

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PPGZ**

GABRIEL MIRANDA MACAMBIRA

**FOLHAS DE MORINGA OLEIFERA E ENZIMAS EXÓGENAS EM
DIETAS DE GALINHAS POEDEIRAS**

**RECIFE
2021**

GABRIEL MIRANDA MACAMBIRA

**FOLHAS DE MORINGA OLEIFERA E ENZIMAS EXÓGENAS EM
DIETAS DE GALINHAS POEDEIRAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello.

Coorientadores: Prof. Dr. Marcos José Batista dos Santos, Prof. Dr. Manuel Isidoro Valdivié-Navarro.

**RECIFE
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M114f Macambira, Gabriel Miranda
Folhas de Moringa oleifera e enzimas exógenas em dietas de galinhas poedeiras / Gabriel Miranda Macambira. -
2021.
148 f. : il.
- Orientador: Carlos Boa-Viagem Rabello.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,
2022.
1. alimento alternativo. 2. complexo enzimático. 3. produção. 4. polissacarídeos não amiláceos. I. Rabello, Carlos
Boa-Viagem, orient. II. Título

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PPGZ**

**FOLHAS DE MORINGA OLEIFERA E ENZIMAS EXÓGENAS EM
DIETAS DE GALINHAS POEDEIRAS**

Tese elaborada por:
GABRIEL MIRANDA MACAMBIRA

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia
(Orientador)

Prof. Dr. Alex Martins Varela de Arruda
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA
Departamento de Ciências Animais

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. José A. M. Prates
Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa, Portugal

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Zootecnia

À minha mãe Gorete por seu exemplo de amor, força e coragem e por sempre ter acreditado em mim.

À Pai Joaquim de Aruanda por me guiar no caminho dessa jornada com paciência, amor e tolerância.

Ao meu avô Jessé por todo o seu exemplo e apoio mesmo após o seu desencarne (in memoriam).

À minha irmã, Maria Iasmim, pela companhia e carinho desprendidos em todos esses anos.

Aos meus sobrinhos Arthur e Bernardo, anjos que vieram a este mundo para tornar nossas vidas mais leves e bonitas.

Aos meus melhores amigos: Marcela, Sharlane e John por sempre terem me apoiado nessa jornada e compartilharem os momentos mais mágicos da minha existência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus Pai Todo Poderoso, Jesus Divino e Amado Mestre Jesus Cristo e toda espiritualidade maior por ter me guiado nesse caminho e ter me dado forças nos momentos difíceis.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de fazer meu doutorado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, como doutorando.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo subsídio financeiro em todos esses anos.

Agradecimento, em especial, ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello, por ter me escolhido como orientando, pela paciência, desafios e ensinamentos a mim dirigidos. Em especial gostaria de agradecer à composição final desde trabalho e por todas as contribuições para o meu crescimento não só como profissional, mas como pessoa.

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Marcos José Batista dos Santos, Profa. Dra. Mércia Rodrigues Barros pelas coorientações, paciência, por sempre contribuir nas decisões a serem tomadas nesta pesquisa, e pelo compartilhamento dos seus conhecimentos acerca das análises estatísticas e histologia.

Á todos os integrantes do Grupo de Pesquisa com Aves, mas em especial à Sharlane, Oziel, Lucas, Vanessa, Igor, Luiz por toda a ajuda e apoio, vocês são incríveis!

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal e BIOPA pelo apoio na realização das análises laboratoriais, aos funcionários por tonar o Departamento de Zootecnia um ambiente mais seguro e aconchegante, vocês tornam esse departamento mais humano. Agradecimento especial a Cristina pelas risadas e à seu Pedro por toda a ajuda.

A todos os amigos e colegas da graduação pós-graduação, em especial a Jéssica, Chrislane, Marilene, Géssica, Dayane, Apolônio, Carol, Núbia e Katariny e Gleyce e aos demais que não foram aqui citados, pois sou péssimo para lembrar nomes, mas que estão sempre em meu coração, nós chegamos aqui juntos

À Cynthia, secretária do PPGZ por toda sua competência e disponibilidade em nos ajudar.

*GRATIDÃO É POUCO PARA EXPRESSAR
O QUE ESTOU SENTINDO AGORA
MUITO OBRIGADO*

*Os homens semeiam na terra o que colherão na vida espiritual: os frutos de sua
coragem ou da sua fraqueza.*

Alam Kardec

RESUMO

Objetivou-se estudar o efeito da inclusão de farelo de folhas de Moringa oleífera em dietas suplementadas com enzimas exógenas sobre o desempenho, qualidade de ovos, bioquímica sérica, órgãos do sistema digestório, reprodutor e glândulas anexas, assim como verificar possíveis influências destes sobre a morfometria intestinal de galinhas poedeiras na idade de pico de postura. Foram utilizadas 288 aves de postura da linhagem Dekalb White com 32 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (presença e ausência de farinha de folhas de Moringa oleífera x 4 formas de suplementação enzimática) totalizando oito tratamentos com seis repetições de seis aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle, a base de milho e farelo de soja, e uma dieta com suplementação de 5% de farinha de folhas de moringa seguida de três formas de suplementação enzimática (xilanase, fitase e mix das duas enzimas). A associação enzimática nas dietas com FMO influenciou positivamente a produção, peso e massa de ovos. O consumo foi superior nas suplementações com xilanase quando comparada as outras dietas. A moringa aumentou significativamente a altura de albúmen e a unidade Haugh, enquanto a espessura da casca e escore de ovoscopia foram melhorados na presença da FMO e fitase. O FMO proporcionou intensificação da cor das gemas dos ovos e diminuiu as concentrações plasmáticas de colesterol e LDL dos animais. Concluiu-se que o FMO ao nível de 5% não compromete o desempenho de galinhas poedeiras e que a suplementação enzimática, isolada ou em associação com FMO nas dietas podem melhorar o peso dos ovos. A xilanase, sozinha ou associada com a fitase, teve um papel importante na diminuição do tamanho relativo do intestino delgado e cecos, assim como proporcionou melhorias na morfologia intestinal através do aumento da altura de vilosidades, profundidade de criptas, relação altura de vilosidades:profundidade de criptas, comprimento de mucosa e largura das vilosidades, caracterizando assim, melhorias nos processos de digestão e absorção de nutrientes. Conclui-se que os PNAs presentes no FMO exercem diversos efeitos no intestino, tais como aumento do tamanho do intestino e glândulas anexas, além de influenciarem as características morfométricas intestinais. Logo, FMO tem o potencial de aumentar a intensidade da cor das gemas e sua associação com a enzima fitase melhora a qualidade da casca. Os PNAs presentes no FMO exercem diversos efeitos no intestino, tais como aumento do tamanho do intestino e glândulas anexas além de influenciarem as características morfométricas intestinais. A ação da xilanase, com degradação desses nutrientes, parece reestabelecer a saúde intestinal das aves o que pode levar a melhor desempenho das poedeiras.

Palavras chaves: alimento alternativo, complexo enzimático, produção, polissacarídeos não amiláceos.

ABSTRACT

The objective was to study the effect of including *Moringa oleifera* leaf meal in diets supplemented with exogenous enzymes on performance, egg quality, serum biochemistry, digestive and reproductive system organs and attached glands, as well as to verify possible influences of these on the intestinal morphometry of laying hens at peak laying period. A total of 288 laying hens of the 32-week-old Dekalb White lineage were distributed in a completely randomized design in a 2 x 4 factorial arrangement (presence and absence of *Moringa oleifera* leaf flour x 4 forms of enzymatic supplementation) totaling eight treatments with six replicates of six birds per experimental unit. The treatments consisted of a control diet, based on corn and soybean meal, and a diet supplemented with 5% moringa leaf flour followed by three forms of enzymatic supplementation (xylanase, phytase and a mix of the two enzymes). The enzymatic association in diets with OMF positively influenced egg output, weight and egg mass. Laying hens fed xylanase supplemented diet had higher feed intake than those fed other diets. Moringa significantly increased albumen height and Haugh unit, while shell thickness and candling score were improved in the presence of FMO and phytase. FMO enhanced the egg color yolks and decreased the plasma concentrations of cholesterol and LDL. It was concluded that FMO at the 5% level does not compromise the performance of laying hens and that enzyme supplementation, alone or in association with FMO in the diets, can improve egg weight. Xylanase, alone or associated with phytase, played an important role in decreasing the relative size of the small intestine and cecum, as well as providing improvements in intestinal morphology through increased villous height, crypt depth, villous height:depth ratio of crypts, mucosal length and villi width, thus characterizing improvements in the processes of digestion and absorption of nutrients. It is concluded that the PNAs present in the FMO exert several effects on the intestine, such as increasing the size of the intestine and adnexal glands, in addition to influencing the intestinal morphometric characteristics. Therefore, FMO has the potential to increase the color intensity of yolks and its association with the enzyme phytase improves the quality of the shell. The PNAs present in FMO exert several effects on the intestine, such as increasing the size of the intestine and adnexal glands, in addition to influencing the intestinal morphometric characteristics. The action of xylanase, with degradation of these nutrients, seems to restore the intestinal health of the birds, which can lead to better performance in laying hens.

Key words: alternative food, enzyme complex, production, non-starch polysaccharides.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da planta Moringa oleífera. A: folhas, B: frutos, C: sementes e.....	12
D: flores	12
Figura 2: estrutura química básica de um composto fenólico	23
Figura 3: estrutura química dos taninos condensados (A) e hidrossolúveis (B).....	24
Figura 4: Estrutura molecular da lignina	25
Figura 5: Estrutura molecular do Fitato.....	26
Figura 6: formação do HCN a partir da linamarina.....	28
Figura 7: Variação de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.....	81
Figura 8: interação FM x enzimas para as variáveis de desempenho.....	86
Figura 9: interação FM x enzimas para as variáveis de qualidade de ovos.....	89
Figura 10: efeito individual da Moringa oleífera sobre o Colesterol (Cholesterol); Lipoproteína de alta densidade (HDL) e Lipoproteína de baixa densidade (LDL)	91
Figura 11: Variação de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimentais.....	116
Figura 12: interação FMO x enzimas para peso do fígado.....	120
Figura 13: interação FMO x enzimas para o comprimento do intestino delgado.....	122
Figura 14: interação FMO x enzimas para o comprimento dos cecos.....	122
Figura 15: interação FMO x enzimas para o peso do pâncreas.....	123
Figura 17: interação FMO x enzimas para a AV e PC do duodeno.....	124
Figura 17: interação FMO x enzimas para a V:C e CM do duodeno.....	124
Figura 18: interação FMO x enzimas para a LM do duodeno.....	125
Figura 19: interação FMO x enzimas para a AV e PC do jejuno.....	125
Figura 20: interação FMO x enzimas para a V:C e CM do jejuno.....	127
Figura 21: interação FMO x enzimas para a LM do jejuno.....	127
Figura 22: interação FMO x enzimas para a AV e PC do íleo.....	128
Figura 23: interação FMO x enzimas para a V:C e CM do íleo.....	129
Figura 24: interação FMO x enzimas para a LM do íleo.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química das folhas de <i>Moringa oleifera</i> determinada por diferentes autores (matéria natural).	18
Tabela 2: Composição aminoacídica de folhas de <i>Moringa oleifera</i> determinada por diferentes autores, na matéria seca.	19
Tabela 3: Composição Mineral de folhas de <i>Moringa oleifera</i> determinada por diferentes autores, na matéria natural	20
Tabela 4: Compilação de estudos com uso de <i>Moringa oleifera</i> na alimentação de aves com seus respectivos designs, principais resultados e referências.	34
Tabela 5: Compilação de estudos com uso de enzimas na alimentação de aves com seus respectivos designs, principais resultados e referências.	45
Tabela 6 – Composição química da Farinha de folhas de <i>Moringa oleifera</i> (na matéria	79
natural).	79
Tabela 7: Composição percentual e valores nutricionais calculados e determinados das rações para poedeiras Dekalb Withe utilizadas neste experimento.	84
Tabela 8: Efeitos dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis de desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas com enzimas.	87
Tabela 9: Efeito dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis de qualidade de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas ou não com enzimas.	90
Tabela 10: Efeito dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis sanguíneas de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas ou não com enzimas.	92
Tabela 11 – Composição química da Farinha de folhas de <i>Moringa oleifera</i> (na matéria natural).	116
Tabela 12: Composição percentual e valores nutricionais calculados e determinados das rações para poedeiras Dekalb White utilizadas neste experimento.	118
Tabela 13: Efeitos dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis peso e comprimento dos órgãos do sistema digestivo e reprodutor de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas com enzimas.	121
Tabela 14: Efeitos dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis peso e comprimento dos órgãos do sistema digestivo e reprodutor de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas com enzimas.	126

SUMÁRIO

<i>Moringa oleifera</i> : características nutricionais, uso na alimentação frangos de corte e galinhas poedeiras e aspectos gerais do uso de enzimas exógenas na alimentação de aves: revisão de literatura.....	10
1. Introdução	10
2. <i>Moringa oleifera</i> : propriedades e características gerais.....	11
3. Folhas de <i>Moringa oleifera</i> : Composição química e nutricional	13
4. Propriedades antioxidantes e antimicrobianas da <i>Moringa oleifera</i>	17
5. Fatores Antinutricionais.....	22
5.1. Compostos fenólicos	23
5.1.1. Taninos	23
5.1.2. Lignina	24
5.2. Fitato.....	25
5.3. Saponinas.....	27
5.4. Inibidores de protease	27
5.5. Glicosídeos cianogênicos	28
6. <i>Moringa oleifera</i> : Uso na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras	29
7. <i>Moringa oleifera</i> e o estado de saúde de frangos de corte e galinhas poedeiras..	39
8. Uso de enzimas carboidrases e fitase na nutrição avícola	41
9. Referências bibliográficas.....	51
Desempenho, qualidade de ovos e parâmetros sanguíneos de galinhas poedeiras alimentadas com <i>Moringa oleifera</i> suplementadas com enzimas exógenas	75
RESUMO	75
ABSTRACT	76
1. Introdução	77
2. Materiais e métodos	78
2.1. Produção do farelo de folhas de <i>Moringa oleifera</i> e análises bromatológicas	78
2.2. Animais e instalações	79
2.3. Delineamento e dietas experimentais	80
2.4. Desempenho	82
2.5. Qualidade dos ovos.....	82
2.6. Coleta de sangue e bioquímica sérica.....	83
2.7. Análise estatística	85
3. Resultados.....	85

