression of endogenous enzyme of broilers. *Plos One*, v. 12, n. 3, 2017.

ZHANG, L.; XU, J.; LEI, L.; JIANG, Y.; GAO, F.; ZHOU, G.H. Effects of Xylanase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Non-starch Polysaccharide Degradation in Different Sections of the Gastrointestinal Tract of Broilers Fed Wheat-based Diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 27, n.6, p. 855-861, 2014.

ZHU, H. L.; HU, L. L.; HOU, Y. Q.; ZHANG, J.; DING, B. Y. The effects of enzyme supplementation on performance and digestive parameters of broilers fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, v. 93, p. 1704–1712, 2014.

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, p.1-9, 2013.

CAPÍTULO 3 - BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE 30 A 90 DIAS DE IDADE

Artigo editado de acordo com as normas de publicação da Revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.

CAPÍTULO 3 - BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO DE 30 A 90 DIAS DE IDADE

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar a inclusão do bagaço de mandioca e complexo enzimático fúngico (amilase e xilanase) na dieta de 250 frangos de crescimento lento de 30 a 90 dias de idade. Foram avaliadas as seguintes variáveis: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, peso final, rendimento de carcaça, e cortes nobres (coxa, sobrecoxa e peito) e a biometria do aparelho digestório (moela, fígado, pâncreas, intestino delgado, intestino grosso). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), presença ou ausência do complexo enzimático e uma dieta controle, totalizando cinco tratamentos, com cinco repetições e dez aves por unidade experimental. A inclusão de 10 e 20% do bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático influenciaram ($p < 0,05$) o consumo de ração e o peso relativo do pâncreas, não havendo efeito ($p > 0,05$) sobre o ganho de peso, peso final, conversão alimentar, rendimentos de carcaça e cortes nobres, e os pesos relativos da moela, coração, fígado, intestino delgado e intestino grosso. Recomenda-se o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas para frangos de crescimento lento de 30 a 90 dias de idade.

Palavras-chave: Aditivo zootécnico digestivo. Aves alternativas. Enzimas fúngicas. Nutrição animal. Polissacarídeos não amiláceos

1 INTRODUÇÃO

Os coprodutos agroindustriais são alternativas viáveis para substituir parcialmente os alimentos energéticos e proteicos da dieta, visando diminuir o custo com a nutrição e o poder poluente dos mesmos (Leiber et al., 2017; Neumann, Velten e Liebert, 2018).

O bagaço de mandioca (BM) é o resíduo da extração da fécula de mandioca e possui baixo valor comercial (Fiorda, Junior, Silva, Souto e Rossmann, 2013), podendo ser encontrado em todas as regiões do país, sendo o Pará o estado que abriga a maior produção na região norte (CONAB, 2017), e possui alto conteúdo de fibra em detergente neutro (21%), 88% de matéria seca, 1,26% de proteína bruta, 3479 kcal de energia bruta e 2465 kcal de energia metabolizável (Oliveira, 2012).

Oliveira (2012) avaliou a inclusão de bagaço de mandioca na dieta de frangos de crescimento lento e recomendou 10,39% na fase inicial e 30% na fase final. No entanto, Holanda, Holanda, Vigoderes, Dutra Junior e Albino (2015) ao testarem a inclusão de farelo integral de mandioca, na alimentação de frangos da linhagem Label Rouge®, recomendaram inclusão de até 48% na dieta. Porém, ambos os autores relataram limitação de uso dos coprodutos da mandioca, devido aos altos teores de fibra e a interferência sobre a digestibilidade dos nutrientes.

As fibras possuem a capacidade de aumentar o arraste dos nutrientes ingeridos, como minerais, e diminuir a digestibilidade de proteínas, lipídeos e carboidratos solúveis, afetando a absorção, diluindo a energia metabolizável e causando prejuízo no desempenho zootécnico das aves (Brito et al., 2008). Neste sentido, o grande desafio na formulação de dietas de aves é maximizar a utilização de ingredientes de menor digestibilidade sem afetar o custo mínimo da dieta. Uma das formas de alcançar este efeito tem sido o uso de aditivo zootécnicos digestivos nas dietas.

As enzimas são eficientes catalisadores biológicos e seu emprego possibilita melhorar a digestibilidade dos nutrientes, podem ser obtidas por meio dos animais, vegetais e microrganismos, como fungos, bactérias e leveduras (Gerhardt, 2013). A maioria é adquirida por meio dos processos fermentativos e as recomendadas para o uso na nutrição animal são as enzimas hidrolases, como fosfatases, glicosidases e proteases (Dourado, Barbosa e Sakomura, 2014).

O emprego de enzimas exógenas, conforme Zhang, Xu, Lei, Jiang, Gao e Zhou, 2014, melhora o aproveitamento da proteína, amido, polissacarídeos não amiláceos

em dietas à base de trigo para frangos de corte. Os autores relataram ainda, que o ganho de peso e a conversão alimentar melhoram com uso dos complexos (Barbosa, Sakomura, Bonato, Hauschild e Oviedo-rondon, 2012; Nunes et al., 2015), com aumento no rendimento de peito e asas (Dalólio et al., 2016), comprimento das vilosidades, profundidade de cripta e menor custo da alimentação por kg de frango produzido (Zou, Zheng, Zhang, Ding e Bai, 2013).

Nesse contexto e ponderando a importância nutricional da utilização de alimentos alternativos e enzimas exógenas nas dietas, objetivou-se avaliar a inclusão do bagaço de mandioca e complexo enzimático fúngico (amilase e xilanase) em dietas de frangos de crescimento lento de 30 a 90 dias de idade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, localizado em Araguaína – TO, no período de 02 de agosto a 01 de outubro de 2017, e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Tocantins (CEUA-UFT), com protocolo nº 23101.001081/2015-41.

Foram adquiridos no mercado local, 250 pintos mistos de crescimento lento (Pesçoço Pelado Vermelho), devidamente vacinados e criados até 30 dias de idade em galpão convencional, recebendo ração inicial, a base de milho e farelo de soja com suplementação de minerais e vitaminas, conforme a exigência nutricional da linhagem Isa Label de um a 30 dias, de acordo com as recomendações de Pinheiro et al. (2014).

A partir do 30º dia, as aves com peso médio de $682,4 \pm 72,1$ g foram distribuídas nos piquetes experimentais (5,00m x 5,00m), cercados com tela e dotados de área de sombra (2,00m x 1,15m), contendo comedouros tubular e bebedouros artesanais do tipo nipple. Cada piquete experimental possuía área de 25 m², considerando a recomendação de 0,5 m²/ave (ABNT, 2015).

As condições ambientais durante o período experimental foram monitoradas e registradas diariamente na Estação Meteorológica de Araguaína na Universidade Federal do Tocantins, localizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, possibilitando os cálculos das temperaturas média, máxima, mínima e da umidade relativa do ar no período experimental.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), e presença ou ausência do complexo enzimático (xilanase e amilase) e uma dieta controle, totalizando cinco tratamentos, com cinco repetições e dez aves por unidade experimental.

As dietas experimentais foram calculadas considerando-se a composição química do bagaço de mandioca (Tabela 1) e as exigências nutricionais de acordo com as recomendações de Pinheiro et al. (2014) para frangos de crescimento lento, linhagem Isa Label, nas fases de 30 a 60 dias (Tabela 1.2) e de 60 a 90 dias de idade (Tabela 1.3).

Tabela 1. Composição do bagaço de mandioca (BM) utilizado na formulação das dietas experimentais¹

Nutrientes e energia	Bagaço de Mandioca ²
Energia Metabolizável (kcal/kg) ³	2508
Matéria seca (%) ³	88,46
Proteína bruta (%) ³	1,26
Extrato etéreo (%) ³	3,86
Materia mineral (%) ³	1,06
Fibra em detergente neutro (%) ⁴	21,01
Fibra em detergente ácido (%) ⁴	6,46
Hemicelulose (%) ⁴	14,55

¹Valores expressos com base na matéria seca.

²Bagaço proveniente do processamento da mandioca, comercializada no povoado Floresta no município de Araguaína-TO.

³Oliveira (2012); ⁴Laboratório de Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins.

A produção das enzimas foi realizada em meio SR líquido (Rizzatti et al., 2001) com farelo de trigo 1% para produção da xilanase (3,01 U/mL) e amido 1% como fonte de carbono para produção da amilase (2,29 U/mL) sob agitação (120 rpm) durante 120 horas a 30°C. Posteriormente, o meio foi filtrado usando bomba à vácuo e papel filtro e, o sobrenadante foi liofilizado e adicionado na dosagem de 100g/ton de ração (50g/ton de xilanase e 50g/ton de amilase).

A xilanase e a amilase foram produzidas pelos fungos *Aspergillus japonicus* e *Neurospora crassa*, respectivamente, sendo os fungos mantidos na micoteca de Campo Grande/MS. A produção do complexo enzimático foi realizada pelo no laboratório de bioquímica geral e de microbiologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Tabela 1.2 Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 30 a 60 dias de idade

Ingredientes	Tratamentos				
	Dieta controle	10% de bagaço de mandioca		20% de bagaço de mandioca	
		Sem CE	Com CE	Sem CE	Com CE
		Complexo enzimático fúngico (xilanase + amilase)			
Milho	62,300	52,550	52,550	37,900	37,900
Farelo de soja	31,815	33,536	33,536	36,000	36,000
Bagaço de Mandioca	0,000	10,000	10,000	20,000	20,000
Oléo	0,220	0,699	0,699	2,870	2,870
Inerte	2,440	0,100	0,100	0,100	0,100
Fosfato bicalcico	1,200	1,200	1,200	1,222	1,222
Calcario	1,026	0,967	0,967	0,891	0,891
Sal Comum	0,439	0,438	0,438	0,430	0,430
DL-Metionina	0,155	0,167	0,167	0,187	0,187
Premix-APP ^a	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Lisina HCL	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
EM (kcal/kg)	2850	2850	2850	2850	2850
Proteína bruta (%)	19,390	19,390	19,390	19,390	19,390
Cálcio (%)	0,812	0,812	0,812	0,812	0,812
Fosforo disponível (%)	0,332	0,328	0,328	0,325	0,325
Potássio (%)	0,763	0,766	0,766	0,769	0,769
Sódio (%)	0,199	0,199	0,199	0,195	0,195
Cloro (%)	0,308	0,308	0,308	0,303	0,303
Lisina digestível (%)	0,939	0,955	0,955	0,988	0,988
Metionina digestível (%)	0,439	0,446	0,446	0,458	0,458
Treonina digestível (%)	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Metionina + cistina digestível (%)	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711
FDN (%)	11,730	12,924	12,924	13,646	13,646
FDA (%)	4,802	5,243	5,243	5,571	5,571
Balanço eletrolítico (mEq/kg) ^b	194,45	195,12	195,12	195,84	195,84

^aComposição/tonelada: Ácido Fólico 120,00 mg, Cobalto 179,00 mg, Cobre 2.688,00 mg, Colina 108,00 g, Ferro 11,00 g, Iodo 537,00 mg, Manganês 31,00 g, Matéria mineral 350,00 g, Niacina 6.000,00 mg, Pantotenato de Cálcio 1.920,00 mg, Selênio 54,00 mg, Umidade 80,00 g, Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina B1 300,00 mg, Vitamina B12 2.800,00 mg, Vitamina B2 960,00 mg, Vitamina B6 450,00 mg, Vitamina D3 300.000,00 UI, Vitamina E 3.000,00 UI, Vitamina H 20,00 mg, Vitamina K 400,00 mg, Zinco 22,00 g.

^bCalculado segundo Mongin (1981): Balanço eletrolítico = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453).

Tabela 1.3 Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 60 a 90 dias de idade

Ingredientes	Tratamentos					
	Dieta controle	10% de bagaço de mandioca		20% de bagaço de mandioca		
		Complexo enzimático fúngico (xilanase + amilase)				
		Sem CE	Com CE	Sem CE	Com CE	
Milho	75,209	60,518	60,518	45,830	45,830	
Farelo de soja	21,651	24,215	24,215	26,779	26,779	
Bagaço de Mandioca	0,000	10,000	10,000	20,000	20,000	
Oléo	0,640	2,838	2,838	5,037	5,037	
Fosfato bicalcico	0,750	0,787	0,787	0,824	0,824	
Calcario	0,839	0,753	0,753	0,667	0,667	
Sal Comum	0,229	0,231	0,231	0,233	0,233	
DL-Metionina	0,165	0,185	0,185	0,204	0,204	
Premix-APP ^a	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	
L-Lisina HCL	0,117	0,072	0,072	0,027	0,027	
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	
EM (kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100	
Proteína bruta (%)	15,926	15,896	15,896	15,866	15,866	
Cálcio (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	
Fosforo disponível (%)	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	
Potássio (%)	0,614	0,619	0,619	0,623	0,623	
Sódio (%)	0,149	0,149	0,149	0,150	0,150	
Lisina digestível (%)	0,791	0,792	0,792	0,791	0,791	
Metionina digestível (%)	0,408	0,420	0,420	0,431	0,431	
Treonina digestível (%)	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	
Metionina + cistina digestível (%)	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649	
FDN (%)	11,958	12,660	12,660	13,362	13,362	
FDA (%)	4,289	4,646	4,646	5,002	5,002	
Balanço eletrolítico (mEq/kg) ^b	155,870	156,950	156,950	158,050	158,050	

^aComposição/tonelada: Ácido Fólico 120,00 mg, Cobalto 179,00 mg, Cobre 2.688,00 mg, Colina 108,00 g, Ferro 11,00 g, Iodo 537,00 mg, Manganês 31,00 g, Matéria mineral 350,00 g, Niacina 6.000,00 mg, Pantotenato de Cálcio 1.920,00 mg, Selênio 54,00 mg, Umidade 80,00 g, Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina B1 300,00 mg, Vitamina B12 2.800,00 mg, Vitamina B2 960,00 mg, Vitamina B6 450,00 mg, Vitamina D3 300.000,00 UI, Vitamina E 3.000,00 UI, Vitamina H 20,00 mg, Vitamina K 400,00 mg, Zinco 22,00 g.

^bCalculado segundo Mongin (1981): Balanço eletrolítico = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453).

As variáveis avaliadas foram consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso final (PF), rendimento de carcaça (RC), rendimento de cortes nobres (coxa, sobrecoxa e peito), biometria dos órgãos (moela, coração, fígado e pâncreas), peso e/ou comprimento do intestino delgado e intestino grosso.

Aos 60 e 90º dia, as aves e as rações foram pesadas para determinação do desempenho zootécnico. O consumo de ração foi calculado pela diferença de peso no início e no final do experimento, o ganho de peso foi mensurado pela diferença entre o peso inicial das aves e no final do experimento. A conversão alimentar foi calculada pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso das aves, durante o período experimental.

Aos 90 dias de idade, duas aves de cada parcela, com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 5\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas e abatidas por deslocamento cervical. Em seguida, foram submetidas aos procedimentos de sangria, escalda, depena e evisceração, para avaliação dos pesos relativos (%) das carcaças inteiras (com pés, pescoço e cabeça) e dos cortes nobres (coxa, sobrecoxa e peito). O peso relativo da carcaça depenada e eviscerada foi calculado em relação ao peso em jejum.

As vísceras comestíveis (moela, coração e fígado), pâncreas, intestino delgado e intestino grosso foram coletados durante a evisceração, limpos, secos em papel toalha e pesados separadamente em balança de precisão. Da moela, foi removida toda a gordura aderida, seu conteúdo e a membrana coilínea. Além do peso, foram medidos o comprimento do intestino delgado do início do duodeno até a junção ileocecal e o comprimento do intestino grosso da junção ileocecal até o reto. Os pesos relativos dos cortes, das vísceras comestíveis, do pâncreas, intestino delgado e grosso foram obtidos em relação à carcaça depenada e eviscerada.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de erro (*Cramer Von Mises*) e homocedasticidade de variância (*Levene*). Satisfeitas essas pressuposições, as variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas por contrastes ortogonais.

Os contrastes foram: C1, dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2, dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3, 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4, 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS 9.0 por meio do procedimento GLM (General Linear Models) (Statistical Analysis System, 2002), considerando nível de significância igual ou inferior a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média, máxima e mínima do ar durante o período experimental foram de 27,1°C, 35,8°C e 20,1°C, respectivamente, sendo a umidade relativa média do ar de 57,6%.

Na fase de crescimento, observou-se que os níveis de bagaço de mandioca independentemente do complexo enzimático quando comparado a dieta controle influenciaram ($P < 0,05$) o consumo de ração (CR), contraste C1 e C2 (Tabela 2). Os níveis de 10% e 20% de BM com e sem complexo apresentaram redução de 9,89% e 7,82% no consumo das aves, respectivamente. Na fase final, o consumo de ração ($P = 0,103$), o ganho de peso ($P = 0,570$), a conversão alimentar ($P = 0,096$) e o peso final ($P = 0,375$) não apresentaram efeito significativo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa et al. (2014), em que a inclusão de 20% de BM nas dietas reduziu em 7,38% o CR de frangos de corte da linhagem Cobb 500®, divergindo dos observados por Holanda et al. (2015), que relataram efeito linear crescente no CR, a cada 1% de inclusão do farelo integral de mandioca para frangos caipiras de 29 a 56 dias ($\hat{Y}_4 = 3.021,52 + 25,74X$, $r^2 = 0,99$) e 57 a 84 dias ($\hat{Y}_5 = 3383,47 + 7,81X$, $r^2 = 0,91$), na devida ordem. Para Oliveira (2012), não houve diferença no CR para frangos de crescimento lento de 29 a 56 dias e 57 a 84 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão do BM (0, 10, 20 e 30%).

A divergência com os resultados de Holanda et al. (2015) para o CR das aves de crescimento lento, provavelmente foi devido ao teor de FDN do farelo integral da mandioca (6,89%), que ao ser incluído nas dietas em níveis crescentes (0%, 12%, 24%, 36% e 48%), contribuiu para a diminuição dos valores de FDN das dietas experimentais (crescimento e terminação), variando de 15,26% a 9,85%. O que difere do presente trabalho, pois com o acréscimo de BM nas dietas aumentaram os teores de FDN de 11 a 13,64%.

A diminuição do consumo de ração ocorreu, possivelmente, devido ao aumento no teor de fibra das dietas, com a inclusão de 10 e 20% do BM, atingindo 12,92% e 13,64% de fibra em detergente neutro e 5,24% e 5,57% de fibra em detergente ácido, respectivamente (Tabela 1.2 e 1.3), proporcionando maior saciedade volumétrica as aves, reduzindo a capacidade ingestiva e a disponibilidade de substrato para atividade enzimática (Yegani e korver, 2013). Diante disso, esperava-se que o uso do complexo

enzimático pudesse melhorar esses resultados (Horvatovic, Glamocic, Zikic e Hadnadjev, 2015; Nunes et al., 2015), entretanto, esse comportamento não foi observado.

Tabela 2. Valores médios de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e peso final, aos 60 (P60d) e 90 dias (P90d), de frangos de crescimento lento alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)

Período de 30 a 60 dias				
Tratamentos	Variáveis			
	CR (g)	GP (g)	CA	P60d (g)
Controle	3182,38	1159,60	2,75	1846,20
10% de BM+ CE	2920,37	1062,38	2,75	1752,78
10% de BM	2966,06	1112,60	2,67	1882,73
20% de BM+ CE	2814,48	1128,90	2,50	1901,47
20% de BM	2900,82	1130,30	2,57	1865,32
P value	0,003	0,187	0,011	0,359
CV† (%)	4,28	5,08	4,39	6,51
Contrastes ortogonais‡		Valores de P		
C1 - Controle vs CE*	0,000	0,060	0,068	0,775
C2 - Controle vs sem CE*	0,002	0,236	0,062	0,678
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,574	0,204	0,372	0,103
C4 - 20% vs 20% de BM +CE	0,293	0,969	0,351	0,640
Período de 30 a 90 dias				
Tratamentos	Variáveis			
	CR (g)	GP (g)	CA	P90d (g)
Controle	7714,58	2288,60	3,37	2975,20
10% de BM+ CE	7201,58	2139,25	3,37	2818,63
10% de BM	7449,66	2254,70	3,31	3077,03
20% de BM+ CE	7074,50	2248,72	3,15	3087,80
20% de BM	7147,64	2212,40	3,23	2968,50
P value	0,103	0,570	0,096	0,375
CV† (%)	5,33	6,150	4,24	7,16
Contrastes ortogonais‡		Valores de P		
C1 - Controle vs CE	0,016	0,233	0,171	0,856
C2 - Controle vs sem CE	0,067	0,473	0,201	0,690
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,355	0,225	0,525	0,088
C4 - 20% vs 20% de BM +CE	0,770	0,681	0,375	0,390

†CV = coeficiente de variação.