3.1. Desempenho	85
3.2. Qualidade de ovos	88
3.3. Bioquímica sérica	91
4. Discussão	91
5. Referências bibliográficas.....	98
<i>Moringa oleifera</i> em dietas suplementadas com xilanase e fitase sobre tamanho relativo e peso do intestino, glândulas anexas, sistema reprodutor e morfologia intestinal de poedeiras comerciais no período de pico de postura	111
RESUMO	111
ABSTRACT	112
2. Material e métodos.....	115
2.1. Produção do farelo de folhas de <i>Moringa oleífera</i> e análises bromatológicas 115	
2.2. Animais e instalações	115
2.3. Delineamento e dietas experimentais	117
2.4. Órgãos do trato gastrointestinal, glândulas anexas e sistema reprodutor ...	119
2.5. Morfologia intestinal	119
2.6. Análise estatística	119
3. Resultados	120
3.1. Órgãos do trato gastrointestinal, glândulas anexas e sistema reprodutor	120
3.2. Morfologia intestinal	123
3.2.1. Duodeno.....	123
3.2.2. Jejuno	125
3.2.3. Íleo	128
4. Discussão.....	129
5. Referências bibliográficas	134
6. Agradecimentos.....	142
Considerações finais.....	143

CAPÍTULO 1

***Moringa oleifera*: características nutricionais, uso na alimentação frangos de corte e galinhas poedeiras e aspectos gerais do uso de enzimas exógenas na alimentação de aves: revisão de literatura**

CAPÍTULO 1

***Moringa oleifera*: características nutricionais, uso na alimentação frangos de corte e galinhas poedeiras e aspectos gerais do uso de enzimas exógenas na alimentação de aves: revisão de literatura**

1. Introdução

Com o crescente aumento da população mundial, tem-se incrementado também a demanda por proteína animal segura e de qualidade. A proibição do uso de antibióticos na produção animal em vários países tornou-se um desafio para os nutricionistas da atualidade, que iniciaram a busca por alimentos, em sua maioria plantas, que apresentem compostos com características promotoras de crescimento em aves (ANWAR et al., 2017; CHENG et al., 2019).

Estes alimentos, muitas vezes denominados de “não convencionais”, estão nos holofotes dos estudos científicos, uma vez que podem manter ou melhorar o desempenho produtivo, além de contribuir para a melhora da saúde das aves (MAHFUZ et al., 2015; POURHOSSEIN et al., 2018).

As folhas de *Moringa oleifera* vem sendo amplamente estudadas como alimento alternativo na alimentação avícola, visto que possuem características nutricionais que as tornam uma excelente alternativa para ser utilizada nas formulações de dietas, tais como concentração significativas de proteínas, vitaminas do complexo B, vitamina K e C, manganês, cálcio e betacaroteno, tendo também papel antimicrobiano, antisséptico, e baixas concentrações de fatores antinutricionais (GUPTA et al., 1986; LEONE et al., 2015; MAKKAR e BACKER, 1996; MAKKAR e BACKER 199 TORONTEL et al., 2014). A moringa já é uma fonte alimentar humana em vários países do mundo, sendo utilizada desde suas folhas até as raízes, além de possuir, em suas sementes, polieletrólitos, dando a esta estrutura capacidade purificativa da água (KALIBBALA et. al. 2009; OLUGBEMI et. al., 2010).

Apesar dos benefícios esta planta possui limitação de utilização em dietas para suínos e aves devido ao considerável teor de fibra presente em suas folhas. Tem-se verificado que a maior parte da fibra presente nesta estrutura é pertencente a fração solúvel (MACAMBIRA et al. 2018). Sabe-se que, por se tratar de não ruminantes, as aves possuem uma capacidade limitada para a digestão deste tipo de composto, visto que apresentam uma microbiota reduzida no intestino grosso o que pode levar, caso administrada em grandes quantidades, a distúrbios digestivos e piora no desempenho (BETERCHINI, 2012). Isso nos remete a importância da realização de mais pesquisas visando determinação dos melhores níveis de inclusão e/ou

utilização de aditivos alimentares, tais como enzimas exógenas, visando a obtenção de todo o potencial que esta planta pode proporcionar ao desempenho e saúde das aves.

A atual revisão foca, principalmente, nas características nutricionais e botânicas da *Moringa oleifera*, sua utilização como alimento alternativo na alimentação de aves e seus benefícios sobre o desempenho e saúde desta categoria animal, além de trazer, também, uma discussão sobre o uso de enzimas carboidrases e fitases exógenas na alimentação avícola.

2. Moringa oleifera: propriedades e características gerais

O gênero *Moringa sp.*, pertencente à família Moringaceae (ordem Papaverales), do qual 14 espécies já foram identificadas, sendo a mais popular *Moringa oleifera* Lam (ANAWAR et al., 2007). São plantas amplamente distribuídas por grande parte da Ásia, África e Américas (BARRETO et al., 2009). A *Moringa oleifera* foi introduzida no Brasil na década de 50 como uma planta ornamental, ocorrendo, a partir daí sua disseminação, com destaque, principalmente, para os estados da região nordeste (CYSNE, 2006).

Relatos na literatura mostram que esta planta foi amplamente apreciada por povos antigos, principalmente egípcios, gregos, romanos e indianos que utilizavam os óleos extraídos das sementes para a fabricação de perfumes, bem como outras partes da mesma para alimentação, sugerindo que estes povos já detinham conhecimentos sobre as suas características nutricionais e medicinais (JESUS et al., 2013; MAHMOOD et al., 2010; ODEE, 1998).

É caracterizada por apresentar porte arbóreo, alta taxa de crescimento (cerca de 1,5 cm por dia), podendo chegar, em média, a 7 a 12 m de altura e possuir rendimento de até 8,3 toneladas de MS/ha aos 45 dias de corte (BARRETO et al., 2009; BONAL et al., 2014; CYSNE, 2006; PÉREZ et al., 2010). Nativa do norte da Índia, pode ser encontrada, atualmente, em vários países tropicais e subtropicais, visto que possui grande capacidade de propagação e adaptação às condições edafoclimáticas dessas áreas, com especial destaque para a região nordeste do Brasil, tais como longos período de estiagem, baixa incidência de chuvas e altas temperaturas (ANEWAR et al. 2007; OLSON e FAHEY, 2011; ROSA, 1993). É uma espécie de cultivo promissor nos trópicos, mantendo alta produção de matéria verde na estação seca, onde outras fontes forrageiras são escassas (ALIKWAE e OMOTOSHO, 2013).

A moringa apresenta cor de casca variando de branca a bege-clara, lenho poroso com pouca resistência e colocação amarela. A cor das flores varia de branca a creme, perfumadas e agrupadas em inflorescências terminais sendo muito apreciadas por abelhas e pássaros que são seus agentes de polinização (KILL et al., 2012). As folhas são compostas, alternadas, bipenadas e de colocação verde clara (SILVA, 2013). O fruto é do tipo cápsula loculicida, de aspecto seco

e de coloração marrom, no seu interior apresenta cápsulas onde são acomodadas as sementes, sendo estas globóides, aladas, de cor marrom médio e possuem em seu interior uma massa oleosa e esbranquiçada (GUALBERTO et al., 2015; RAMOS et al., 2010). Na figura 1 são mostradas estas estruturas.



Figura 1: Estrutura da planta *Moringa oleifera*. A: folhas, B: frutos, C: sementes e D: flores

Seu cultivo pode ser realizado em qualquer tipo de solo, apresentando limitação de crescimento apenas naqueles que possuem possibilidade de encharcamento, sendo capaz de crescer desde regiões litorâneas até 1.400 metros de altitude (JESUS et al., 2013, PASSOS et al., 2013). Pode reproduzir-se tanto de forma sexuada quanto assexuada, é tolerante a solos levemente ácidos, pobres e com pouca disponibilidade de água (FOIDL et al., 2003; PASSOS et al., 2013).

Diferentes partes da planta podem ser utilizadas para inúmeras finalidades, desde a purificação de água (sementes) até a alimentação humana e animal (folhas e tubérculos), visto que as estruturas filiares apresentam grande valor nutricional, principalmente no seu perfil aminoacídico, representando também rica fonte vitaminas A e C, betacaroteno e ferro (BARRETO et al., 2009; MAKKAR e BECKER 1997; OLUGBEMI et al., 2010). Esta hortaliça possui grande versatilidade e a indústria já explora seu potencial econômico e farmacêutico, visto que todas as suas partes podem ser utilizadas para fins industriais e medicamentosos (OLSON e FAHEY, 2011).

3. Folhas de *Moringa oleifera*: Composição química e nutricional

A *Moringa oleifera* possui propriedades nutricionais importantes que a tornam uma excelente candidata para ser utilizada na alimentação animal. No entanto, seu valor nutricional está diretamente relacionado às condições em que a planta foi cultivada, levando a variação nos valores bromatológicos determinados por diferentes trabalhos (VALDIVIÉ-NAVARRO et al., 2020). Segundo Qwele et al. (2013), esta planta se tornou mundialmente conhecida devido ao seu valor nutricional e medicinal, apresentando valores consideráveis de vitaminas, minerais e aminoácidos essenciais, principalmente em suas folhas. Segundo Anwar et al. (2005) e Makkar e Backer (1996) as folhas desta planta tem concentração relevantes de nutrientes essenciais, tais como cálcio, fósforo, cobre, vitaminas (A, E, C, B₆ e ácido fólico), proteínas e aminoácidos essenciais (dentre eles lisina, metionina, triptofano e cistina).

Fahey et al. (2005) relatam que as folhas da *Moringa oleifera* são uma fonte de alimento bastante promissor, uma vez que permanecem com cobertura foliar mesmo em períodos de estiagem, tornando-se importante fonte matéria verde em regiões semiáridas.

Quanto ao teor de matéria seca (MS), pesquisas realizadas mostram uma variação entre 88,24 % a 92% (VALDIVIÉ-NAVARRO et al., 2020). Macambira et al. (2018), trabalhando com a determinação dos valores de energia metabolizável da *Moringa* para frangos de corte, encontrou valores de MS, para o farelo de folhas de *Moringa*, de 90,17%.

Os valores de energia metabolizável (EM), para aves, obtidos por diferentes autores nos mostram que a maioria das pesquisas determinaram a EM por métodos indiretos, principalmente com o uso de equações de predição. Aissywede et al. (2011) utilizaram equações (EM: 3951 + 54,4 EE - 40,8 Cinzas - 88,7 FB) descritas por Lecleroq et al. (1984) e encontraram valores de 2888 kcal/g de EM para folhas de *Moringa oleifera*. Já Kaijage et al. (2015) dispendo de equações de regressão estabelecidas por Carpender e Clegg (1956) estimaram EM de 1879 kcal/kg. Outros trabalhos citam os valores de EM utilizados em seus experimentos, no entanto não esclarecem como foram determinados (NKUKWANA et al., 2015; OLUGBEMI et al., 2010). Por outro lado, Macambira et al. (2018) foi pioneiro na determinação dos valores de EM das folhas de *Moringa* utilizando ensaio com animais. O experimento, realizado no Brasil, utilizou frangos de corte da linhagem COBB 500 com idade de 14 a 22 dias de idade e teve por objetivo a determinação dos valores e EM e coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes da *Moringa oleifera* para esta categoria animal, encontrando 2845 kcal/kg de EM.

Oliveira (2019), estudando a composição química e determinando os valores de EM de folhas de Moringa de diferentes localidades para galinhas poedeiras e frangos de corte, encontrou valores de 3183 e 2799 kcal/kg de EMAn para as folhas provenientes de Carpina e Serra Talhada, no estado de Pernambuco, Brasil, respectivamente.

Teores de proteína bruta (PB) encontrados na literatura apresentam grande variação muitas vezes relacionadas às diferentes origens, idades de corte, condições edafoclimáticas e de solo, relação folha/caule e adubação, que podem afetar a composição química e nutricional das forrageiras utilizadas na alimentação animal (ARRUDA et al., 2010; CARVALHO e PIRES, 2008).

Zheng et al. (2016) estudaram a produção e a qualidade das folhas de Moringa sobre diferentes densidades de plantio e alturas de corte no sudoeste da China durante dois anos consecutivos. O experimento concluiu que maiores densidades de plantio (0,2x0,2cm) e alturas intermediárias de corte (30cm) proporcionaram maior rendimento de MS. Outros achados interessantes do trabalho é que valores maiores de PB foram encontrados na época chuvosa, ficando em torno de 23,53% e 25,76% no ano de 2011 e 2012, respectivamente. No período seco estes valores foram, em média, de 22,41% e 23,28% nos referidos anos. Os teores de Fibra Bruta (FB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e cinzas foram mais elevados na estação seca.