‡Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

Outra possível causa para a redução no CR, pode estar relacionado ao aumento no nível de óleo das dietas com inclusão do BM, que apesar de aumentar a digestibilidade, conforme Furlan; Macari (2008) e Mc Laughlin et al. (1998) a presença de lipídios no duodeno estimula a secreção do hormônio intestinal colescitoquinina (CCK) que inibe o peristaltismo gástrico, diminuindo assim a ingestão de ração pela diminuição na taxa de passagem.

No contraste C3 e C4, quando se compara os níveis de inclusão de 10% e 20% de BM com e sem complexo enzimático, em ambos os períodos estudados, não houve diferença significativa ($P>0,05$) para as variáveis avaliadas.

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Sousa et al. (2014), que não verificaram efeito do uso do BM com complexo enzimático sobre o GP e CA de frango de corte de 22 a 40 dias de idade. O CE empregado pelos autores foi produzido a partir do fungo *Aspergillus niger*, composto pelas enzimas fitase, protease, xilanase, glucanase celulase, amilase e pectinase e utilizado na dosagem de 200 g/ton de ração, sendo este superior em 100g/ton a dosagem utilizada no presente experimento.

Al-Marzooqi et al. (2015), que ao substituírem o milho pela algaroba (5, 10 e 15%) com suplementação enzimática, Hostazym®, na dosagem de 0,1%, para frangos de corte da 3ª a 4ª semana de vida não encontraram diferenças significativas nas variáveis de desempenho. Igualmente, Amerah, Romero, Awati e Ravindran (2017) ao avaliarem o uso de 100 g/ton do CE Axtra® XB contendo 1220 U/kg xilanase e 152 U/kg de β -glucanase, concentração de atividade enzimática superior a utilizada no presente experimento, em dietas à base de milho e farelo de soja, não observaram efeito sobre o desempenho de frangos de corte na fase de crescimento e final de produção.

A ausência de efeito no ganho de peso, conversão alimentar e peso final das aves pode estar relacionado ao fato do trato gastrointestinal encontrar-se completamente desenvolvido nessa fase, com capacidade de digestão e absorção, suprimento enzimático, transportadores de membranas e outras secreções digestivas do pâncreas, fígado e do intestino delgado, não aproveitando de forma significativa os efeitos do uso das enzimas exógenas (Olukosi, Cowieson e Adeola, 2007).

Observou-se que a inclusão de BM com e sem complexo enzimático nas dietas não afetou ($p>0,05$) os valores dos rendimentos de carcaça (RC), peito (RP), coxa

(RCX) e sobrecoxa (RSCX) de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade (Tabela 3).

Tabela 3. Médias dos rendimentos de carcaça (RC), peito (RP), coxa (RCX) e sobrecoxa (RSCX) de frangos de crescimento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)

Tratamentos	Variáveis			
	RC (%)	RP (%)	RCX (%)	RSCX (%)
Controle	83,33	24,77	13,24	15,53
10% de BM+ CE	82,68	24,75	13,08	14,81
10% de BM	84,67	24,77	13,85	15,38
20% de BM+ CE	84,41	25,05	13,24	15,66
20% de BM	84,63	24,26	13,66	15,36
P value	0,628	0,967	0,478	0,376
CV† (%)	2,92	6,96	5,39	4,5
Contrastes ortogonais‡	Valores de P			
C1 - Controle vs CE	0,874	0,891	0,850	0,439
C2 - Controle vs sem CE	0,338	0,789	0,218	0,677
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,216	0,988	0,130	0,231
C4 - 20% vs 20% de BM +CE	0,881	0,477	0,376	0,497

†CV = coeficiente de variação.

‡Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

Alagawany, Attia, Ibrahim, Mahmoud e El-sayed (2017), Horvatovic et al. (2015) e Amerah, Belt e Klis (2015), similarmente, não encontraram efeito significativo sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com farinha de girassol e o uso de complexo enzimático contendo xilanase, protease e amilase. Broch et al. (2017), não verificaram influência do CE, xilanase, amilase e glucanase, em dietas com inclusão do resíduo seco de feccularia sobre o rendimento de carcaça e cortes em frangos de 1 a 42 dias de idade.

Holanda et al. (2015) avaliaram níveis crescentes de inclusão de farelo integral de mandioca (12, 24, 36 e 48%) na alimentação de frangos da linhagem Label Rouge e não verificaram efeito sobre o rendimento de carcaça e cortes aos 84 dias de idade das aves. Souza et al. (2011), igualmente, não verificaram diferenças significativas sobre o rendimento de carcaça e cortes de aves caipiras, ao analisarem diferentes

níveis (0, 20, 40 e 60%) do farelo de raiz integral de mandioca. Porém, Oliveira (2012) encontrou os melhores resultados de rendimento de carcaça ao nível 17,25% de bagaço de mandioca.

O nível de 20% de inclusão do BM com CE quando comparado ao sem complexo enzimático, no contraste C4, afetou ($p < 0,05$) o peso do pâncreas, com menor valor para as aves alimentadas com uso do aditivo, não havendo efeito sobre o peso relativo do coração (COR), fígado (FG), moela (MO), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), comprimento do intestino delgado (CID) e comprimento do intestino grosso (CIG) de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade (Tabela 4).

Tabela 4. Peso relativo do coração (COR), fígado (FG), moela (MO), pâncreas (PC), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), comprimento do intestino delgado (CID) e comprimento do intestino grosso (CIG) de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)

Tratamentos	Variáveis							
	COR (%)	FG (%)	MO (%)	PC (%)	ID (%)	IG (%)	CID (cm)	CIG (cm)
Controle	0,47	1,78	1,84	0,19	1,98	0,78	159,3	25,10
10% de BM+ CE	0,46	1,82	1,98	0,20	2,29	0,84	161,9	25,20
10% de BM	0,48	1,73	1,95	0,19	2,07	0,75	157,3	25,75
20% de BM+ CE	0,48	1,67	1,53	0,17	2,04	0,80	162,2	24,60
20% de BM	0,46	1,63	1,75	0,21	2,18	0,90	162,8	27,20
P value	0,982	0,762	0,030	0,05	0,241	0,682	0,743	0,676
CV [†] (%)	15,62	14,35	12,17	9,74	10,72	21,27	4,62	11,41
Contrastes ortogonais [‡]	Valores de P							
C1 - Controle vs BM + CE	0,957	0,829	0,494	0,525	0,155	0,629	0,507	0,901
C2 - Controle vs BM sem CE	0,924	0,482	0,912	0,385	0,254	0,610	0,855	0,399
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,773	0,569	0,840	0,453	0,141	0,409	0,339	0,768
C4 - 20% vs 20% de BM +CE*	0,586	0,782	0,124	0,004	0,325	0,384	0,899	0,174

[†]CV = coeficiente de variação.

[‡]Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

*Contraste significativo.

Os resultados são condizentes com os relatados por Gracia, Aranibar, Lázaro, Medel e Mateos (2003), onde o peso do pâncreas foi reduzido à medida que se

suplementou a dieta com alfa-amilase para frangos de corte aos 42 dias de idade. Wang, Qiao, Lu e Li (2005), semelhantemente, encontraram redução linear no peso do pâncreas de frangos de corte, aos 21 e 42 dias, alimentados com dietas à base de trigo e diferentes níveis (0, 200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg) de complexo enzimático, com xilanase, β -glucanase, celulase e pectinase.

O pâncreas é a principal fonte de enzimas no ambiente luminal intestinal. A presença de materiais fibrosos no intestino pode estimular o aumento da produção enzimática, porém, quando enzimas exógenas, amilase e xilanase, são fornecidas via alimentação, estas incrementam a digestão do amido e dos PNAs e possibilitam a ocorrência de *feedback* negativo para a síntese e atuação das enzimas endógenas (ZOU et al., 2013), com conseqüente redução do pâncreas.

Yuan, Wang, Zhang e Wang (2017) ao avaliarem o uso do complexo enzimático, xilanase, glucanase e celulase, combinado com 160 mg/kg protease, verificaram diminuição significativa da atividade da tripsina pancreática. Os autores afirmam que a suplementação com enzimas digestivas exógenas pode diminuir a atividade das enzimas digestivas pancreáticas em frangos de corte, o que pode ter ocorrido no presente experimento, refletindo em menor peso relativo do pâncreas.

Não há alteração significativa nos valores dos pesos relativos das vísceras e comprimento do intestino delgado e grosso de frangos de crescimento lento que consumiram a dieta controle (T1) em relação aos animais que consumiram as dietas com bagaço de mandioca sem CE (T3 e T5), no contraste C2.

Oliveira (2012) ao avaliar níveis crescentes (0, 10, 20 e 30%) do bagaço de mandioca para frangos de crescimento lento de 57 a 84 dias, não observou diferença para o tamanho do intestino delgado, pesos relativos da moela, coração e fígado, exceto, para o peso relativo do intestino delgado, que aumentou com a inclusão do bagaço de mandioca, possivelmente devido ao elevado teor de fibras nas dietas, divergindo do resultado encontrado no presente trabalho.

Alimentos alternativos podem variar os teores de nutrientes e a composição, influenciando a qualidade nutricional, em virtude da falta de padronização para obtenção dos produtos, além do tipo e tempo de processamento, condições inadequadas de armazenamento, qualidade do solo, adubação e pluviosidade e técnicas de manejo, o que demonstra a importância das prévias análises bromatológicas para a realização das pesquisas (Roudi, Golian e Sedghi, 2012; Troni, Gomes, Mello, Albino e Rocha, 2016).

Os ensaios enzimáticos com xilanase e amilase foram padronizados no laboratório de bioquímica, *in vitro*, simulando as condições ótimas para o uso na dieta de aves. Assim, estudos posteriores *in vivo* foram realizados, não sendo verificado melhorias sobre as variáveis avaliadas em frangos de crescimento lento de 30 a 90 dias de idade e efeitos divergentes foram relatados na literatura (Horvatovic et al., 2015; Nunes et al., 2015).