Montayoba et al. (2011) encontrou porcentagens de PB, para folhas de Moringa, de 32%, em contrapartida, Macambira et al. (2018), trabalhou com mesmo material contendo 18,31%. Segundo Moura et al. (2010) os valores médios de PB para esta planta ficam em torno de 25%. Oliveira (2019), utilizando *Moringa oleifera* de três diferentes origens, defrontou-se com valores de PB de 21,76%, 23,80% e 17,36% para folhas da planta cultivadas nas regiões de Serra Talhada/Pernambuco, Carpina/Pernambuco e Aracajú/Sergipe, respectivamente. Marinho (2016) registrou valor médio de 30,93% de PB para folhas de moringa desidratadas cultivadas no semiárido brasileiro.

Referindo-se ao conteúdo aminoacídico, observa-se que a maior parte destes compostos se encontram nas folhas (SANCHEZ-MACHADO et al., 2010). Segundo Makkar e Bakker (1997), pelo menos 10 aminoácidos essenciais estão presentes dentre eles lisina, metionina, triptofano, sendo eles os três primeiros aminoácidos limitantes nos ingredientes tradicionalmente utilizados nas formulações de rações para aves e suínos.

Macambira et al. (2018), Oliveira (2019) e Silva-Júnior (2017) determinaram os valores de aminoácidos das farinhas de folhas de moringa utilizadas em seus respectivos trabalhos. Mesmo possuindo um bom perfil aminoacídico, por se tratar de uma fonte de origem vegetal, a

disponibilidade destes nutrientes irá depender da biodisponibilidade do mesmo após a digestão das proteínas, já que a disponibilidade de proteínas de origem vegetal é inferior às de origem animal (SILVA-JÚNIOR, 2017; TEIXEIRA et al., 2014). Além disso, segundo Valdivié-Navarro et al. (2020), a moringa é uma fonte considerável de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), estes sendo indispensáveis para o crescimento e produção de animais não ruminantes.

As variações encontradas nos valores de PB e AA encontrados entre os diferentes estudos tem sido associadas a diferentes fatores tais como: variedades genética, fotoperíodo, temperatura, quantidade de radiação, perdas durante a moagem, umidade, métodos de cultivo, erros de análises e perdas durante a estocagem (JOSHI e MEHTA, 2010; LEONE et al., 2015; OGBE e AFFIKU, 2011; SÁNCHEZ et al., 2006). As quantidades significativas de proteínas e aminoácidos, principalmente arginina, lisina, metionina e cistina, nas folhas de *Moringa oleífera* caracterizam esta como uma fonte importante desses nutrientes para animais não ruminantes (VALDIVIÉ-NAVARRO, 2020). A metionina e a cistina são essenciais nos processos de crescimento e desenvolvimento de suínos em aves, visto que são indispensáveis nos processos na produção de energia e síntese de proteína, além de estarem associadas a melhorias no peso dos ovos, relação albúmen/gema em poedeiras e incrementos na eficiência alimentar e desempenho de frangos de corte (ELNESR et al., 2019; ELWAN et al., 2019; MARTÍNEZ et al., 2017; SAFAA et al., 2008). Por outro lado, a arginina além de estimular a síntese de proteínas, está envolvido na síntese de óxido nítrico e creatina, além de reduzir a agregação plaquetária em animais, enquanto que a lisina participa da síntese de enzimas, hormônios e anticorpos, estimula a produção de ovos em poedeiras e aumenta o peso de cortes nobres, tal como o peito, em frangos de corte (LIAO et al. 2015; SIKALIDIS, 2015)

Em relação à composição fibrosa, valores encontrados por Macambira et al. (2018), mostram que a maior parte desta fração encontrada nas folhas refere-se à porção solúvel deste nutriente. No referido trabalho os pesquisadores determinaram valores de 41,99% de FDN e 23,46% de FDA. Marinho (2016) registrou valores médios de 17,72% FDN e 14,30% FDA para folhas de moringa com menos de 45 dias de idade que possuíam menos proporção de pecíolos, talos e caules. No fracionamento da fibra de acordo com métodos propostos por Van Soest (1967), a hemicelulose é solubilizada em detergente ácido e que arabinose, xilose, glicose, manose e ácido glicurônico, de acordo com Souza (2017), são os principais constituintes das hemiceluloses que fazem parte da fração solúvel da parede celular vegetal. Além disso, segundo Pérez et al. (2010), a Moringa representa um dos vegetais com maior concentração de carboidratos solúveis.

É conhecido que diversos fatores afetam a qualidade nutricional das forrageiras utilizadas na alimentação animal, tais como idade, condições de cultivo, adubação e condições edafoclimáticas. A medida que a planta vai ficando mais velha, a espessura da parede celular vai aumentando devido ao acúmulo de carboidratos estruturais. Isso dificulta a digestão e o acesso das enzimas animais ao conteúdo celular desse tipo de material (CARVALHO e PIRES, 2008), levando a diminuição dos valores de digestibilidade.

Ácidos graxos de importância nutricional para animais não ruminantes já foram encontrados nas folhas de *Moringa oleifera*. Pelo menos 14 destes compostos estão presentes, dentre eles o α -linolênico e o palmítico, assim como pequenas concentrações os ácidos caprílico, láurico e araquidônico (MAKKAR e BAKKER, 2001; MOYO et al., 2011). Sanchez-Machado et al. (2010) relatam que todas as partes da moringa contêm ácidos linoleico e linolênico, denominados de $\omega 6$ e $\omega 3$, respectivamente, sendo considerados ácidos graxos essenciais para mamíferos e aves.

Segundo Broin (2006) e Moyo et al. (2013) esta hortaliça apresenta quantidades apreciáveis de vitaminas, tanto lipossolúveis (A, D, E e K), quanto hidrossolúveis, tais como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), piridoxina (B6), biotina (B7), ácido ascórbico (C). Ahmed et al. (2016), verificou quantidades de vitamina C nas folhas de *Moringa oleifera* de seis plantas diferentes, encontrando variação de 51,226 a 150,157 mg/100g. Já Marinho (2016) encontrou 485,71 mg vit.C / 100g folhas de moringa cultivadas no semiárido brasileiro.

Em relação ao conteúdo mineral, é observando que a *Moringa* possui quantidades significativas de minerais importantes, como cálcio, fósforo e ferro. Lowell (1999) encontrou valores de 2%, 0,37%, 0,87%, 282 mg/kg, 1,3% e 0,37% de cálcio, fósforo, potássio, ferro, enxofre e magnésio, respectivamente.

Siguemoto (2013) determinou a composição nutricional e propriedades funcionais da *Moringa oleifera* e determinou valores médios de composição de Ca(1933,4 mg/100g), P(450,1 mg/100g), K(1764,9 mg/100g), Na(4,7 mg/100g), Mg(505,5 mg/100g), Mn(4,0 mg/100g), Fe(13,30 mg/100g), Zn(2,50 mg/100g) e Cu(1,00 mg/100g), demonstrando assim que esta hortaliça é um fonte rica nos principais minerais de interesse zootécnico. Em estudo semelhante, Quintanilla-Medina et al. (S/A) estudando a composição química e mineral das folhas de *Moringa* encontraram teores médios de Ca (1,451%), Mg (0,218%), Mn (85,160ppm), Fe (194,53ppm), Zn (34,920ppm) e Cu (2,039ppm).

Méndez et al. (2018), pesquisando a composição bromatológica da *Moringa* em diferentes estágios de crescimento (60, 90, 120, 150 e 180 dias) verificaram que as concentrações dos

minerais analisados tendem a aumentar com o envelhecimento da planta. As médias para Ca, P e Mg encontrados ficaram em torno de 2,16%, 0,43% e 0,29%, respectivamente.

Brunelis et al. (2016) observando a influência da idade de corte (60, 90, 120, 150 e 150 dias) e época do ano (seco e chuvoso) sobre as características nutricionais das folhas de *Moringa oleifera*, demonstraram que no período seco as concentrações de MS, cinzas, FB, cálcio e magnésio aumentaram significativamente com a idade, enquanto o fósforo não sofreu influência e os valores de PB diminuíram. Efeito semelhante foi verificado na época chuvosa para a composição bromatológica, enquanto os minerais tiveram um comportamento pouco definido.

Barbosa (2018) determinou a composição mineral de diferentes alimentos, dentre eles a *Moringa oleifera*, por fluorescência de raio X. Neste trabalho foram utilizadas amostras provenientes do Egito e de Moçambique sendo observada variação quanto a composição mineral dos suplementos, caracterizados por folhas desidratadas da planta. Carzola (2019) em pesquisa sobre o potencial de uso da Moringa no tratamento da desnutrição de crianças menores de 5 anos, relata a importância desta planta na alimentação humana. Este pesquisador traz uma tabela geral de composição nutricional das diferentes partes da *Moringa oleifera*, em valores máximos e mínimos encontrados na literatura, demonstrando que estes podem ser variáveis segundo vários fatores, tais como: genética, variedade, regime de cultivo, condições edafoclimáticas, parte da planta analisada, dentre outros.

Diante do exposto fica claro que esta planta tem um grande potencial para ser utilizada como ingrediente para a alimentação de animais e humanos, visto que apresenta composição nutricional que a torna uma fonte considerável de nutrientes essenciais.

Na Tabela 1, 2 e 3 encontra-se, respectivamente, os valores bromatológicos, aminoácidos e minerais encontrados por diferentes autores.

4. Propriedades antioxidantes e antimicrobianas da *Moringa oleifera*

A indústria avícola tem buscado melhorias na qualidade dos seus produtos com o uso de fontes alimentares não convencionais que aumentam as propriedades antioxidantes dos alimentos destinados ao consumo humano, isto visando a substituição de produtos sintéticos, tais como o hidroxianisol butirato e o hidroxitolueno butirato (comumente utilizados como antioxidantes em alimentos), estes considerados cancerígenos (MA et al., 2015; MAHFUZ et al., 2017; PATHAKOT et al., 2017). Se é conhecimento por trabalhos prévios (BENNETT et

Tabela 1: Composição química das folhas de *Moringa oleifera* determinada por diferentes autores (matéria natural).

Trabalhos	Nutriente (%)							
	MS	PB	FB	FDN	FDA	EE	MM	EM (kcal/kg)
Kakengi et al. (2007)	86,00	29,70	22,50	-	-	4,70	5,17	1879
Perez et al. (2010)	89,60	24,90	23,60	-	-	4,60	10,40	-
Olugbemi et al. (2010 ^a)	93,70	27,40	6,30	-	-	9,10	11,40	-
Olugbemi et al. (2010 ^b)	94,60	28,00	7,10	-	-	5,90	12,20	-
Sánchez-Machado et al. (2010)	-	22,42	-	-	-	4,96	14,60	-
Moyo et al. (2011)	-	30,20	-	8,50	11,40	6,50	7,69	-
Abou-ellez et al. (2011)	91,20	17,70	-	44,40	27,10	-	9,61	-
Melesse et al. (2011)	-	28,90	8,51	16,70	12,10	6,70	12,20	-
Ayssidwede et al. (2011)	92,20	28,50	11,70	-	-	9,80	13,6	2888
Ogbe & Affiku (2011)	96,79	17,01	7,09	-	-	2,11	7,93	-
Mohammed et al. (2012)	-	22,73	-	27,62	-	-	-	-
Sharma et al. (2012)	-	20,5	19,50	-	-	2,60	5,13	-
Alikwe et al. (2013)	-	18,20	15,80	-	-	7,60	13,60	-
Isitua et al. (2015)	-	24,30	10,20	-	-	9,22	11,5	-
Kaijage et al. (2015)	-	-	-	-	--	-	-	1879
Valdez-Solana et al. (2015) ^{&}	96,66	10,74	7,29	-	-	10,31	10,71	-
Valdez-Solana et al. (2015) ^{&}	96,94	11,78	9,46	-	-	10,21	11,18	-
Nkukwana et al. (2015)	-	29,80	-	20,80	13,70	5,63	10,81	2725
Liaqat et al. (2016)	89,90	29,00	9,31	-	-	-	-	-
Lima (2016)	87,90	18,10	-	43,70	30,10	3,90	11,30	-
Lu et al. (2016)	86,73	21,95	25,00	-	-	9,42	13,70	2034
Marinho (2016)	92,80	30,90	-	17,70	14,30	8,90	7,90	2816
Silva-junior (2017)	90,00	18,00	43,80	47,50	26,20	4,02	10,60	1782
Sá (2018)	88,20	21,70	-	35,90	22,90	6,08	10,01	-
Macambira et al. (2018)	90,20	18,30	-	41,90	23,40	8,60	11,10	2845
Ahmad et al. (2018)	92,40	26,60	-	-	-	6,80	11,10	-
Oliveira (2019) (c)*	87,37	23,80	8,22	37,87	17,60	8,67	11,18	3508 ^a
Oliveira (2019) (s)**	86,30	21,76	8,68	30,20	15,21	8,50	15,94	3167 ^a
Oliveira (2019) (a)***	84,44	17,36	9,54	40,53	19,20	9,54	16,10	3685 ^a
Almeida et al. (2020)	87,7	20,24	-	50,37	-	-	14,16	1793

Adaptado de Oliveira (2019). *Moringa cultivada em Carpina/Pernambuco; **Moringa cultivada em Serra Talhada/Pernambuco; ***Moringa cultivada em Aracajú/Sergipe. ^aValores determinados no experimento I do referido autor para galinhas poedeiras da linhagem Dekalb Withe. [&] moringa provenientes de dois locais diferentes.

Tabela 2: Composição aminoacídica de folhas de *Moringa oleífera* determinada por diferentes autores, na matéria seca.