É notório que o uso de complexo enzimático pode promover respostas variadas e este fato pode ocorrer devido a vários fatores, como a cinética enzimática, afinidade das enzimas pelos substratos, especificidades enzimáticas, resistências às condições no trato intestinal das aves: taxa de passagem, temperatura corporal, pH, comprimento do trato gastrointestinal, concentração do produto em razão da hidrólise da enzima, concentração das enzimas endógena, interações fisiológicas em resposta às alterações de temperatura ambiental, entre outros fatores (Dourado, Barbosa e Sakomura, 2014).

Pesquisas são necessárias para auxiliar na compreensão de questões essenciais, particularmente, aquelas relativas ao modo de ação das enzimas, a melhor forma de combinar os níveis de enzima e substrato e como as enzimas contestam a ambientes variáveis no intestino do animal, auxiliando a superar fatores que são empecilhos a obtenção de máxima eficácia e melhoria da qualidade enzimática na produção animal.

4 CONCLUSÃO

Recomenda-se, o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas para frangos de crescimento lento de 30 a 90 dias de idade.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto, a Universidade Federal do Tocantins-UFT, pelo apoio e disponibilidade das instalações e a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) pela parceria, desenvolvimento e fornecimento do complexo enzimático fúngico para realização dos experimentos.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16389:2015 Avicultura – Produção, abate, processamento e identificação do frango caipira, colonial ou capoeira. Exemplar para uso exclusivo – Kênia Ferreira Rodrigues – 694.963.666-00. 2015.
- Alagawany, M., Attia, Al., Ibrahim, Z.A., Mahmoud, R.A e El-Sayed, A.S (2017). The effectiveness of dietary sunflower meal and exogenous enzyme on growth, digestive enzymes, carcass traits, and blood chemistry of broilers. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(13), 12319-12327. <http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11356-017-8934-4>.
- Al-Marzooqi, W., Al-Kharousi, K., Kadim, I.T., Mahgoub, O., Zekri, S., Al-Maqbaly, R., Al-Busaidi, M (2015). Effects of Feeding Prosopis juliflora Pods with and Without Exogenous Enzyme on Performance, Meat Quality and Health of Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, 14(2), 76-88. <http://dx.doi.org/doi:10.3923/ijps.2015.76.88>.
- Amerah, A.M., Belt, K.Vde., Klis, J.D.V.D (2015). Effect of different levels of rapeseed meal and sunflower meal and enzyme combination on the performance, digesta viscosity and carcass traits of broiler chickens fed wheat-based diets. *Animal*, 9(7), 1131-1137. <http://dx.doi.org/doi:10.1017/S1751731115000142>.
- Amerah, A.M., Romero, L. F., Awati, A., Ravindran, V (2017). Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets. *Poultry Science*, 96(4), 807-816. <http://dx.doi.org/doi:10.3382/ps/pew297>.
- Barbosa, N.A.A., Sakomura, N. K., Bonato, M. A., Hauschild, L., Oviedo-Rondon, E. (2012) Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. *Ciência Rural*, 42(8), 1497-1502. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800027>.
- Brito, M. S. de; Oliveira, C. F. S. de., Silva, T. R. G. da., Lima, R. B. de., Moraes, S. N., Silva, J.H.V. da (2008). Polissacarídeos não amiláceos na nutrição monogástricos – Revisão. *Acta Veterinaria Brasílica*, 2(4), 111-117. <http://dx.doi.org/10.21708/avb.2008.2.4.917>.
- Broch, B. J., Nunes, R. V., Oliveira, V. de., Silva, I. M. da., Souza, C. de., Wachholz, L (2017). Dry residue of cassava as a supplementation in broiler feed with or without addition of carbohydrases. *Semina Agrárias*, 38(4), 2641-2658. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2641>.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Mandioca. Disponível em: file:///C:/Users/Carla%20Fonseca/Downloads/Mandioca_-_Análise_Mensal_-_junho-2017.pdf. Acesso em: 01 de julho de 2018.
- Dalólio, F.S., Moreira, J., Vaz, D.P., Albino, L.F.T., Valadares, L.R., Pires, A.V., Pinheiro, S.R.F (2016). Exogenous enzymes in diets for broilers. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(2), 149-161.
- Dourado, L. R. B., Barbosa, N. A. A., Sakomura, N. K (2014). Enzimas na Nutrição de Monogástrico. In: Sakomura, N.K., Silva, J. H. V. da., Costa, F.G. P., Fernandes, J. B. K., Hauschild, L (org). *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal: Funep.
- Fiorda, F. A., Junior, M. S. S., Silva, F. A. da S., Souto, L. R. F., Rossmann, M. V. E (2013). Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e

- comparação com fécula de mandioca. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43(4), 408-416.
- Furlan, R. L., Macari, M. Motilidade gastrointestinal (2002). In: Macari, M., Furlan, R. L.; Gonzales, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte* (2ª ed.). Jaboticabal: Funep.
- Gracia, M. I., Aranibar, M. J., Lázaro, R., Medel, P., Mateos, G. G (2003). α -Amilase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Science*, 82(3), 436-442. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/82.3.436>.
- Gerhardt, G. *Utilização de carboidratos em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte*. 2013. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em medicina veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.
- Gonzales, E (2008). Ingestão de alimentos: mecanismos regulatórios. In: Macari, M., Furlan, R.L., Gonzales, L. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. Jaboticabal: Funep.
- Holanda, M.A.C. de., Holanda, M.C.R. de., Vigoderes, R.B., Dutra Junior, W.M., Albino, L.F.T (2015). Desempenho de frangos caipiras alimentados com farelo integral de mandioca. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16(1), 106-117. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402015000100012>.
- Horvatovic, M. P., Glamocic, D., Zikic, D., Hadnadjev, T. D (2015). Performance and some intestinal functions of broilers fed diets with different inclusion levels of sunflower meal and supplemented or not with enzymes. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 17. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x170125-30>.
- Leiber, F., Gelencsér, T., Stamer, A., Amsler, Z., Wohlfahrt, J., Früh, B., Maurer, V. (2017) Insect and legume-based protein sources to replace soybean cake in an organic broiler diet: Effects on growth performance and physical meat quality. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32, 21-27, 2017.
- Mc Laughlin, J.T., Lomax, R.B., Hall, L., Dockray, G.J., Thompson, D.G., Warhurst, G (1988). Fatty acids stimulate cholecystokinin secretion via an acyl chain length-specific, Ca²⁺-dependent mechanism in the enteroendocrine cell line STC-1. *The Journal of Physiology*. 513,11-18. doi:10.1111/j.1469-7793.1998.011by.x.
- Mongin, P (1981). Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. *Proceedings Nutrition Society*, 40 (3), 285-294.
- Neumann, C., Velten, S., Liebert, F (2018). Improving the Dietary Protein Quality by Amino Acid Fortification with a High Inclusion Level of Micro Algae (*Spirulina latensis*) or Insect Meal (*Hermetia illucens*) in Meat Type Chicken Diets. *Journal of Animal Sciences*, 8, 12-26.
- Nunes, J.O., Abreul, R.D., Brito, J.A.G., Silva, R.F., Oliveira, L.S., Jesus, N.A (2015). Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 17. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635>.
- Oliveira, I. M. M. de. *Caracterização nutricional do bagaço de mandioca e sua utilização na alimentação de frangos de crescimento lento*. 2012. 73f. Dissertação (Mestre em Produção Animal) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, 2012.
- Olukosi, O. A., Cowieson, A. J., Adeola, O (2007). Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase and protease or phytase individually or in combination in broilers. *Poultry Science*, 86,77-86. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/86.1.77>.
- Pelizer, L. H., Pontieri, M. H., Moraes, I. de O (2007). Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *Journal of Technology Management e Innovation*, 2(2).

- Pinheiro, S.A., Dourado, L. R. B., Silva, E. P. da., Sakomura, N. K (2014). Nutrição de Aves Caipiras Criadas em Sistema Semiconfinado. In: Sakomura, N.K., Silva, J. H. V. da., Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K., Hauschild, L (org). *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal: Funep.
- Rizzatti, A., Jorge, J.A., Terenzi, H. F., Rechia, C. G., Polizeli, M. L (2001). Purification and properties of a thermostable extracellular β -D-xylosidase produced by a thermotolerant *Aspergillus phoenicis*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 26(3), 156-160.<http://dx.doi.org/10.1038/sj/jim/7000107>.
- Roudi, P. S., Golian, A., Sedghi, M (2012). Metabolizable energy and digestible amino acid prediction of wheat using mathematical models. *Poultry Science*, 91. 2055-2062. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01912>.
- Sousa, J.P.L., Rodrigues, K. F., Albino, L. F. T., Vaz, R. G. M. V., Silva, G. F da., Siqueira, J.C., Santos Neta, E. R., Parente, I. P., Amorim, A.F., SILVA, M.C. da (2014). Bagaço de mandioca com ou sem complexo enzimático em dietas de frangos de corte. *Revista Archivos de Zootecnia*, 63(244), 657-664.<http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300038>.
- Souza, K. M. R., Carrijo, A. S., Kiefer, C., Fascina, V. B., Falco, A. L., Manvailer, G. V., Garcia, A. M. L (2011). Farelo da raiz integral de mandioca em dietas de frangos de corte tipo caipira. *Archivos de zootecnia*, 60(231), 490.<http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300038>.
- Statistical Analysis System - SAS. *SAS/INSIGHT User's guide*. versão 9.0-versão para Windows. Cary: SAS Institute, 2002. (CD-ROM).
- Troni, A. R., Gomes, P. C., Mello, H. H. C. de., Albino, L. F. T e Rocha, T. C. da (2016). Composição química e energética de alimentos para frangos de corte. *Revista Ciência Agrônômica*, 47(4). <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160090>.
- Wang, Z. R., Qiao, S.Y., Lu, W.Q., Li, D.F (2005). 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*, 84, 875–881. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/84.6.875>.
- Yegani, M., Korver, D. R (2013). Effects of corn source and exogenous enzymes on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 92(5), 1208-1220.<http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02390>.
- Yuan, L., Wang, M., Zhang, X., Wang, Z (2017). Effects of protease and non-starch polysaccharide enzyme on performance, digestive function, activity and gene expression of endogenous enzyme of broilers. *Plos One*, 12(3).<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0173941>.
- Zhang, L., Xu, J., Lei, L., Jiang, Y., Gao, F., Zhou, G.H (2014). Effects of Xylanase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Non-starch Polysaccharide Degradation in Different Sections of the Gastrointestinal Tract of Broilers Fed Wheat-based Diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(6), 855-861.<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0173941>.
- Zou, J., Zheng, P., Zhang, K., Ding, X., Bai, S (2013). Effects of exogenous enzymes and dietary energy on performance and digestive physiology of broilers. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4, 1-9. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-14>.

CAPÍTULO 4 - BIOMETRIA DOS ÓRGÃOS LINFOIDES E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CARNE DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO

CAPÍTULO 4 - BIOMETRIA DOS ÓRGÃOS LINFOIDES E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CARNE DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE MANDIOCA E COMPLEXO ENZIMÁTICO

RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho avaliar a biometria dos órgãos linfoides e composição físico-química da carne de frangos de crescimento lento alimentados com bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático fúngico. Foram utilizadas 250 aves, Pescoço Pelado Vermelho, com 90 dias de idade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), presença e ausência do complexo enzimático e dieta controle, totalizando cinco tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental. Foram avaliados a biometria dos órgãos linfoides (baço, bursa e timo), gordura abdominal, luminosidade (L^*), coloração (a^* e b^*), pH, força de cisalhamento (FC), perda de peso por cozimento (PPCO), análises químicas e deposição de proteína e gordura da carne do peito. A inclusão de 10 e 20% do bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático influenciaram ($p < 0,05$) o peso relativo do baço e o parâmetro de cor (b^*), não havendo efeito ($p > 0,05$) sobre o peso da bursa e do timo, parâmetro de cor (a^*), luminosidade (L^*), pH, força de cisalhamento (FC), perda de peso por cozimento (PPCO), análises químicas, deposição de proteína e gordura da carne. Recomenda-se o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas para frangos de crescimento lento.

Palavras-chave: Coprodutos da mandioca. Deposição de Proteína. Deposição de gordura. Gordura abdominal. Qualidade de carne.

CHAPTER 4 - BIOMETRY OF LYMPHOID ORGANS AND PHYSICAL-CHEMICAL COMPOSITION OF MEAT OF SLOW GROWTH CHICKENS FED WITH CASSAVA BAGASSE AND ENZYMATIC COMPLEXES

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the biometry of lymphoid organs and physicochemical composition of meat from slow-growing chickens fed cassava bagasse with and without fungal enzyme complex. A total of 250 birds were used, neck Red Nose, 90 days old. The experimental design was completely randomized (DIC) in a factorial scheme ($2 \times 2 + 1$), with two levels of cassava bagasse inclusion (10 and 20%), presence and absence of the enzymatic complex and control diet, totaling five treatments, five replicates and ten birds per experimental unit. The experimental design was completely randomized (DIC) in a factorial scheme with additional treatment $2 \times 2 + 1$, with two levels of cassava bagasse inclusion (10 and 20%), presence and absence of the enzymatic complex and control diet, totaling five treatments, five replicates and ten birds per experimental unit. Were evaluated the biometrics of the lymphoid organs (spleen, Bursa and thymus), abdominal fat, luminosity (L^*), coloration (a^* and b^*), pH, shear force (FC), weight loss per baking chemical analysis and deposition of protein and fat of the meat of the chest. The inclusion of 10 and 20% of cassava bagasse with and without enzymatic complex influenced ($p < 0.05$) the relative weight of the spleen and the color parameter (b^*), with no effect ($p > 0.05$) on the bursa and thymus weight, color parameter (a^*), luminosity (L^*), pH, shear force (FC), weight loss by cooking (PPCO), chemical analysis, protein deposition and meat fat. The use of up to 20% cassava bagasse is recommended, and the use of the fungal enzyme complex, xylanase and amylase, is not technically feasible in the diets for slow-growing chickens.

Keywords: Coproducts of manioc. Deposition of Protein. Deposition of fat. Abdominal fat. Quality of meat.

Introdução

A redução dos custos com a alimentação é uma preocupação constante no sistema avícola e o uso de alimentos alternativos associado à inclusão de enzimas exógenas são ferramentas importantes empregadas pelos nutricionistas e tem contribuído para tornar as rações mais eficientes, minimizando o efeito de fatores antinutricionais e a excreção no meio ambiente, com melhoria da produtividade das aves (ALAGAWANY et al., 2017; HORVATOVIC et al., 2015).

A principal razão para o uso de carboidrases é a quebra de ligações químicas de carboidratos complexos que as aves são incapazes de hidrolisar por si mesmas (ESMAEILPOUR et al., 2011; ZHANG et al., 2014). Alguns desses compostos estão presentes como parte da parede celular, protegendo substratos do contato com as enzimas digestivas, ou como parte do conteúdo celular, onde sua presença pode interferir na digestão e absorção dos nutrientes (ASMARE, 2014; CHOTINSKY, 2015).

As enzimas podem ser obtidas por meio dos animais, vegetais e microrganismos, como fungos, bactérias e leveduras (ADRIO; DEMAIN, 2014; SAHNI; GOEL, 2015), sendo a maioria adquirida por meio dos processos fermentativos, devido principalmente, as complexidades operacionais e econômicas de extração de tecido vegetal e animal, à sua viabilidade econômica, condições para aquisição, que podem ser controladas para atender o mercado, a diversidade de ser obtida por fontes microbianas, o alto rendimento, estabilidade e maior atividade catalítica (GURUNG et al., 2013).

As misturas de enzimas exógenas contendo várias combinações de amilase, xilanase, glucanase, celulase, mananase e pectinase foram avaliadas em dietas de frangos de corte de linhagem industrial que contêm níveis elevados de polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e verificaram melhoria na metabolizabilidade dos nutrientes e no desempenho das aves (ABDOLLAHI et al., 2016; BARBOSA et al., 2012; NUNES et al., 2015).

No entanto, há escassez de estudos sobre o efeito do uso de alimentos alternativos com associação de complexos enzimáticos na alimentação de frangos de crescimento lento sobre os órgãos linfoides e as características de carcaça.

Dessa forma, sabendo que a resposta imune das aves pode ser modulada pelas características da dieta, tornando a ave mais ou menos susceptível a doenças e que para o consumidor o que torna o produto caipira atrativo, além da própria forma

de criação são os parâmetros físicos e químicos da carne, com preferência para textura firme e pigmentação acentuada para o teor de vermelho e amarelo, objetivou-se no presente trabalho avaliar a biometria dos órgãos linfoides e composição físico-química da carne de frangos de crescimento lento alimentados com bagaço de mandioca com e sem complexo enzimático fúngico.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, localizado em Araguaína – TO, no período de 02 de agosto a 01 de outubro de 2017, aprovado e executado segundo as normas éticas estabelecidas pela Lei de Procedimentos para o Uso de Animais, como determinado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Tocantins (CEUA-UFT), protocolo nº 23101.001081/2015-41.

Foram adquiridos no mercado local, 250 pintos mistos de crescimento lento (Pescoço Pelado Vermelho), devidamente vacinados e criados até 30 dias de idade em galpão convencional, recebendo ração inicial, a base de milho e farelo de soja com suplementação de minerais e vitaminas, segundo as recomendações de Pinheiro et al. (2014).

A partir do 30º dia, as aves com peso médio de $682,4 \pm 72,1$ g foram distribuídas homoganeamente nos piquetes experimentais (5,00m x 5,00m), cercados com tela e dotados de pequenos abrigos construídos em madeira (2,00m x 1,15m), contendo um comedouro tubular e um bebedouro artesanal do tipo nipple. Cada piquete possuía área de 25 m², considerando a recomendação de 0,5 m²/ave (ABNT, 2015).

O abastecimento dos comedouros e a limpeza dos bebedouros eram realizados duas vezes por dia, às 08 e 16 horas, visando garantir o livre acesso à água e as rações durante todo o período experimental.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2 X 2 + 1), sendo dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (10 e 20%), presença e ausência do complexo enzimático e dieta controle, totalizando cinco tratamentos, cinco repetições e dez aves por unidade experimental.

As dietas experimentais foram calculadas considerando-se a composição química do bagaço de mandioca (Tabela 1) e as exigências nutricionais de acordo

com as recomendações de Pinheiro et al. (2014) para frangos de crescimento lento, linhagem Isa Label, nas fases de 30 a 60 dias (Tabela 1.1) e de 60 a 90 dias de idade (Tabela 1.2).

Tabela 1. Composição do bagaço de mandioca (BM) utilizado na formulação das dietas experimentais¹

Nutrientes e energia	Bagaço de Mandioca ²
Energia Metabolizável (kcal/kg) ³	2508
Matéria seca (%) ³	88,46
Proteína bruta (%) ³	1,26
Extrato etéreo (%) ³	3,86
Materia mineral (%) ³	1,06
FDN (%) ⁴	21,01
FDA (%) ⁴	6,46
Hemicelulose (%) ⁴	14,55

¹Valores expressos com base na matéria seca.

²Bagaço proveniente do processamento da mandioca, comercializada no povoado Floresta no município de Araguaína-TO.

³Oliveira (2012); ⁴Laboratório de Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins.

A produção das enzimas ocorreu em meio SR líquido (Rizzatti et al., 2001) com farelo de trigo 1% para produção da xilanase (3,01 U/mL) e amido 1% como fonte de carbono para produção da amilase (2,29 U/mL) sob agitação (120 rpm) durante 120 horas a 30°C. Posteriormente, o meio foi filtrado usando bomba à vácuo e papel filtro e, o sobrenadante foi liofilizado e adicionado na dosagem de 100g/ton de ração (50g/ton de xilanase e 50g/ton de amilase).

A xilanase e a amilase foram produzidas pelos fungos *Aspergillus japonicus* e *Neurospora crassa*, respectivamente, sendo os fungos mantidos na micoteca de Campo Grande/MS. A produção do complexo enzimático foi realizada pelo no laboratório de bioquímica geral e de microbiologia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

As condições ambientais durante o período experimental foram monitoradas e registradas diariamente na Estação Meteorológico de Araguaína na Universidade Federal do Tocantins, localizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, possibilitando os cálculos das temperaturas média, máxima, mínima e da umidade relativa do ar no período experimental.