AMINOÁCIDO	Foild, Makkar e Backer (2001) ¹	Moyo et al, (2011) ¹	Mutayoba et al (2011) ²	Okereke et al. (2013) ¹	Lu et al. (2016)	Silva-Junior, (2017) ¹	Macambira et al. (2018) ¹	Oliveira (2019) ^{2*}	Oliveira (2019) ^{2*}
Proteína bruta	25,10	30,29	30,65	-	21,95	18,03	18,31	21,76	23,80
Metionina	0,50	0,29	0,95	0,95	0,10	0,28	0,31	0,25	0,40
Lisina	1,41	-	1,40	3,60	1,07	0,81	0,93	0,79	1,21
Leucina	2,18	1,96	2,01	5,22	1,54	1,29	1,49	1,30	2,09
Isoleucina	1,13	1,18	1,09	2,33	0,75	0,69	0,77	0,75	1,18
Cistina	0,33	-	-	-	0,24	0,17	0,21	0,24	0,32
Fenilalanina	1,55	1,64	1,62	4,26	1,12	0,97	0,93	1,07	1,63
Tirosina	0,97	2,65	0,88	2,20	0,54	-	-	-	-
Valina	1,42	1,41	1,40	3,36	0,97	0,83	0,97	0,98	1,46
Histidina	0,75	0,72	-	-	-	0,33	0,38	0,73	0,59
Treonina	1,17	1,36	1,02	4,38	0,82	0,72	0,77	0,77	1,16
Serina	1,03	1,09	-	4,20	0,89	0,71	0,74	0,89	1,21
Ácido Glutâmico	2,22	2,53	-	2,53	2,60	1,73	2,03	2,73	2,54
Ácido Aspartico	2,57	1,43	2,98	1,43	1,91	1,43	1,53	1,88	3,72
Prolina	1,36	1,20	1,19	-	0,75	0,72	0,86	0,83	1,20
Glicina	1,37	1,53	1,19	5,15	0,94	0,85	0,89	0,84	1,26
Alanina	1,87	3,03	1,48	3,43	1,15	0,92	1,08	1,01	1,44
Arginina	1,56	1,78	1,62	1,88	1,13	0,84	0,99	1,28	1,51
Triptofano	0,52	0,49	0,44	-	0,83	-	0,366	-	-

¹Valores expressos em g/16g de N; ²valores expressos em %.**Moringa oleifera* de duas localidades distintas.

al., 2013; MAKKAR e BECKER, 1997; MBKAY 2012; MOYO et al., 2011; OGBE E AFIKKU, 2011) o potencial farmacológico e promotor de crescimento dos compostos e metabólicos bioativos presentes nas folhas da *Moringa oleifera*. As suas concentrações, assim como a composição nutricional, estão intimamente relacionadas ao estado de maturidade/desenvolvimento, genética e demais condições já citadas (BENNETT et al., 2013; FÖSTER et al., 2015; OGBE E AFFIKU, 2011).

Diversos compostos fitoquímicos presentes nas folhas da moringa possuem efeito antioxidante, tais como carotenoides, ácido ascórbico e tocoferóis, que tem a propriedade de proteger as membranas celulares do dano oxidativo causado por espécies reativas de oxigênio produzidos durante o metabolismo. O conjunto de ações desses metabólicos, leva as folhas desta planta a possuírem papel importante no controle de doenças, como vários tipos de cânceres, diarreia e asma (DAS et al., 2012; GUPTA et al., 2018; MOYO et al., 2012; QWELE et al., 2013; SIANI et al., 2014;). Dahot (1998) isolou pequenas estruturas proteicas e peptídicas que possuíam atividade antimicrobiana e antifúngica, apesar de os pesquisadores não terem nominado esses compostos, os testes realizados mostram a atividade antibacteriana destes contra *Escherichia coli*, *Klebsiella aerogenes*,

Tabela 3: Composição Mineral de folhas de *Moringa oleifera* determinada por diferentes autores, na matéria natural

Nutriente (%)

Trabalhos	Ca	P	K	Na	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	Cl
Ogbe e Affiku (2012)	1,91	0,003	0,97	0,019	0,008	0,38	0,011	0,006	6,10	-
Alikwe & Omotsho (2013)	0,49	0,36	1,38	0,67	0,27	0,12	0,011	0,054	0,014	-
Siguemoto (2013)	1,93	0,45	1,76	0,005	0,50	0,004	0,001	0,003	0,001	-
Leone et al. (2015)(CH) ⁽¹⁾	1,84	-	-	0,31	0,56	-	0,017	0,002	-	-
Leone et al. (2015)(SC) ⁽¹⁾	2,74	-	-	0,79	0,49	-	0,041	0,003	0,001	-
Leone et al. (2015)(HA) ⁽¹⁾	2,15	-	-	0,26	0,53	-	0,012	0,002	0,001	-
Brunelis et al. (2016) ⁽²⁾	1,65	0,40	-	-	0,27	-	-	-	-	-
Marinelli (2016)	1,45	-	1,60	0,28	-	-	-	-	-	-
Milanés & Medina (2017) ⁽³⁾	1,75	0,36	2,23	-	0,19	-	-	-	-	-
Milanés & Medina (2017) ⁽³⁾	2,57	0,29	2,57	-	0,40	-	-	-	-	-
Milanés & Medina (2017) ⁽³⁾	1,37	0,27	2,06	-	0,35	-	-	-	-	-
Méndez et al. (2018)	2,16	0,43	-	-	0,29	-	-	-	-	-
Barbosa (2018)(ME) ⁽⁴⁾	2,60	-	1,60	-	-	73,20	840**	26,40**	8,90**	1,29
Barbosa (2018)(MM) ⁽⁴⁾	1,60	-	1,50	-	-	45,50	584**	29,00**	10,50**	0,52
Carzola (2019)	1,88-2,08	-	-	-	-	-	0,028-0,038	-	-	-
Almeida et al. (2020)	2,27	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Quintanilla-Medina et al. (S/A)	1,45	-	-	-	0,22	0,009	0,019	0,003	0,0002	-

Valores expressos em µg/g. ⁽¹⁾Plantas provenientes de três locais distintos **CH: Chad, **SC**: Sahrawi Camps e **HA**: Haiti. ⁽²⁾Os valores minerais aqui expostos são resultado da média das variáveis no período seco e chuvoso para a idade de 60 dias de corte (ver texto). ⁽³⁾ Moringa proveniente de duas origens **ME**:Egito e **MM**:Moçambique. ⁽³⁾Plantas provenientes de três localidades diferentes (Dois da Índia e um da Nicarágua, respectivamente). ⁽²⁾Os valores minerais aqui expostos são resultado da média das variáveis no período seco e chuvoso para a idade de 60 dias de corte (ver texto). ⁽⁴⁾ Moringa proveniente de duas origens **ME**:Egito e **MM**:Moçambique.

Staphylococcus aureus, *Bacillus subtilis* inibindo também o crescimento de fungos das espécies de *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* e *Penicillium expansum*.

A Moringa é uma fonte de inúmeros compostos com atividade antioxidante, tais como flavonoides, ácido ascórbico, alfa-tocoferol, beta caroteno, polifenóis, tiocarbonados, glicosídeos e compostos fenólicos (ANWAR et al., 2005; HASSAN et al., 2016; MAKKAR e BECKER, 1996; SIDDRAJU e BECKER, 2003).

Várias partes desta planta, tais como vagens, folhas, raízes, flores e sementes são utilizadas pela medicina indígena africana e asiática para o tratamento de inflamações, distúrbios cardiovasculares, gastrointestinais e hematológicos, assim como infecções (MORIMITSU et al. 2000). Jayawardana et al. (2015) avaliando a atividade antioxidante e antimicrobiana das folhas de Moringa em embutidos de frango, encontrou 25mg (equivalentes ao ácido gálico) de compostos fenólicos. Este trabalho demonstrou que as folhas foram capazes de diminuir significativamente a peroxidação lipídica desde tipo de produto em comparação ao grupo que não a recebeu.

A presença de flavonoides nas folhas dessa hortaliça pode melhorar o aproveitamento de proteína bruta e de outros nutrientes, visto que tem propriedades antioxidante e antibacterianas, melhorando assim o ambiente intestinal e trazendo benefícios para a digestão e absorção de nutrientes (HASSAN et al. 2016).

Gupta et al. (2018) encontrou diminuição no conteúdo dos peróxidos lipídicos e aumento nas atividades das enzimas relacionadas ao controle da oxidação, como a Superóxido Desmutase, Glutathione-S-Transferase e Catalase em extratos de folhas de Moringa. Ainda, Sharma e Singh (2010) verificaram aumento na atividade dessas enzimas e redução da peroxidação lipídica no fígado de ratos quando utilizou extrato de folhas desta planta.

Pesquisas desenvolvidas por Jaiswal et al. (2013), Jayawardana et al. (2015) e Luqman et al. (2012), determinaram o conteúdo de compostos fenólicos em extratos foliares de Moringa, como flavonoides e fenóis, em equivalentes de ácido gálico, e encontraram valores de 40mg/g, 12,12mg/g e 24mg/g, respectivamente. Marinho (2016) trabalhando com folhas no semiárido brasileiro encontrou valores de 105,15 mg/100g de polfenóis totais, 1,48 mg/100g de carotenoides, 1,02mg/100g de antocianinas e 25,76 mg/100g de flavonoide.

Leone et al. (2015a) identificou a presença de ácido ferúlico e salicílico nas folhas de *Moringa oleifera* em concentrações variando de 304 a 427 mg e 0,14 a 0,33 mg para cada 100g do material, respectivamente. O ácido ferúlico está presente em várias plantas e possui propriedades ativas relacionadas a prevenção de câncer e atividades antioxidante, antibacteriana e anti-inflamatória (MARCATO et al. 2017), enquanto o ácido salicílico parece ter a função na prevenção de alguns tipos de câncer (DACHINELI et al., 2016).

Dahot (1998) relata que várias estruturas proteicas e peptídicas determinam a atividade antimicrobiana e antifúngica desta planta. Fahey (2005) diz que a dissociação da ptergospermina em isotocinato de benzila é o que dá as folhas dessa hortaliça sua atividade no controle do crescimento de microrganismos. Outros trabalhos como o de Bukar et al. (2010) e Jayaeardana et al. (2015) já mostram o potencial da Moringa no controle e/ou inibição do crescimento de várias espécies de bactérias, tais como a *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*.

5. Fatores Antinutricionais

Os fatores antinutricionais são compostos secundários que exercem funções no organismo vegetal (FRANCIS et al., 2001) e são utilizados para a interação da planta com o meio ambiente, mas em si, não apresentam funções fisiológicas importantes no que se refere ao crescimento, desenvolvimento e reprodução vegetal (SOUZA et al., 2019). Estes são capazes de reduzir ou até impedir, em nível digestivo e/ou metabólico, o aproveitamento de alimentos de origem vegetal pelos animais (JAYSENA e JO, 2013). Segundo Petra e Sexena (2010) o valor biológico de qualquer ingrediente não está limitado apenas à sua composição bromatológica, visto que muitos alimentos possuem até bom valor nutricional, mas também a presença de fatores antinutricionais que podem comprometer a disponibilidade e consequente aproveitamento dos mesmos.

Mesmo a Moringa possuindo baixas quantidades desses compostos, suas concentrações, nas folhas, são variáveis devido a fatores como genética, estágio de crescimento, maturidade da planta, condições edafoclimáticas, desafios referentes a pragas e doenças, assim como variações quanto aos procedimentos de secagem, processamento, amostragem e efeitos dos diferentes métodos de análise empregados em laboratórios (FÖRSTER et al., 2015; JOSHI e MEHTA, 2010; LEONE et al., 2015). Segundo Makkar e Becker (1999) e Foidl et al. (2001) a maior parte dos fatores antinutricionais presentes na moringa se encontram nas sementes. A seguir são discutidos os principais compostos antinutricionais presentes nas folhas desta planta.

5.1. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são moléculas caracterizadas por apresentarem um grupo hidroxila ligado a um hidrocarboneto aromático (Figura 2) (SOUZA et al. 2019). Estes podem ser classificados como simples ou polifenóis, dependendo da quantidade de fenóis (forma mais simples desses compostos) presentes na molécula (MUELLER-HARVEY, 2006). Os compostos fenólicos estão envolvidos em mecanismos de resistência das plantas contra o ataque de fungos, bactérias e vírus e estão amplamente distribuídos nos vegetais (SANTOS et al., 2011; STANGARLIN et al., 2011). Exemplos de compostos fenólicos são os taninos, lignina e flavonóides.

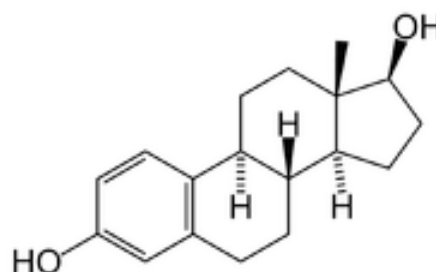


Figura 2: estrutura química básica de um composto fenólico

Valdivié-Navarro et al. (2020) relatam concentrações médias de 2,89% de polifenóis nas folhas de moringa. Gupta et al. (1989), estudando a composição química e a presença de compostos antinutricionais em folhas de diferentes vegetais, encontraram 27,30mg/g de fenóis totais (equivalente ao ácido tânico) nas folhas desta planta. Já Moyo et al. (2011) e Marinho (2016), analisando mesmo tipo de material, detectou concentrações de 2,02% e 105,15mg/100g, de polifenóis totais, respectivamente.

Dentre os compostos fenólicos presentes na moringa será dado, nesta sessão, ênfase aos taninos e lignina.