Tabela 1.1 Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 30 a 60 dias de idade

Ingredientes	Tratamentos				
	Dieta controle	10% de bagaço de mandioca		20% de bagaço de mandioca	
		Com CE	Sem CE	Com CE	Sem CE
		Complexo enzimático fúngico (xilanase + amilase)			
Milho	62,300	52,550	52,550	37,900	37,900
Farelo de soja	31,815	33,536	33,536	36,000	36,000
Bagaço de Mandioca	0,000	10,000	10,000	20,000	20,000
Óleo	0,220	0,699	0,699	2,870	2,870
Inerte	2,440	0,100	0,100	0,100	0,100
Fosfato bicalcico	1,200	1,200	1,200	1,222	1,222
Calcario	1,026	0,967	0,967	0,891	0,891
Sal Comum	0,439	0,438	0,438	0,430	0,430
L-Treonina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DL-Metionina	0,155	0,167	0,167	0,187	0,187
Premix-APP ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-Lisina HCL	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
EM (kcal/kg)	2850	2850	2850	2850	2850
Proteína bruta (%)	19,390	19,390	19,390	19,390	19,390
Cálcio (%)	0,812	0,812	0,812	0,812	0,812
Fosforo disponível (%)	0,332	0,328	0,328	0,325	0,325
Potássio (%)	0,763	0,766	0,766	0,769	0,769
Sódio (%)	0,199	0,199	0,199	0,195	0,195
Cloro (%)	0,308	0,308	0,308	0,303	0,303
Lisina digestível (%)	0,939	0,955	0,955	0,988	0,988
Metionina digestível (%)	0,439	0,446	0,446	0,458	0,458
Treonina digestível (%)	0,670	0,670	0,670	0,670	0,670
Metionina + cistina digestível (%)	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711
FDN (%)	11,730	12,924	12,924	13,646	13,646
FDA (%)	4,802	5,243	5,243	5,571	5,571
Balanço eletrolítico (mEq/kg) ²	194,45	195,12	195,12	195,84	195,84

¹Composição/tonelada: Ácido Fólico 120,00 mg, Cobalto 179,00 mg, Cobre 2.688,00 mg, Colina 108,00 g, Ferro 11,00 g, Iodo 537,00 mg, Manganês 31,00 g, Matéria mineral 350,00 g, Niacina 6.000,00 mg, Pantotenato de Cálcio 1.920,00 mg, Selênio 54,00 mg, Umidade 80,00 g, Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina B1 300,00 mg, Vitamina B12 2.800,00 mg, Vitamina B2 960,00 mg, Vitamina B6 450,00 mg, Vitamina D3 300.000,00 UI, Vitamina E 3.000,00 UI, Vitamina H 20,00 mg, Vitamina K 480,00 mg, Zinco 22,00 g.

²Calculado segundo Mongin (1981): Balanço eletrolítico = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453).

Tabela 1.2 Composição das dietas experimentais com dois níveis de inclusão do bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático fúngico (CE) para frangos de crescimento lento de 60 a 90 dias de idade

Ingredientes	Tratamentos					
	Dieta controle	10% de bagaço de mandioca		20% de bagaço de mandioca		
		Complexo enzimático fúngico (xilanase + amilase)				
		Com CE	Sem CE	Com CE	Sem CE	
Milho	75,209	60,518	60,518	45,830	45,830	
Farelo de soja	21,651	24,215	24,215	26,779	26,779	
Bagaço de Mandioca	0,000	10,000	10,000	20,000	20,000	
Oléo	0,640	2,838	2,838	5,037	5,037	
Inerte	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Fosfato bicalcico	0,750	0,787	0,787	0,824	0,824	
Calcario	0,839	0,753	0,753	0,667	0,667	
Sal Comum	0,229	0,231	0,231	0,233	0,233	
L-Treonina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
DL-Metionina	0,165	0,185	0,185	0,204	0,204	
Premix-APP	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	
L-Lisina HCL	0,117	0,072	0,072	0,027	0,027	
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	
EM (kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100	
Proteína bruta (%)	15,926	15,896	15,896	15,866	15,866	
Cálcio (%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	
Fosforo disponível (%)	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	
Potássio (%)	0,614	0,619	0,619	0,623	0,623	
Sódio (%)	0,117	0,117	0,117	0,118	0,118	
Lisina digestível (%)	0,791	0,792	0,792	0,791	0,791	
Metionina digestível (%)	0,408	0,420	0,420	0,431	0,431	
Treonina digestível (%)	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	
Metionina + cistina digestível (%)	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649	
FDN (%)	11,958	12,660	12,660	13,362	13,362	
FDA (%)	4,289	4,646	4,646	5,002	5,002	
Balanço eletrolítico (mEq/kg)	155,870	156,950	156,950	158,050	158,050	

¹Composição/tonelada: Ácido Fólico 120,00 mg, Cobalto 179,00 mg, Cobre 2.688,00 mg, Colina 108,00 g, Ferro 11,00 g, Iodo 537,00 mg, Manganês 31,00 g, Matéria mineral 350,00 g, Niacina 6.000,00 mg, Pantotenato de Cálcio 1.920,00 mg, Selênio 54,00 mg, Umidade 80,00 g, Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina B1 300,00 mg, Vitamina B12 2.800,00 mg, Vitamina B2 960,00 mg, Vitamina B6 450,00 mg, Vitamina D3 300.000,00 UI, Vitamina E 3.000,00 UI, Vitamina H 20,00 mg, Vitamina K 480,00 mg, Zinco 22,00 g.

²Calculado segundo Mongin (1981): Balanço eletrolítico = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453).

Aos 90 dias de idade, duas aves de cada parcela, com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 5\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas e

abatidas por deslocamento cervical. Em seguida, foram submetidas aos procedimentos de sangria, escalda, depena e evisceração.

Os órgãos linfoides (bursa, baço e timo) e a gordura abdominal da região retroperitoneal (região da bolsa-de-Fabriócio) e a aderida à moela e ao coração foram coletadas e pesadas, limpos, secos em papel toalha e pesados separadamente em balança de precisão. Os pesos relativos dos órgãos linfoides e gordura abdominal foram obtidos em relação à carcaça depenada e eviscerada.

Na carne crua (sem osso, pele, ligamentos e gordura) e na pele do peito foram avaliadas a coloração usando o colorímetro (Chroma meter®), previamente calibrado em superfície branca com padrões pré-estabelecidos (BIBLE; SINGHA, 1997).

Foram avaliados três parâmetros de cor: L*, a* e b*. O valor de a* caracteriza coloração na região do vermelho (+a*) ao verde (-a*), o valor b* indica coloração no intervalo do amarelo (+b*) ao azul (-b*) e o valor L refere-se à luminosidade, variando do branco (L=100) ao preto (L=0) (Harder, 2005). A leitura foi realizada em três pontos distintos da musculatura e da pele e a determinação do pH realizada por meio de eletrodo de penetração, diretamente na carne.

Em seguida os cortes dos peitos foram serrados ao meio e congelados em sacos plásticos, e uma das metades separadas, foram moídas em moinho de carne industrial. Os cortes moídos foram pesados, homogeneizados e pré-secados em estufa a 55 °C por 72 horas. Após, foram moídos em moinho de facas e conduzidos ao laboratório para realização das análises químicas (proteína bruta, extrato etéreo, umidade e cinzas) conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006).

A taxa de deposição de proteína e de gordura nos cortes dos peitos (g/dia) foram calculadas por meio de um abate feito a partir de um grupo adicional de seis pintos com 30 dias de vida, comparadas com aquelas aves abatidas aos 90 dias de idade.

A taxa de deposição de proteína (TDP) e a taxa de deposição de gordura (TDG) foram calculadas segundo as fórmulas descrita por Scherer et al. (2011):

$$TDP = (QP_{cf} - QP_{ci})/PE$$

em que, QP_{cf} é a quantidade, em gramas, de proteína nos cortes finais; QP_{ci} é a quantidade de proteína nos cortes iniciais e, PE é o período experimental em dias. A QP_{cf} foi obtida multiplicando-se o peso médio dos cortes das aves de uma unidade experimental, ao final do experimento, pela respectiva proteína bruta dos cortes (PBC). QP_{ci} foi obtida pelo peso médio das aves da respectiva unidade experimental,

ao início do experimento, multiplicando pela PBC média do grupo adicional (seis pintos abatidos inicialmente).

$$TDG = (QGcf - QGci)/PE$$

em que, QGcf é a quantidade, em gramas, de gordura nos cortes finais; QGci é a quantidade de gordura nos cortes iniciais e, PE é o período experimental em dias. QGcf e QGci foram obtidas de modo similar as QPcf e QPci, utilizando-se os valores de extrato etéreo dos cortes.

Para determinação da perda de peso por cozimento, foram retirados filés do peito, que após pesados, foram assados em forno elétrico a 170 °C, até atingir a temperatura interna de 40 °C, posteriormente, foram virados para atingirem a temperatura interna de 70 °C. Em seguida, as amostras foram colocadas sobre papel absorvente para resfriamento até atingir a temperatura de 20 a 25 °C. Novamente foram pesadas e determinadas à perda de peso após o cozimento e mantidas sob-refrigeração a 4 °C por 24 horas, de acordo com a metodologia adaptada de Froning; Uijttenboogarte (1988).

Para determinar a força de cisalhamento, foram retiradas amostras na forma cilíndrica (1,27 cm de diâmetro), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Bratzler.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de erro (*Cramer Von Mises*) e homocedasticidade de variância (*Levene*). Satisfeitas essas pressuposições, as variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas por contrastes ortogonais.

Os contrastes foram: C1, dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2, dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3, 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4, 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS 9.0 por meio do procedimento GLM (General Linear Models) (Statistical Analysis System, 2002), considerando nível de significância igual ou inferior a 5%.

Resultados e discussão

A temperatura média, máxima e mínima do ar durante o período experimental foram de 27,1°C, 35,8°C e 20,1°C, respectivamente, sendo a umidade relativa média do ar de 57,6%.

Os níveis de inclusão de BM com e sem complexo enzimático nas dietas não afetaram ($p>0,05$) os pesos relativos da bursa, timo e gordura abdominal (Tabela 2). Entretanto, observou-se efeito ($p<0,05$) para o peso relativo do baço, com aumento à medida que o complexo enzimático foi incrementado nas dietas. No contraste C1, que compara a dieta controle com as dietas contendo níveis de BM com CE e no contraste C3, que compara a dieta de 10% de BM com CE para com a dieta de 10% sem CE, os acréscimos foram de 18,75%.

Os resultados são consistentes com os relatados por Gao et al. (2007), onde o uso do CE, xilanase, glucanase, celulase e pectinase, em dietas à base de trigo aumentaram o peso relativo do baço, sugerindo que o suplemento enzimático acelerou o desenvolvimento do órgão imune.

Em contrapartida, Bhuiyan; Islam; Iji (2013) ao avaliarem níveis elevados de milho (250 g/kg, 500 g/kg e 750 g/kg) em dietas de frango de corte com suplementação de Avizyme 1502, não observaram alteração significativa no peso relativo do baço. No entanto, houve um aumento no peso relativo da bursa de Fabricius com a adição de enzimas microbianas nas dietas.

As aves de crescimento lento utilizadas no presente experimento foram criadas em sistema extensivo, soltas em piquetes e possivelmente submetidas a agentes estressores, infecciosos ou não, que podem ter ativado o sistema imune, provocando alterações fisiológicas e metabólicas no organismo, demandando maior resposta humoral. Dessa maneira, o uso do CE melhorou o aproveitamento dos nutrientes, e estes podem ter sido utilizados prioritariamente pelas células de defesa, secreção de mucinas e proteínas constituintes do muco entérico, aumentando o peso do baço (COSTA et al., 2014) e influenciando a capacidade imunológica (GAO et al., 2007; KOIYAMA et al., 2014).

Tabela 2. Peso relativo do baço, bursa, timo e gordura abdominal de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)

Tratamentos	Variáveis			
	Baço (%)	Bursa (%)	Timo (%)	Gord. abdo (%)
Controle	0,16	0,06	0,36	4,79
10% de BM+ CE	0,19	0,07	0,30	4,64
10% de BM	0,16	0,07	0,36	3,83
20% de BM+ CE	0,19	0,08	0,36	3,48
20% de BM	0,19	0,07	0,37	3,08
P value	0,044	0,961	0,857	0,179
CV ¹ (%)	10,43	37,63	24,2	31,59
Contrastes ortogonais ²	Valores de P			
C1 - Controle vs BM + CE*	0,014	0,520	0,569	0,298
C2 - Controle vs BM sem CE	0,212	0,720	0,926	0,064
C3 - 10% vs 10% de BM +CE*	0,038	0,950	0,418	0,316
C4 - 20% vs 20% de BM +CE	0,963	0,618	0,757	0,616

¹CV = coeficiente de variação.

²Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo. *Contraste significativo.

Os resultados da gordura abdominal contrastam aos obtidos por Ribeiro et al. (2006), que verificaram redução no seu percentual com o aumento do farelo integral da mandioca (0, 15, 30 e 45%) na dieta de frango caipira aos 84 dias. Carrijo et al. (2010) e Broch et al. (2017), da mesma maneira, observaram redução na gordura abdominal de frangos caipira e frangos da linhagem coob 500, respectivamente, alimentados com coprodutos da mandioca.

No presente estudo, embora não tenham ocorrido diferenças significativas para a gordura abdominal, nota-se que a adição de BM às dietas foi favorável à redução da gordura. Tendo em vista que, um dos agravantes da criação das linhagens tipo caipira é o maior acúmulo de gordura na carcaça devido a maior idade de abate, o BM, como constituinte das rações, pode ser uma alternativa para solucionar tal problema.

Observou-se que a inclusão de BM independente do complexo enzimático nas dietas influenciou ($p < 0,05$) o parâmetro de cor b^* , no contraste C1 e C2, não havendo efeito ($p > 0,05$) sobre o parâmetro de cor a^* e L^* , pH, força de cisalhamento (FC) e

perda de peso por cozimento (PPCO) da carne e pele do peito de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade (Tabela 3).

Resultados equivalentes foram apresentados por Amorim et al. (2015), que ao incluir o bagaço de mandioca na dieta de frangos de crescimento lento da linhagem Label Rouge nos níveis crescentes de 0, 10, 20 e 30%, não encontraram efeito no pH, força de cisalhamento e perda de peso por cozimento da carne do peito.

As aves que receberam dieta com 10% e 20% de BM com e sem complexo apresentaram redução no parâmetro de b^* quando comparado a dieta controle, no contraste C1 e C2, de 18,96% e 19,60% para pele e 23,36% e 26,35% para a carne.

Resultado semelhante foi verificado por Souza et al. (2011), com modificações na coloração da carcaça e das peles do peito de aves caipiras, variando do amarelo vivo para o branco, à medida que os níveis de substituição do milho pelo resíduo da industrialização da mandioca vão sendo incrementados, similarmente, Broch et al. (2017), observaram diminuição dos valores de b^* ($P < 0,05$) para frangos de corte alimentados com resíduo da fecularia quando comparado ao tratamento controle, diferindo dos observados por Amorim et al. (2015), que não encontraram efeito sobre os valores de colorimétrica da carne do peito.

As aves mantidas em piquetes de gramíneas consomem quantidade de xantofilas (derivado de β -caroteno) presentes nas plantas verdes e também no milho, 125 mg/kg de β -caroteno (FAO, 2018), todavia, com a redução deste ingrediente nas dietas e o aumento dos níveis de BM, à quantidade de β -caroteno da mandioca (0,01mg/kg), provavelmente, foi insuficiente para promover coloração mais intensa na carne e pele de peito dos frangos caipiras.

Apontando a necessidade do uso de pigmentantes naturais que venham manter o padrão de coloração, já que este quesito é importante na escolha do frango caipira pelos consumidores, que associam normalmente as colorações amareladas a produtos originados de criações caracterizadas como mais próximas do natural (LEESON; SUMMERS, 2001).

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros de cor L*, a* e b*, pH, força de cisalhamento (FC) e perda de peso por cozimento (PPCO) da carne e pele do peito de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)

Tratamentos	Variáveis								
	Pele			Carne			pH	FC	PPCO
	L*	a*	b*	L*	a*	b*			
Controle	71,43	6,79	13,95	60,90	8,52	10,68	5,86	1,69	19,70
10% de BM+ CE	71,03	6,64	12,26	60,86	8,74	9,18	5,94	1,94	20,71
10% de BM	72,73	6,28	12,23	62,14	8,32	9,36	5,93	1,74	20,02
20% de BM+ CE	71,74	7,36	10,35	62,89	8,12	7,19	5,86	1,93	21,61
20% de BM	71,99	7,25	10,20	61,36	8,97	6,37	5,89	2,09	20,54
P value	0,433	0,252	0,040	0,517	0,365	0,020	0,641	0,319	0,850
CV ¹ (%)	1,99	12,01	16,87	3,45	8,17	23,49	1,82	16,20	13,80
Contrastes ortogonais ²	Valores de P								
Controle vs BM + CE*	0,957	0,655	0,024	0,413	0,819	0,038	0,457	0,194	0,366
Controle vs BM sem CE*	0,248	0,905	0,020	0,476	0,754	0,020	0,368	0,226	0,718
10% vs 10% de BM +CE	0,075	0,503	0,981	0,356	0,350	0,897	0,907	0,347	0,717
20% vs 20% de BM +CE	0,784	0,834	0,905	0,270	0,070	0,525	0,694	0,437	0,578

¹CV = coeficiente de variação.

²Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo. *Contraste significativo

Os níveis de inclusão de BM com e sem CE nas dietas não influenciaram ($p>0,05$) as porcentagens de matéria seca (MS), umidade (UM), cinzas (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), deposição de proteína (DP) e gordura (DG) da carne do peito de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de matéria seca (MS), umidade (UM), cinzas (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), deposição de proteína (DP) e deposição de gordura (DG) da carne do peito de frangos de crescimento lento abatidos aos 90 dias de idade, alimentados com 10 e 20% de inclusão de bagaço de mandioca (BM) com e sem complexo enzimático (CE)

Tratamentos	Variáveis						
	MS (%)	UM (%)	MM (%)	EE (%)	PB (%)	DP (g/dia)	DG (g/dia)
Controle	28,96	71,04	6,31	2,99	23,20	5,90	0,76
10% de BM+ CE	28,91	71,09	6,61	3,07	23,23	5,49	0,70
10% de BM	29,08	70,92	6,32	3,42	23,14	5,60	0,71
20% de BM+ CE	28,66	71,34	6,45	3,07	24,59	6,18	0,74
20% de BM	28,77	71,23	6,21	3,20	23,94	5,56	0,79
P value	0,567	0,567	0,502	0,685	0,041	0,306	0,828
CV ¹ (%)	1,46	0,59	5,24	14,53	3,42	9,28	16,10
Contrastes ortogonais ²	Valores de P						
C1 - Controle vs CE	0,459	0,459	0,284	0,761	0,126	0,832	0,583
C2 - Controle vs sem CE	0,869	0,869	0,844	0,236	0,453	0,287	0,848
C3 - 10% vs 10% de BM +CE	0,536	0,536	0,239	0,297	0,870	0,747	0,947
C4 - 20% vs 20% de BM +CE	0,700	0,700	0,302	0,688	0,217	0,098	0,602

¹CV = coeficiente de variação.

²Contrastes ortogonais: C1= dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca com complexo enzimático; C2 = dieta controle comparado com dietas contendo bagaço de mandioca sem complexo enzimático; C3 = 10% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 10% do bagaço de mandioca sem complexo e C4 = 20% do bagaço de mandioca com complexo enzimático comparado a 20% do bagaço de mandioca sem complexo.

Os resultados são consistentes com os observados por Al-Marzooqi et al. (2015), que ao substituírem o milho pela algaroba (5, 10 e 15%) com e sem suplementação enzimática para frangos de corte, não encontraram efeito na composição química da carne (MS, PB, EE, MM, Ca e P), divergindo dos verificados por Amorim et al. (2015), que relataram efeito quadrático no teor de matéria seca e proteína bruta da carne do peito de frangos de crescimento lento alimentados com níveis crescentes de bagaço de mandioca.