5.1.1. Taninos

Os taninos são compostos fenólicos que apresentam pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas e possuem a capacidade de formar complexos insolúveis com macromoléculas e minerais, que afetam de forma negativa o aproveitamento nutricional de alimentos que os contêm em grandes quantidades (AGUILAR et al., 2013; ARBENZ e AVALOIS, 2015; BELE et al., 2010). Estes

compostos secundários estão envolvidos na defesa vegetal contra patógenos e animais herbívoros, protegem os cloroplastos contra fotodegradação e tem, nas sementes, funções de atração de agentes polinizados e dispersores (AERTS et al., 1999; SINGH et al., 2013).

De modo geral, segundo Naumann et al. (2017), os taninos podem ser classificados em dois tipos: condensados e hidrossolúveis (não condensados), possuindo estruturas químicas diferentes (Figura 3). Os taninos hidrossolúveis ou não condensados, quando submetidos a hidrólise ácida, liberam um açúcar e ácidos fenólicos, tais como o ácido gálico e o cefálico. Já os taninos condensados são grandes moléculas (polímeros) de flavanóides e, apesar de estarem em maiores quantidades nas plantas, constituem as estruturas lenhosas dos vegetais, estando envolvidos nos processos de cicatrização dos mesmos (SILVA e SILVA, 1999).

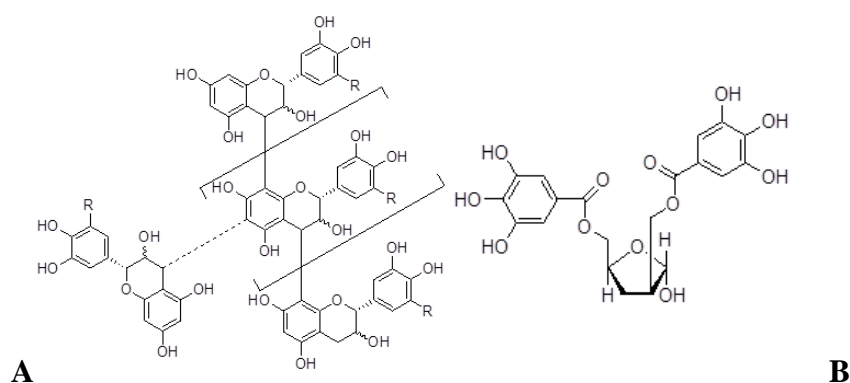


Figura 3: estrutura química dos taninos condensados (A) e hidrossolúveis (B)

São característicos por apresentar sabor adstringente levando a diminuição da atratividade e comprometimento na ingestão de fontes alimentares ao qual estão presentes (NEUMANN et al., 2017). Concentrações de tanino de 1,40% (MAKKAR e BECKER, 1997), 3,20% (MOYO et al., 2011) e 2,12% (OGBE e AFFIKU, 2011) foram encontrados nas folhas de *Moringa oleifera*.

5.1.2. Lignina

A lignina é um composto fenólico que tem função de proporcionar uma maior resistência a hidrólise enzimática, além de promover rigidez a parede celular vegetal, sendo o terceiro componente mais abundante nas plantas, atrás apenas da celulose e

hemicelulose (SILVA et al., 2012; SOUZA et al., 2019). É uma macromolécula de polímeros de fenilpropenóides ramificados (Figura 4) e tem sua origem nos compostos comaril, coniferil, ou álcool sineptil, sendo estes sintetizados a partir do aminoácido fenilalanina (TAIZ e ZEIGER, 2004). A molécula de lignina é formada por percussores de compostos fenólicos e constitui importante obstáculo para a digestão da fibra, visto que se liga aos constituintes da parede celular (MOEDA et al., 2012; SOUZA et al., 2019). Segundo Saliba et al. (2001) a lignina desempenha papel importante no transporte de água e nutrientes em organismos vegetais, visto que constitui o principal componente dos tecidos vasculares nestes. Além disso, desempenha ações de proteção nas plantas contra microrganismos já que confere a rigidez das principais estruturas presente nas mesmas, tais como caule e vasos de transporte.

Makkar e Becker (1997) determinaram a composição química das folhas da *Moringa oleifera* e encontraram valores de Lignina em Detergente Ácido (LDA) de 22g/kg com base na matéria seca. Valdivié-Navarro et al. (2020), em seu levantamento, relatam que as quantidades de LDA, assim como outros componentes da fibra (fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e hemicelulose), são relativamente altos nas folhas desta planta, variando de 5,43 a 13,66%.

5.2. Fitato

O fitato ou ácido fítico (Figura 5) é um composto secundário presente no organismo vegetal com função de armazenamento de nutrientes, não possuindo funções específicas de proteção, mesmo sendo um componente natural presente nestes organismos (STECH et al., 2010).

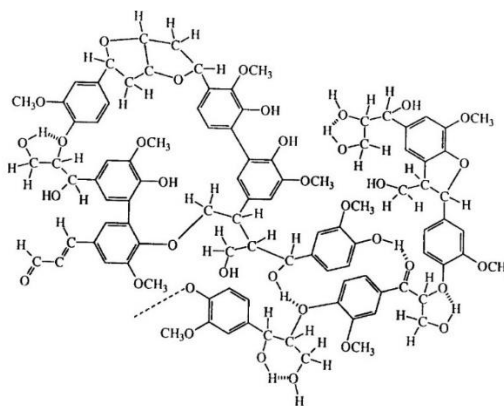


Figura 4: Estrutura molecular da lignina

Formado durante os processos naturais de maturação das plantas, o ácido fítico tem a capacidade de se complexar e, conseqüentemente, imobilizar diversos minerais, principalmente cátions bivalentes, tais como fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco, tendo capacidade de se ligar a proteínas, fibras e outros nutrientes (FALOWO et al., 2018; STECH et al., 2010; ZHANG et al., 2010). Estima-se que cerca de 2/3 do total de fósforo presente na planta esteja complexado com o fitato fazendo parte de sua constituição (VIEIRA et al., 2016).

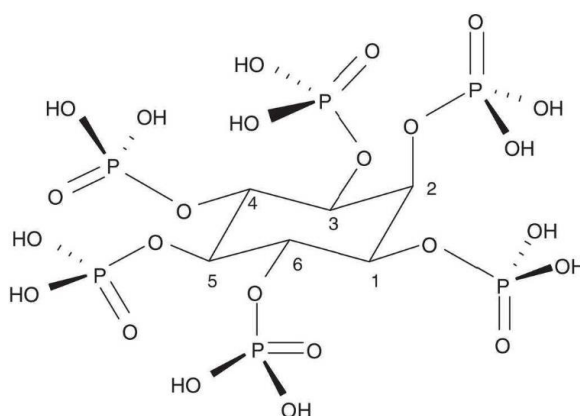


Figura 5: Estrutura molecular do Fitato.

Esta complexação torna estes nutrientes indisponíveis para a utilização pelos animais não ruminantes, visto que esta classe de organismos não produz endogenamente a enzima fitase, necessária para o desdobramento do fitato, tendo como conseqüências o aumento da excreção de minerais e nitrogênio, com seus respectivos efeitos ambientais (BERNAL et al. 2006). A maior excreção de nitrogênio ocorre em função do efeito do fitato em reduzir a taxa de conversão do pepsinogênio em pepsina no estômago, comprometendo a digestão de proteínas (LIU e COWENSON, 2011; WAYENGO et al., 2010).

O conteúdo médio de fitato presente nas folhas de *Moringa oleifera* encontram-se em torno de 2,56%, segundo Valdivié-Navarro et al. (2020). No entanto, existe variação quanto ao teor desse elemento nas folhas da planta. Gupta et al. (1986) determinaram a concentração de compostos antinutricionais nas folhas de diversas plantas e encontrou valores de fitato, para a *Moringa*, em torno de 3,1%, mesmo resultado encontrado por Makkar e Becker (1996). Ogbe e Affiku (2011), trabalhando com material proveniente da Nicarágua, estabeleceram porcentagens de 2,59% para o fitato. Já Leone et al. (2015b) determinaram a concentração química e de compostos fenólicos das folhas de *Moringa*

provenientes de três localidades distintas e verificaram valores de fitato de 2,95%, 3,03% e 2,55%.

Com isso, devido aos teores consideráveis de ácido fítico presente na *Moringa oleifera*, principalmente em suas folhas, é recomendando o uso de fitase exógena em dietas avícolas que contenham a planta, visando o melhor aproveitamento mineral e nutricional presente no ingrediente, com conseqüentes diminuições nos custos com suplementação mineral inorgânica e efeitos ambientais negativos devido a maior excreção de minerais e nitrogênio para o ambiente (ABD EL-HACK et al., 2018; BERNAL et al., 2006; PLUSTEAD et al., 2007).

5.3. Saponinas

As saponinas são compostos glicosilados derivados do metabolismo secundário vegetal e estão relacionados o sistema de defesa do organismo. Estas substâncias são encontradas em tecidos mais susceptíveis ao ataque de microrganismos (principalmente bactérias e fungos) e insetos predadores (MONTEIRO et al., 2005; PATRA e SAXENA et al., 2010; STANGARLIN et al., 2011). As saponinas podem ser classificadas como saponinas esteroides ou tetraterenóides (MUNAFO e GIANFAGNA, 2015).

Segundo Goel e Makkar (2012), as moléculas das saponinas são anfifílicas, ou seja, parte da cadeia tem características lipofílicas (onde está localizado o triterpeno ou o esteroide) e a outra hidrofílica (onde encontra-se o açúcar). Sendo distribuídas amplamente na natureza, estas substâncias têm a capacidade de formar grupos heterogêneos com esteroides, tetraterpenoides e glicosídeos e chamaram a atenção da ciência por apresentarem atividades hipocolestorêmicas (SOUZA et al., 2019).

Valdivié-Navarro et al. (2020) comentam que as concentrações de saponinas, nas folhas de *Moringa*, são variáveis entre 1,6% a 8,1%, estes valores demonstrando que este vegetal tem quantidades moderadas destes compostos. Makkar e Becker (1996) encontraram valores de saponinas de 5,0% nas folhas desta planta, enquanto Ogbe e Affiku (2011) determinaram porcentagens de 1,60%.

5.4. Inibidores de protease

Os inibidores de enzimas proteolíticas, tal como a tripsina e quimotripsina, são a classe de inibidores enzimáticos mais importantes nos alimentos de origem vegetal, visto que possuem a capacidade de inibir a atividade dessas moléculas e comprometer,

consequentemente, a digestibilidade e aproveitamento das proteínas (BENEVIDES et al., 2011).

Segundo Stangarlin et al. (2011) os inibidores de proteases têm o efeito de reduzir ou impedir completamente a ação de enzimas proteolíticas de animais e microrganismos, mas não de plantas, sendo estocadas em sementes e tubérculos desses organismos como meio de proteção contra a predação. Em sementes, por exemplo, esses metabólitos secundários inibem a ingestão dessas estruturas pelos predadores, o que acarreta maior probabilidade de sobrevivência do embrião ali contido (SOUZA et al., 2019).

As quantidades desses inibidores são relativamente baixas nas folhas de Moringa, estando, nestas estruturas, em torno de 3,00% segundo Ogbe e Affiku (2011). Vanderjagt et al. (2000) estudando as concentrações de inibidores de tripsina antes e depois da fervura por cinco minutos de mais de 60 plantas naturalmente utilizadas na alimentação no Níger, encontraram baixas concentrações desses inibidores ($0,06\mu\text{g}/\text{mg}$ de peso seco da folha) e que estas quantidades diminuiriam ainda mais ($<0,02\mu\text{g}/\text{mg}$) quando as folhas passaram pelo tratamento térmico.

5.5. Glicosídeos cianogênicos

Os glicosídeos cianogênicos são metabólitos secundários que tem a função de defesa das plantas contra predadores e patógenos (GALINDO et al., 2017). Na presença de enzimas hidrolíticas vegetais estes compostos podem ser degradados em cianeto de hidrogênio (HCN) que, em altas concentrações, é extremamente perigoso para os animais (GALINDO et al., 2017; STANGARTIN et al., 2011).

Segundo Stangartin et al. (2011), a hidrólise de carboidratos pela enzima β -glicosidase é o processo inicial de formação do HCN. A α -hidroxinitrila formada nesta reação converte-se espontaneamente ou por ação da α -hidroxinitrila liase a cianeto de hidrogênio mais um aldeído ou cetona. A Figura 6 mostra a reação de formação HCN via hidrólise da linamarina. Segundo estes mesmos autores, processos de detoxicação podem remover boa parte desses fatores antinutricionais das plantas.

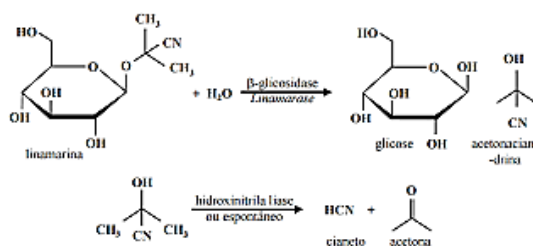


Figura 6: formação do HCN a partir da linamarina.

Segundo Gupta et al. (1989), a presença do cianeto de hidrogênio nas folhas de moringa é extremamente baixa, estando em torno de 5-6mg/kg de HCN, enquanto Oggbe e Affiku (2011) encontraram porcentagens de 0,10% nestas estruturas.

6. *Moringa oleifera*: Uso na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras

Estudos na área avícola tem se concentrado, nos últimos anos, em encontrar mecanismos fisiológicos, aplicações bioquímicas, alternativas aos antibióticos e uso de alimentos alternativos com o intuito de promover melhorias nos índices produtivos de frangos de corte e galinhas poedeiras (LU et al., 2017; MORENO-MENDOZA et al., 2021). Para tal finalidade tem-se utilizado, segundo Gopalakrishnan et al. (2016), óleos essenciais, probióticos e plantas com propriedades fitobióticas tal como a *Moringa oleifera*.

Diversos trabalhos já foram realizados com a utilização das folhas de Moringa na alimentação de poedeiras comerciais (ABOU-ELEZZ de 2011; KAKENGI et al., 2007; SILVA-JÚNIOR, 2017) e frangos de corte (GAKUYA et al., 2014; JUNIAR et al. 2008; MACAMBIRA et al., 2018; MORENO-MENDOZA et al., 2021; NKUKWANA et al., 2014; OLUGBEMI et al., 2010; PAGUIA et al., 2014; WAPI et al., 2013; ZANU et al. 2012). Na maior parte das pesquisas, as folhas foram secas ao ar, moídas em um pó fino e consideradas como farinha ou farelo de folhas (MAHFUZ e PIAO, 2019). Uma compilação dos principais trabalhos utilizando folhas de Moringa oleífera para frangos de corte e galinha poedeiras estão resumidos na Tabela 4.

Esta hortaliça apresenta grande importância para a nutrição animal, visto que possui características que a tornam candidata como alimento alternativo para aves, considerando o valor nutricional, principalmente em relação a proteínas, compostos bioativos, vitaminas e baixa concentração, nas folhas, de compostos antinutricionais e metais pesados tais como cádmio e arsênio (EBENEBE et al., 2012; DONKOR et al., 2013; MAKKAR e BECKER et al., 1997).

No entanto, certos obstáculos para a utilização desse tipo de ingrediente na alimentação de animais monogástricos ainda podem ser encontrados. Morgan et al. (2012) determinaram valores de fibra bruta de 21,70% para as folhas desta planta. Sabe-se que, por se tratar de não ruminantes, as aves possuem uma capacidade limitada para a

digestão de fibras, visto que apresentam microbiota celulolítica reduzida no intestino grosso o que pode levar, caso administrada em grandes concentrações, a distúrbios digestivos e queda no desempenho produtivo (BETERCHINI, 2012). Por outro lado, a inclusão de pequenas quantidades pode beneficiar ou manter o desempenho devido as suas propriedades promotoras de crescimento (BANJO, 2011; MACAMBIRA et al., 2018; NKAKWANA et al., 2014; NKAKWANA et al., 2015).

A capacidade de aproveitamento da fibra irá depender da solubilidade da fração presente nos alimentos utilizados na formulação das rações e da idade da ave, observa-se que aves adultas tem uma maior capacidade de aproveitamento da fração solúvel deste nutriente, visto que já possuem bom desenvolvimento do trato digestório e boa capacidade de fermentação no intestino grosso (CARRÉ et al., 1995). Lu et al. (2016) observaram que para poedeiras comerciais, aumentos nos níveis de inclusão (0%, 5%, 10% e 15%) de folhas de Moringa foi responsável pela piora da conversão alimentar devido à baixa digestibilidade da fibra e seus efeitos sobre o aproveitamento de energia e proteína.

Banjo (2012) trabalhando com Moringa na alimentação de frangos de corte observou que, a partir dos 3% de inclusão desde alimento nas rações experimentais, o ganho de peso das aves tendeu a diminuir, provavelmente devido as maiores concentrações de fibra presente nas formulações acima desta porcentagem. Zanu et al. (2012) utilizando rações contendo níveis de 0%, 5%, 10% e 15% de farinha de folhas de Moringa para frangos de corte observaram redução no ganho de peso, peso final e piora na conversão alimentar dos animais alimentados com níveis superiores a 10%. Olugbemi et al. (2010) estudaram a inclusão de moringa em dietas a base de mandioca para frangos de corte. O autor partiu de uma dieta referência (a base de farelo de milho) e rações testes com 20% ou 30% de mandioca e 0, 5 e 10% de farelo de folhas de moringa. Foi verificado quedas no desempenho dos animais com níveis de inclusão acima de 5% nos dois grupos de rações estudados.

Gadzirayi et al. (2012) estudaram o potencial de substituição da moringa sobre o farelo de soja para frangos de corte da linhagem Hubbard no período de crescimento nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%. Os resultados obtidos mostram uma queda linear no peso vivo e consumo de ração dos animais com o aumento dos níveis de substituição. Os autores atribuem esses resultados ao incremento do volume das rações que continham moringa, levando, assim, a digestas mais volumosas no trato gastrointestinal e consequentes quedas no consumo e peso vivo.

Gakuya et al. (2014) estudaram o efeito da suplementação de farinha de folhas de moringa a frangos de corte em níveis que variavam de 0, 7,5, 15 e 30%. Foram observadas quedas crescentes e significativas no ganho de peso, consumo de ração e aumentos na conversão alimentar dos animais alimentados com níveis de inclusão de 15% e 30%.

Hassan et al. (2016) conduziu um experimento com o objetivo de verificar o efeito da suplementação do farelo de folhas de *Moringa oleifera* sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte, submetidos à estresse térmico, alimentados com diferentes níveis da planta (0,1, 0,2 e 0,3%). Os pesquisadores observaram aumentos crescentes no ganho de peso e consumo de ração com o aumento da suplementação de moringa, associado à melhora da conversão alimentar, demonstrando que, nos níveis de suplementação estudados, as folhas apresentaram efeitos positivos sobre os parâmetros zootécnicos de desempenho avaliados.

Khan et al. (2017) encontraram maior ganho de peso de frangos de corte alimentados com pó de folhas de *Moringa oleifera* em nível de 1,2%. Abdulsalam et al. (2015) verificaram melhorias no desempenho (maior ganho de peso semanal e diário e menor consumo de ração) de frangos de corte, na fase final de crescimento, alimentados com níveis de inclusão de farelo de folhas variando de 0,5 a 1,0%, atribuindo esses resultados a presença de compostos bioativos nas folhas da planta e seus efeitos sobre a saúde e consequente desempenho das aves. Outros estudos não encontraram diferenças quanto ao desempenho quando utilizaram esta hortaliça em níveis variando de 0% a 10% (MACAMBIRA, 2016; ONUNKWO e GEORGE, 2015).

Pesquisas com a utilização deste ingrediente, para frangos de corte, tem demonstrado que esta categoria animal tolera níveis de até 7,5% e que valores acima de 10% levam ao comprometimento do desempenho dos animais (ASH, 1992; OLUGBEMI et al., 2010; ZANU et al., 2012). Enquanto outras mostram que porcentagens acima desta podem levar a altas taxas de crescimento e melhor status de saúde (ALNIDAWI et al., 2016; EBENEBE et al., 2012; MOREKI e GABANAKGOSI, 2014). Fatores como composição bromatológica, estado de maturação da planta, idade de corte das folhas, relação folha/caule podem estar associados às contradições das pesquisas.

Segundo Mahfuz e Xiang (2019) as características de qualidade interna e externa dos ovos, tais como peso, forma, cor, espessura da casca e colesterol na gema, são variáveis importantes pois afetam direta e indiretamente a aceitação dos consumidores e o lucro dos produtores.

Mohammed et al. (2012), utilizando farinha de folhas de moringa na alimentação de aves de postura, verificaram aumentos no percentual de postura, massa de ovos, melhoras na conversão alimentar e, também, incrementos na intensidade da coloração amarelada dos ovos devido a presença de xantofilas nas folhas desta planta. Por outro lado, Lu et al. (2016) encontraram piora na conversão alimentar de galinhas poedeiras alimentadas com níveis acima de 10% de folhas de Moringa, devido, segundo os pesquisadores, à baixa digestibilidade da fibra e seus efeitos na disponibilização de energia e proteína. Os níveis de suplementação (5%, 10% e 15%) não influenciaram no peso do ovo ou consumo de ração, no entanto, o grupo alimentado com 15% inclusão, apresentou pior taxa de conversão alimentar e menor produção de ovos quando comparado com o controle. A cor da gema foi mais intensa nos ovos dos animais do tratamento com 5% de moringa e a altura de albúmen e a unidade Haugh aumentaram com o incremento do ingrediente. Aves que receberam 15% do alimento também apresentaram lesões histológicas no rim e fígado.

Voemesse et al. (2019) estudaram o efeito da utilização de farelo de folhas de moringa, em níveis de 0, 1 e 3%, sobre o desempenho, produção de ovos e variáveis sanguíneas de galinhas poedeiras no período de crescimento (1 a 20 semanas) e postura (21 a 55 semanas). Os pesquisadores observaram maior ganho de peso diário, final e piora na conversão alimentar nas aves alimentadas com a planta no período de crescimento. Na postura, a produção de ovos e conversão alimentar foram superiores nestes mesmos grupos, ao mesmo tempo que o consumo alimentar foi reduzido. Os autores concluem que os níveis de inclusão de Moringa de 1% têm efeitos positivos sobre o crescimento e produção de galinhas poedeiras devido a presença de compostos bioativos presentes na planta.

Gakuya et al. (2014), estudando o efeito da suplementação de diferentes níveis de moringa, variando de 0 a 10%, sobre o desempenho, produção de ovos, características da gema de aves de postura da linhagem Isa, com 30 semanas de idade, verificaram que a presença desta em quantidades crescentes na ração influenciou o consumo de ração, ganho de peso, peso dos ovos e coloração da gema, havendo influencia negativas apenas no número de ovos produzidos.

Ebenebe et al. (2013) trabalhando com poedeiras da linhagem Isa Brown no final da recria até 24 semanas de idade, utilizando farelo de folhas de moringa, observaram aumento no peso dos ovos quando os animais foram alimentados com dietas contendo 2,5% desse ingrediente. Outros trabalhos têm encontrando resultados semelhantes, mas

recomendaram porcentagens de inclusão de 5% (KANA et al., 2015) e no máximo 10% (ABOU-ELEZZ et al., 2011; MOREKI e GABANAKGOSI, 2014).

Silva-Júnior (2017) utilizando aves de postura da linhagem Dekalb White alimentadas com níveis de inclusão de farinha de folhas de moringa variando de 0% a 6%, encontrou aumento do peso dos ovos, peso da casca e intensificação na coloração das gemas com o incremento nos níveis do ingrediente na ração, demonstrando o seu potencial para a sua utilização na alimentação de galinhas poedeiras. Este mesmo autor não encontrou diferença no consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar por massa de ovo (g/g) e por dúzia de ovos (g/dz), massa de ovo (g/ave/dia) e porcentagem de postura (%).

Kakengi et al. (2007) estudando o efeito da substituição de farinha de girassol por farinha de folhas de Moringa oleífera nos níveis de 0, 5, 10 e 20% sobre o desempenho de galinhas poedeiras da linhagem Leghorn White, verificaram quedas crescentes na porcentagem de postura e consumo de ração a partir do nível de 10% de substituição. Mesmo efeito sendo observado para o consumo de ração. A taxa de conversão alimentar e o peso dos ovos foram estatisticamente inferiores nos animais alimentados com 20% de inclusão.

Teteh et al. (2016) não encontraram efeitos sob o consumo de ração de galinhas de poedeiras alimentadas com níveis de 0, 1 e 2% de folhas de moringa. No entanto, aves que consumiram 1% desta apresentaram maior peso de ovo quando comparados aos demais tratamentos, ao passo que houve piora na conversão alimentar com o aumento dos níveis de inclusão. A coloração da gema tendeu a ficar mais intensa com os incrementos de moringa.

Com isso verifica-se que, devido as características apresentadas, a moringa tem ganhado crescente interesse por parte da comunidade científica. Diversas pesquisas já tem demonstrado o seu potencial de utilização na alimentação avícola, com efeitos positivos sobre o desempenho a depender no nível de inclusão utilizado.

Tabela 4: Compilação de estudos com uso de *Moringa oleifera* na alimentação de aves com seus respectivos designs, principais resultados e referências.