Nesse contexto, a utilização de BM com e sem complexo enzimático, no estudo em comento, afetou as características da carne de frangos de crescimento lento. Em

função disso, a opção pela utilização de até 20% de inclusão do BM na dieta pode ser definida pelo preço, disponibilidade no mercado e o uso de pigmentantes, afim de manter a coloração da carne e da pele, desejada pelo consumidor.

A eficácia das enzimas exógenas pode variar, tornando-se importante continuar o esforço para entender o seu uso e as limitações, pois se o CE for utilizado de forma inadequada poderá levar ao desperdício de recursos. Independentemente disso, a suplementação enzimática nas dietas de frangos de crescimento lento continua a ser promissora por uma variedade de razões que dependem da sustentabilidade, da economia e do meio ambiente. Pesquisas futuras aumentarão a compreensão das enzimas alimentares e auxiliará na sua utilização de modo mais benéfico, com máxima eficiência na produção animal.

Conclusão

Recomenda-se, com base nos dados de biometria dos órgãos linfoides e composição físico-química da carne, o uso de até 20% de bagaço de mandioca, não sendo opção tecnicamente viável a utilização do complexo enzimático fúngico, xilanase e amilase, nas dietas de frangos de crescimento lento de 30 a 90 dias de idade.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto, a Universidade Federal do Tocantins-UFT, pelo apoio e disponibilidade das instalações e a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) pela parceria, desenvolvimento e fornecimento do complexo enzimático fúngico para realização dos experimentos.

Referências

ABDOLLAHI, M. R.; HOSKING, B. J.; NING, D.; RAVINDRAN, E. V. Influence of Palm Kernel Meal Inclusion and Exogenous Enzyme Supplementation on Growth Performance, Energy Utilization, and Nutrient Digestibility in Young Broilers. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, v. 29, n. 4, p. 539–548, 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16389:2015

Avicultura – Produção, abate, processamento e identificação do frango caipira, colonial ou capoeira. Exemplar para uso exclusivo – Kênia Ferreira Rodrigues – 694.963.666-00. 2015.

ADRIO, J. L.; DEMAIN, A. L. Microbial Enzymes: Tools for Biotechnological Processes – Review. *Biomolecules*, v.4, p.117-139, 2014.

ALAGAWANY, M.; ATTIA, A. I.; IBRAHIM, Z. A.; MAHMOUD, R. A.; EL-SAYED, S. A. The effectiveness of dietary sunflower meal and exogenous enzyme on growth, digestive enzymes, carcass traits, and blood chemistry of broilers. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 13, p. 12319–12327, 2017.

AL-MARZOOQI, W.; AL-KHAROUSI, K.; KADIM, I. T.; MAHGOUB, O.; ZEKRI, S.; AL-MAQBALY, R.; AL-BUSAIDI, M. Effects of Feeding Prosopis juliflora Pods with and Without Exogenous Enzyme on Performance, Meat Quality and Health of Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science*, v. 14, n. 2, p. 76-88, 2015.

AMORIM, A. F.; SIQUEIRA, J. C. de.; RODRIGUES, K. F.; VAZ, R. G. M. V.; BARBOSA, S. M.; SANTOS, H. D.; ROSA, F. C.; SOUSA, J. P. L. de.; SILVA, E. G. da.; MOUFARREG, I. M. M. de O.; PARENTE, I. P.; SOARES, J. A. R. Níveis de inclusão do bagaço de mandioca na ração de frangos de crescimento lento: características físico-químicas da carne. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 1685-1700, 2015.

ASMARE, B. Effect of common feed enzymes on nutrient utilization of monogastric animals. *International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research*, v. 5, n. 4, p. 27-34, 2014.

BARBOSA, N. A. A.; SAKOMURA, N. K.; BONATO, M. A.; HAUSCHILD, L.; OVIEDO-RONDON, E. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. *Ciência Rural*, v.42, n.8, p. 1497-1502, 2012.

BHUIYAN, M. M.; ISLAM, A. F.; IJI, P. A. High levels of maize in broiler diets with or without microbial enzyme supplementation. *South African Journal of Animal Science*, v. 43, n.1, p.44-55, 2013.

BROCH, B. J.; NUNES, R. V.; OLIVEIRA, V. de.; SILVA, I. M. da.; SOUZA, C. de.; WACHHOLZ, L. Dry residue of cassava as a supplementation in broiler feed with or without addition of carbohydrases. *Semina Agrárias*, v. 38, n. 4, suplemento 1, p. 2641-2658, 2017.

CARRIJO, A. S.; FASCINA, V. B.; SOUZA, K. M. R.; RIBEIRO, S. S.; ALLAMAN, I. B.; GARCIA, A. M. L.; HIGA, J. A. Níveis de farelo da raiz integral de mandioca em dietas para fêmeas de frangos caipiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.1, p.131-139, 2010.

CHOTINSKY, D. The use of enzymes to improve utilization of nutrient in poultry diets. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v.21, n. 2, p. 429–435, 2015.

COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V. da.; GOULART, C. de C.; NOGUEIRA, E. T.; SÁ, L. Exigências de Aminoácidos para Aves. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J. H. V. da.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L (org). *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 644-657.

ESMAEILIPOUR, O.; SHIVAZAD, M.; MORAVEJ, H.; AMINZADEH, S.; REZAIAN, M.; VAN KRIMPEN, M. M. Effects of xylanase and citric acid on the performance, nutrient retention, and characteristics of gastrointestinal tract of broilers fed low-phosphorus wheat-based diets. *Poultry Science*, v. 90, n. 9, p. 1975-82, 2011.

FAO. 2018. Composição aproximativa dos alimentos. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/007/x3996p/x3996p18.htm>. Acesso: 21 de janeiro de 2018.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGARTE, T. G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking loses of hold and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Science*, v. 67, n. 11, p. 1536-1544, 1988.

GAO, F.; JIANG, Y.; ZHOU, G.H.; HAN, Z.K. The effects of xylanase supplementation on growth, digestion, circulating hormone and metabolite levels, immunity and gut microflora in cockerels fed on wheat-based diets. *British Poultry Science*, v. 48, n. 4, p. 480-488, 2007.

GURUNG, N.; RAY, S.; BOSE, S.; RAI, V. A. Broader View: Microbial Enzymes and Their Relevance in Industries, Medicine, and Beyond. *BioMed Research International*, p.18, ID 329121, 2013.

HORVATOVIC, M. P.; GLAMOCIC, D.; ZIKIC, D.; HADNADJEV, T. D. Performance and some intestinal functions of broilers fed diets with different inclusion levels of sunflower meal and supplemented or not with enzymes. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.17, n.1, 2015.

KOYAMA, N. T. G.; ROSA, A. P.; PADILHA, M. T. S.; BOEMO, L. S.; SCHER, A.; MELO, A. M. da S.; FERNANDES, M. de O. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com mistura de aditivos fitogênicos na dieta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n.3, 2014.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Non-nutritive feed additives. In: *Nutrition of the chicken*. 4. ed. University Books: Ontario, 2001. cap. 6, p. 429-455.

MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. *Proceedings Nutrition Society*, Cambridge, v. 40, n. 3, p. 285-294, 1981.

NUNES, J. O.; ABREUL, R. D.; BRITO, J. A. G.; SILVA, R. F.; OLIVEIRA, L. S.; JESUS, N. A. Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.17, p.15-22, 2015.

OLIVEIRA, I. M. M. de. *Caracterização nutricional do bagaço de mandioca e sua utilização na alimentação de frangos de crescimento lento*. 2012. 73f. Dissertação (Mestre em Produção Animal) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, 2012.

PINHEIRO, S. A.; DOURADO, L. R. B.; SILVA, E. P. da.; SAKOMURA, N. K. Nutrição de Aves Caipiras Criadas em Sistema Semiconfinado. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J. H. V. da.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L (org). *Nutrição de Não Ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 644-657.

RIBEIRO, S. S.; CARRIJO, A. S.; SANCHES, J. F.; FASCINA, V. B.; MARUYAMA, L. M. N. E.; HIGA, J. A. Rendimento de carcaça e cortes de frangos tipo caipira alimentados com farelo de raiz integral de mandioca. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 8, n. 161, 2006.

RIZZATTI, A.; JORGE, J. A.; TERENCE, H. F.; RECHIA, C. G.; POLIZELI, M. L. Purification and properties of a thermostable extracellular β -D-xylosidase produced by a thermotolerant *Aspergillus phoenicis*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, v.26, n. 3, p. 156-160, 2001.

SAHNI, T. K.; GOEL, A. MICROBIAL ENZYMES WITH SPECIAL REFERENCE TO α -AMYLASE. *Bio Evolution*, v.2, n.1, p.19-25, 2015.

SCHERER, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; SCAPINELLO, C.; TON, A. P. S. Exigência de energia metabolizável de codornas de corte no período de 1 a 14 dias

de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v. 40, n. 11, p. 2496-2501, 2011.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2006.

SOUZA, K. M. R.; CARRIJO, A. S.; KIEFER, C.; FASCINA, V. B.; FALCO, A. L.; MANVAILER, G. V.; GARCIA, A. M. L. Farelo da raiz integral de mandioca em dietas de frangos de corte tipo caipira. *Archivos de zootecnia*, v.60, n. 231, p. 490, 2011.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. *SAS/INSIGHT User's guide*. versão 9.0- versão para Windows. Cary: SAS Institute, 2002. (CD-ROM).

ZHANG, L.; XU, J.; LEI, L.; JIANG, Y.; GAO, F.; ZHOU, G.H. Effects of Xylanase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Non-starch Polysaccharide Degradation in Different Sections of the Gastrointestinal Tract of Broilers Fed Wheat-based Diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 27, n.6, p. 855-861, 2014.

ANEXOS



Processo de secagem do bagaço de mandioca



Enzimas fúngicas juntamente com as rações experimentais



Galpão de avicultura



Pintinhos nas gaiolas experimentais



Coleta das excretas no ensaio de metabolizabilidade das dietas experimentais



Aves distribuídas no piquetes experimentais



Análises físicas da carne do peito



Secagem das amostras do peito das aves para a determinação dos valores químicos da carne