Título do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
Uso de farinha de folhas de Moringa oleífera sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras semi-pesadas	Galinhas poedeiras da linhagem Rhod Sland Red de 36 à 42 semanas de idade. Tratamentos: controle, 5%, 10% e 15% de inclusão de farinha de folhas de Moringa	<ul style="list-style-type: none"> a. Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso final dos animais e conversão alimentar b. O aumento nos níveis de inclusão de moringa diminuiu linearmente a produção e massa de ovos. c. Para o consumo de ração e peso dos ovos observou-se efeito quadrático com os aumentos da inclusão da planta. d. A cor da gema aumentou linearmente com o aumento das percentagens da hortaliça nas rações. e. Índice de forma do ovo e proporção de casca não foram afetados pela moringa. f. O incremento da moringa nas rações aumentou e diminuiu a proporção de albúmen e gema dos ovos, respectivamente. 	Abou-Elezz et al. (2011)
Utilização de moringa e melaço como aditivos em dietas a base de sorgo com alta e baixo tanino para poedeiras comerciais	Poedeiras comerciais da linhagem Bovan Brown de 20 à 30 semanas de idade. Tratamentos: Dieta a base de sorgo com alto tanino; Dieta a base de sorgo com baixo tanino; Dieta a base de sorgo com alto tanino suplementada com melaço; Dieta a base de sorgo com baixo tanino suplementada com melaço; Dieta a base de sorgo com alto tanino suplementada com moringa; Dieta a base de sorgo com baixo tanino suplementada com moringa	<ul style="list-style-type: none"> a. Porcentagem de postura e massa de ovos foram menores nas dietas com alto tanino, enquanto a ingestão foi incrementada. Os valores de peso dos ovos não foram influenciados. b. Porcentagem de postura teve um aumento significativo de 8,7% devido ao efeito isolado da moringa, enquanto o consumo não foi alterado. c. Nas dietas com alto tanino a suplementação com moringa não alterou o consumo de alimento, ao passo a planta aumentaram o consumo alimentação nas dietas com baixas concentrações desse fator antinutricional. 	Kaijage et al. (2015)

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
<p>Substituição de soja pela farinha de folhas de moringa sobre o desempenho, qualidade e eclodibilidade dos ovos de galinhas Kabir</p>	<p>27 frangas e 3 galos da linhagem Kabir divididos em três grupos de nove frangas e 1 galo. As fêmeas estavam com 21,5 semanas no início do experimento e o mesmo teve duração de três meses.</p> <p>Tratamentos: ração referência onde a fonte proteica utilizada foi o farelo de soja e duas dietas testes onde esta fonte foi substituída em 50 e 100% pelo farelo de folhas de moringa.</p>	<p>a. Consumo de ração foi semelhante em todos os grupos, no entanto foi observado que a partir da quinta semana de experimento as aves da dieta sem moringa tiveram maior consumo.</p> <p>b. Peso corporal não foi afetado pelos tratamentos, apesar de ao longo do período experimental os animais da dieta controle apresentarem peso superior.</p> <p>c. Conversão alimentar diminuiu do início até a quinta semana e permaneceu constante a partir de então, em todos os grupos. As aves que receberam ração com 100% de moringa tiveram maior conversão alimentar.</p> <p>d. Animais do grupo 50% entraram em postura cerca de uma semana antes (25 semanas) em comparação as do tratamento com 100% de moringa e também atingiram primeiro o pico de produção assim como também maior porcentagem de postura.</p> <p>e. Peso do ovo, peso e diâmetro da gema diminuiriam linearmente com os níveis de substituição. Demais características do ovo não foram afetadas.</p> <p>e. Fertilidade não foi afetada pela substituição de soja por moringa. Houve tendência de aumento dessa variável com a adição da planta.</p>	<p>Kana et al. (2015)</p>

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
<p>Efeito do uso de farinha de folhas de Moringa oleífera sobre a taxa de postura, qualidade dos ovos e parâmetros sanguíneos de poedeiras comerciais</p>	<p>Galinhas poedeiras da linhagem ISA Brown das 20 às 40 semanas de idade. Tratamentos: ração referência e dois níveis de suplementação da farinha de folhas de moringa nas proporções de 1 e 2%.</p>	<p>a. Aves alimentadas com 1% de moringa, a partir da 21ª semana obtiveram maior porcentagem de postura esta diferença permanecendo até a 40ª semana.</p> <p>b. Da 31ª semana em diante os animais alimentados com 2% da planta apresentaram menor taxa de postura que os da ração referência.</p> <p>c. Não houve diferença no consumo de ração. Para o peso dos ovos as galinhas do grupo 1% apresentaram ovos mais pesados.</p> <p>d. Aves do tratamento 1% apresentaram maior proporção de albúmen enquanto não houve diferença para os demais tratamentos.</p> <p>e. Ovários e ovidutos mais pesados com, conseqüentemente, maior número de folículos foram encontrados nos animais alimentados com 1% de moringa.</p> <p>f. A concentração de glicose no sangue nos três tratamentos, na vigésima e na quadragésima semana, não apresentaram diferença. Para proteína total e triglicérides os animais alimentados com 1% de moringa tanto as 20ª quando as 40ª semanas, obtiveram valores significativamente superiores, com queda dessas variáveis nas aves que receberam 2% da planta.</p>	<p>Teteh et al. (2016)</p>

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
<p>Efeito do uso de Moringa oleífera sobre as características produtivas e fisiológicas de frangos de corte sob estresse térmico</p>	<p>Frangos de corte macho de 1 a 35 dias de idade. Tratamentos: Ração controle a base de milho de farelo de soja e três dietas com níveis de suplementação de farinha de folhas de Moringa oleífera de 0,1%, 0,2% e 0,3%.</p>	<p>a. Ganho de peso e consumo alimentar aumentaram significativamente com a suplementação de Moringa. b. A conversão alimentar melhorou com o aumento da inclusão da farinha de folhas. c. A moringa não influenciou a porcentagem de carcaça e pesos relativos do peito, coxa, fígado, moela, coração e gordura abdominal. d. Níveis de hemoglobina aumentaram com a inclusão de Moringa, enquanto a porcentagem de hematócrito não foi influenciada. e. Os incrementos na porcentagem de farinha de folhas afetou negativamente a razão hematócrito/linfócito dos animais, enquanto a proteína plasmática e globulina aumentaram. f. Níveis da enzima Aspartato Transferase (AST) diminuíram com os incrementos de moringa nas rações, quanto que a Alanina Transferase (ALT) não sofreu influência.</p>	<p>Hassan et al. (2016)</p>
<p>Uso de farelo de folhas de <i>Moringa oleífera</i> sobre o desempenho, qualidade ovos bioquímica plasmática e índices histopatológicos de galinhas poedeiras</p>	<p>Galinhas poedeiras da linhagem Hyline-gray das 27-35 semanas de idade alimentandas com dietas contendo 0%, 5%, 10% e 15% de inclusão de farelo de folhas de <i>Moringa oleífera</i>.</p>	<p>a. Peso dos ovos e consumo de ração não foram influenciados pelos níveis de inclusão enquanto a conversão alimentar aumentou linearmente. b. Menor produção de ovos em níveis superiores a 10%. c. Maiores índices de cor de gema com o aumento dos níveis de inclusão. d. Aumento linear na altura de albúmen e unidade Haugh durante o armazenamento até o nível de 10%. e. Aumento da Glutathione Peroxidase no plasma e reduções na albumina.</p>	<p>Lu et al. (2016)</p>

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
Uso de farinha de folhas de Moringa oleífera como aditivo fitogênico sobre o desempenho, qualidade dos ovos e componentes sanguíneos	Galinhas poedeiras da linhagem Hy-Line de 50 até 56 semanas de idade. Tratamentos: Controle sem suplementação de Moringa e três dietas com porcentagem de 0,5%, 1,0% e 1,5% de farinha de folhas de Moringa oleífera	<p>a. Produção e massa de ovos tenderam a aumentar com os níveis de suplementação da farinha de folhas, enquanto a conversão alimentar por quilo e por dúzia de ovos diminuíram linearmente.</p> <p>b. Consumo de ração e peso dos ovos não foram afetados</p> <p>c. Índice de gema, unidade Haugh e espessura da casca diminuíram linearmente com a inclusão de moringa, enquanto o índice de forma apresentou comportamento quadrático com maior resultado no nível de 1,5%.</p> <p>d. Níveis de β caroteno, quercitina e selênio aumentaram com o aumento da farinha de folhas da ração.</p> <p>e. Diminuição nos valores de colesterol na gema e no soro sanguíneo com o incremento de Moringa.</p>	Ahamad et al. (2018)
Avaliação do efeito do consumo de farinha de folhas de Moringa oleífera sobre os parâmetros sanguíneos em frangos de corte	Frangos de corte híbridos EB34, machos, de 35 a 65 semanas de idade. Tratamentos: ração controle a base de milho e farelo de soja e dois níveis de inclusão de Moringa de 10% e 20%	<p>a. Não foram encontradas diferenças significativas para os valores de hematócrito, albumina e proteínas plasmáticas totais.</p> <p>b. Níveis de colesterol plasmático diminuiu com os níveis de inclusão</p> <p>c. Todas as variáveis ficaram dentro do intervalo considerado normal para a espécie.</p>	Almeida et al. (2020)
Uso de farelo de folhas de Moringa oleífera para falinhas poedeiras	Galinhas poedeiras com idade de 63 a 75 semanas de idade alimentas com níveis de inclusão de 0%, 5%, 10% e 15%.	<p>a. Maior peso de ovos dos animais alimentados com a planta.</p> <p>b. Sem diferenças significativas para o consumo e conversão alimentar.</p>	Olugbemi et al. (2010)

7. *Moringa oleifera* e o estado de saúde de frangos de corte e galinhas poedeiras

Os compostos bioativos presentes na *Moringa oleifera* tem chamado a atenção dos nutricionistas com o intuito de prover produtos com características diferenciadas aos consumidores, pois parecem exercer diversos efeitos dentro do organismo animal, tais como ação antioxidante, antimicrobiana, probiótica, imunomoduladoras e de diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo (GUASSI et al., 2000; SIDDHURAJU e BECKER, 2003; TEIXEIRA et al., 2014). Quando a este último aspecto já foi relatado que as folhas desta planta apresentam em sua composição cerca de 90mg/g de β -sitosterol este sendo um esterol vegetal com capacidade de reduzir os níveis plasmáticos de colesterol através da redução da quantidade de LDL circulante (GHASI et al., 2000).

Em experimento visando avaliar o uso das folhas de *Moringa oleifera* sobre o desempenho e saúde intestinal de frangos de corte, Almidawi et al. (2016) observaram diminuição crescente nos níveis de colesterol sérico e lipoproteína de baixa densidade (LDL), bem como aumento na concentração da lipoproteína de alta densidade (HDL) dos animais alimentados com níveis crescentes da planta (0%, 5%, 10%, 15% e 20%), atribuindo estes resultados aos compostos bioativos presentes no alimento, bem como a presença de fibras que podem aumentar o metabolismo lipídico dos animais. De modo semelhante, Bidura et al. (2020) verificaram diminuição na concentração de colesterol das gemas dos ovos quando alimentou poedeiras com 4% e 6% de moringa. Outros trabalhos, também tem encontrado resultados semelhantes (AHMAD et al., 2018; MOBOLAJI et al., 2021).

Teteh et al. (2016) estudando a influência da inclusão de folhas de *Moringa oleifera* em dietas para poedeiras Isa Brown em níveis de 2% e 4%, perceberam quedas significadas na concentração de triglicerídeos sanguíneo das aves, nas 20 e 40 semanas de idade, quando incluiu 2% do alimento na ração. Os pesquisadores discutem que a presença de certos compostos, tais como as saponinas, tem efeitos hipolipidêmico, o que pode explicar os resultados encontrados.

Abdel-Wareth e Lohakare (2021) observaram reduções lineares nos níveis de colesterol e triglicerídeos sanguíneos de galinhas poedeiras Isa Brown em estado avançado de postura (65 semanas) alimentadas com níveis de 3% e 6% de folhas de *Moringa oleifera*. Neste trabalho discute-se que apesar dos mecanismos exatos do efeito da planta sobre os níveis séricos e metabolismo de colesterol ainda não serem completamente conhecidos, estes são devidos, provavelmente, a presença de compostos bioativos que podem reduzir a absorção intestinal desse esterol.

Características morfométricas do intestino, tais como altura de vilosidades (AV) e profundidade de criptas (PC), são utilizadas para avaliar o estado funcional e saúde desta porção do trato gastrointestinal (BAURHOO et al., 2007; SANTIN et al., 2001). De modo geral vilosidades mais altas resultam em melhora da função digestiva e absorção devido a maior quantidade de células enteroendócrinas e síntese de enzimas da borda em escova, enquanto que criptas mais profundas estão associadas a maior capacidade regenerativa do intestino (CASPARY, 1992; UNI, 2000; YANSON et al., 1987).

Kahn et al. (2017) trabalhando com farinha de folhas de *Moringa oleifera* para frangos de corte em níveis de 0,6%; 0,9%; 1,2% e 1,5%, observaram aumento no comprimento e peso do intestino delgado, altura de vilosidade do duodeno, jejuno e íleo, relação altura de vilosidade/profundidade de cripta do íleo e superfície de vilosidade do duodeno das aves alimentadas com 1,2% da planta, além de número maior de células caliciformes e contagem de folículos bursais nos animais que receberam a hortaliça. Todas estas características sugerem a capacidade da moringa em promover melhora da saúde intestinal das aves, visto que, além das características morfométricas, as células caliciformes e os folículos bursais, são importantes no sistema imunológico do intestino (MAHFUZ e PIAO, 2019).

Além do sistema de defesa intestinal local, a presença de compostos antioxidantes e fotoquímicos na *Moringa oleifera*, tais como carotenoides, xantinas, selênio, flavonóides, vitamina E e alcalóides, podem promover melhorias no sistema imunológico sistêmico dos animais (FALOWO et al., 2014; MOYO et al., 2016). Em trabalho com frangos de corte, Enebede et al. (2012), encontraram aumento significativo na contagem de glóbulos vermelhos e hemoglobulina das aves que receberam rações contendo 10% e 15% da planta. Em contraste Voemesse et al. (2019) verificaram diminuição na contagem geral de leucócitos e linfócitos de galinhas poedeiras quando estas receberam Moringa e atribuem esses resultados a atividade antimicrobiana dos compostos bioativos presentes no alimento, no entanto os pesquisadores utilizaram nível máximo de 3% o que pode demonstrar que os efeitos da planta sobre o sistema imunológico podem ser dose-dependente, visto que aumentos na contagem de células do sistema imunológico estão associados a infecções e inflamações.

Lu et al. (2016) verificaram menor atividade da enzima glutathione peroxidase (plasma) e valores mais baixos de malondialdeído (MDA) (plasma e ovo) de galinhas poedeiras alimentadas com níveis crescentes de farelo de folhas de *Moringa oleifera*, concluindo que a planta pode ter efeitos positivos sobre a atividade antioxidante, já que o

MDA é associado a peroxidação lipídica no organismo, enquanto a glutathione é uma enzima antioxidante dependente de selênio (LU et al., 2016; SILVA et al., 2020).

Com isso fica claro que os diversos compostos bioativos presentes na *Moringa oleifera* parecem exercer efeitos benéficos no estado de saúde das aves, possui propriedades redutoras de colesterol e de triglicérides sanguíneo, assim como influenciam positivamente o estado de saúde geral das aves. No entanto, os resultados encontrados a estes aspectos ainda não são claros, havendo a necessidade de pesquisas voltadas a elucidar os mecanismos fisiológicos envolvidos nessas propriedades para galinhas poedeiras e frangos de corte.

8. Uso de enzimas carboidrases e fitase na nutrição avícola

A nutrição animal se destaca com o desenvolvimento de inúmeras alternativas, como a utilização de enzimas exógenas visando melhoria do aproveitamento dos ingredientes das rações, principalmente quando se utilizam alimentos alternativos que possuem altos teores de fibra e compostos antinutricionais (VARGAS et al, 2017).

Segundo Macambira et al. (2021), as enzimas utilizadas na alimentação animal são produzidas por microrganismos, geralmente bactérias, por processos fermentativos utilizados para extração e purificação dessas moléculas. Espécies de bactérias, tais como: *Bacillus subtilis*, *Bacillus lentus*, *Bacillus amyloliquifaciens* e *Bacillus stearothermophils*; de fungos *Trichoderma longibrachiatum*, *Aspergillus oryzae* e *Aspergillus niger* e a levedura *Saccharomyces cerevisiae* são utilizadas para esta finalidade (KHATTAK et al., 2006; MESSIAS, 2014).

A utilização de enzimas exógenas é uma alternativa para a melhoria no aproveitamento de alimentos que apresentam baixos coeficientes de digestibilidade, assim como os que contêm fração significativa de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs), que fazem parte da estrutura da parede celular de alimentos vegetais (CAMPESTRINI et al., 2005; FERREIRA et al, 2015). Segundo Mazzuco (2008), PNAs não são hidrolisados por enzimas endógenas animais e possuem a propriedade de aumentar a viscosidade da dieta e diminuir o aproveitamento dos alimentos.

Apesar da busca incessante por alimentos alternativos, é de conhecimento geral que as principais fontes energética e proteica utilizadas na formulação de ração para aves no Brasil são, respectivamente, o milho e o farelo de soja. Este último possui, em sua composição cerca de 20% de PNAs ao passo que o farelo de milho apresenta limitação de uso por apresentar altos níveis de araboxilanos (O'NEILL, SMITH e BEDFORD,

2014). Logo, as carboidrases exógenas tem a capacidade de aumentar a eficiência alimentar, digestibilidade dos nutrientes e também diminuem os efeitos negativos dos PNAs no processo digestivo de rações formuladas com base nesses ingredientes (RESENTE et al. 2017).

As carboidrases atuam, principalmente, no rompimento da estrutura da parede celular, melhorando o acesso das enzimas endógenas ao conteúdo celular (CHOCT, 2010; COWIESON, 2011). As xilanases são produzidas por fungos, algas, protozoários e sementes de plantas, sendo adicionadas a ração com o objetivo de diminuir a viscosidade da dieta em decorrências dos PNAs, melhorando a digestão de carboidratos estruturais, principalmente xilanos e arabinoxilanos, no entanto, além de diminuir a viscosidade das dietas, os efeitos positivos sobre a digestibilidade dos nutrientes em dietas suplementadas com carboidrases não deve ser atribuído apenas a esta característica, mas, também, à disponibilização dos nutrientes que estavam aprisionados no interior dos PNAs (CARRÉ, 2004; PALOHEIMO et al, 2011).

Opalisk et al. (2010) relatam melhorias na digestão e absorção de nutrientes, em rações formuladas com soja integral, quando suplementou complexo enzimático contendo carboidrases para frangos de corte. Os autores discutem que estes efeitos podem ser atribuídos ao melhor aproveitamento do ingrediente na presença das enzimas, melhorando o processo digestivo e absorptivo através da diminuição da viscosidade e disponibilização de substratos antes indisponíveis aos animais.

Quando se formulam dietas contendo enzimas, muitos nutricionistas optam pela valorização do perfil nutricional da mesma, ou seja, o quanto do seu substrato em termos de energia ou mobilização de nutrientes está sendo disponibilizado para o animal. Este valor é então considerado na hora da formulação das dietas, ocasionando, conseqüentemente, diminuição na utilização de alguns ingredientes tais como óleo de soja e fontes de fósforo inorgânico.

Abreu et al. (2018), utilizando complexo enzimático contendo xilanase, beta-glucanase e fitase, em níveis de 60g/t e 100g/t, com suas respectivas valorizações, para poedeiras da linhagem Hy-Line, verificaram aumento no consumo de ração e comprometimento na produção e peso dos ovos dos animais que receberam as enzimas. Os pesquisadores discutem que, como houve valorização enzimática, com conseqüentes reduções nos valores de EM (-75kcal/kg), cálcio (-0,12pp) e fósforo (-0,12pp), os animais que receberam as dietas suplementadas ajustaram este déficit energético aumentando o consumo de ração. Geraldo et al. (2014) utilizando complexo multienzimático de

carboidrases (α galactosidase, galactomananase, β -glucanase e xilanase) e fitase, em trabalho semelhante ao de Abreu et al. (2018) observaram aumento no consumo de ração dos animais alimentados com dietas com níveis nutricionais reduzidos. Resultados semelhantes foram encontrados por Varga et al. (2017). Já Lee et al. (2014) não observaram esse efeito.

Sabendo que os alimentos utilizados para a formulações de dietas para aves variam quanto a composição, é de imprescindível importância o conhecimento do perfil nutricional dos ingredientes das rações com o intuito de se formular dietas suplementadas que possam levar a melhor expressão do potencial genético dos animais (CHOCT, 1997).

Bobeck et al. (2014) estudaram o efeito da concentração de energia associada à suplementação de xilanase sobre o desempenho e composição corporal de galinhas poedeiras da linhagem Hy-Line W36 no período de 20 a 44 semanas de idade. Os resultados encontrados mostram que a adição da enzima em dietas com reduções de até 154kcal/kg aumentam a produção e massa de ovo, assim como teve efeitos positivos sobre a eficiência alimentar. Foram verificados incrementos no consumo de ração das aves que consumiram dietas com reduções energéticas, no entanto a suplementação de xilanase estabilizou o consumo voluntário dos animais.

A tabela 5 mostra o resumo de vários trabalhos com o uso de enzimas exógenas na alimentação de aves com seus respectivos, designs e principais resultados.

Gentilini et al. (2009) concluíram que, utilizando-se complexo multienzimático e valorização da energia metabolizável em 30 a 90 kcal/kg não são suficientes para afetar o peso de albúmen de poedeiras comerciais. Baccacia (2012) verificou que, dentre os parâmetros de qualidade de ovos avaliados em seu trabalho, apenas na gravidade específica foi observada diferença, neste estudo, a gravidade específica dos ovos das aves da dieta controle, com complexo de enzimas, foi menor, quando comparado com os demais tratamentos.

Muitos dos efeitos positivos das carboidrases sob o desempenho das aves se devem, principalmente, as ações que essas enzimas desempenham sobre a saúde intestinal dos animais (MACAMBIRA et al., 2021). De acordo com Yan et al. (2017), a manutenção da saúde intestinal é fundamental quando se deseja alcançar níveis de produção rentáveis e lucrativos, visto que desequilíbrios na homeostase desta porção do trato gastrointestinal levam a comprometimentos em áreas de importância ímpar para o sistema produtivo, a citar bem-estar animal, segurança alimentar, eficiência de produção e proteção do meio ambiente.

Como já discutido anteriormente algumas características tais como AV, PC e relação AV:PC têm sido utilizadas como indicadores da saúde e capacidade absorptiva do intestino. Além disso existem vivendo em simbiose com as aves inúmeras espécies de microrganismos (*Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Streptococcus* spp., dentre outras) que desempenham ações de combate a patógenos, aproveitamento de nutrientes e renovação de células epiteliais (APAJALAHTI e VIENOLA, 2016; KOGUT, 2019; LI et al., 2012). Graças a presença constante de antígenos presentes nos alimentos, o intestino é o órgão com vigilância imunológica constante (NISHIO e HONDA, 2012).

Aperson e Cherian (2017) verificaram aumentos na altura e largura das vilosidades e profundidade de cripta do duodeno e jejuno de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com carboidrases (celulase, xilanase, glucanase, manonase e galactamanase) em rações contendo semente de linhaça. Já Roofchaei et al. (2019) encontraram maior comprimento de vilosidades no jejuno de aves de corte quando suplementou xilanase e fitase em dietas a base de farelo de trigo. Outros trabalhos recentes não têm encontrando diferenças quanto a morfometria intestinal na presença de enzimas (JASMIM e FADEL, 2020; LIU et al., 2012; WESTBROOK e CHERIAN, 2019).

Todos esses resultados mostram a capacidade dessas enzimas em desempenhar papéis importantes na manutenção da saúde intestinal através de diminuição da viscosidade causada pelos PNAs além de influências sobre as características morfométricas do intestino, tendo resultados positivos, assim, sobre o desempenho das aves.

A fitase possui a capacidade de liberar o fósforo imobilizado no fitato, ou ácido fítico, presente nos ingredientes de origem vegetal, aumentando o seu aproveitamento e, conseqüentemente, diminuindo os efeitos ambientais negativos provocados pelo excesso de fósforo liberado nas excretas dos animais, bem como possibilita a diminuição da utilização de fontes de fósforo inorgânico na alimentação das aves (PLUMSTEAD et al., 2007). Além do fósforo, esta enzima ajuda na melhoria da disponibilidade de outros minerais, principalmente cátions bivalentes que possam estar quelatados à estrutura do ácido fítico (FERREIRA et al., 2015; PLUMSTEAD et al., 2007). Estudos de Choct (2006) mostram que a utilização de fitase melhora a disponibilidade de fósforo fítico entre 25 a 70%. Lecznieski (2006) relata que o uso dessa enzima pode melhorar a estrutura óssea, através de sua melhor formação, levando a menor incidência de problemas locomotores, incrementando, assim, a uniformidade dos lotes.

Tabela 5: Compilação de estudos com uso de enzimas na alimentação de aves com seus respectivos designs, principais resultados e referências.

Título do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
Determinação dos efeitos da concentração de energia e suplementação de xilanase na dieta de poedeiras comerciais	<p>Poedeiras da linhagem Hy-Line W36 de 20 a 44 semanas de idade.</p> <p>Tratamentos: Dieta controle (C), C-77kcal/g, C-154kcal/kg com e sem adição de xilanase.</p> <p>Experimento foi dividido em 2 fases: 20 a 30, 31 a 40 e 41 a 44 semanas de idade</p>	<p>a. Aumento na produção de ovos 2,24 e 2,16% com a suplementação de xilanase de 31 a 40 semanas e no período total, respectivamente.</p> <p>b. Incrementos no consumo de ração nas dietas com reduções energéticas sendo este efeito mais pronunciado no período de 41 a 44 semanas de idade. Consumos se igualaram com a suplementação de xilanase.</p> <p>c. A suplementação com xilanase aumentaram a massa de ovos e eficiência alimentar.</p> <p>d. Não houve diferença nos pesos corporais</p> <p>e. A adição de xilanase aumentou a gordura da carcaça dieta controle, diminuiu na C-77 e não teve efeito na C-154</p>	Bobeck et al. (2014)
Avaliação do efeito do uso de carboidrases e fitase, em dietas valorizadas, sobre o desempenho e qualidade dos ovos de galinhas poedeiras leves	<p>Poedeiras leves da linhagem Bovans Withe de 35 à 50 semanas de idade.</p> <p>Tratamentos¹: CP1;CN1;CN2 e Ração suplementada com 100g t⁻¹ de carboidrases e Ração suplementada com 100g t⁻¹ de carboidrases e 30 g t⁻¹ de fitase sem valorização enzimática</p>	<p>a. Não houve efeito dos tratamentos sobre a produção e peso dos ovos, consumo de ração e peso específico dos ovos.</p> <p>b. O tratamento com 100g/t de carboidrase e 30g/t de fitase sem valorização das enzimas apresentou melhor resultado de conversão alimentar por massa de ovos.</p>	Ferreira et al. (2015)

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
<p>Uso de suplementação enzimática (amilase, protease e fitase) isoladas ou em associação sobre o desempenho, qualidade de ovos e digestibilidade de nutrientes de codornas japonesas em pico de postura</p>	<p>Codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) em período de pico de postura. Tratamentos: Dieta controle (C), C+300ppm de amilase, C+300ppm de protease, C+500FTU de fitase e C+associação de todas as enzimas</p>	<p>a. Não houve efeito da suplementação enzimática isolada ou em associação sobre as variáveis de desempenho (produção de ovos, consumo de ração, conversão alimentar e peso médio dos ovos), qualidade dos ovos (proporção dos constituintes dos ovos – casca, gema e albúmen – e peso específico e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e matéria seca.</p> <p>a. As dietas não influenciaram o consumo de ração.</p> <p>b. Aves que receberam ração com reduções nutricionais mais suplementação de enzimática obtiveram melhores resultados para produção e massa de ovos, assim como para conversão alimentar por dúzia e massa de ovos. Estes animais apresentaram-se semelhantes, nestas variáveis, às do controle positivo sem enzima.</p>	<p>Ribeiro et al. (2015)</p>
<p>Inclusão de complexo enzimático a base de β glucanase, xilanase e fitase em rações a base de milho, farelo de soja e trigo sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras semipesadas</p>	<p>Poedeiras comerciais da linhagem Hy-Line Brown de 28 a 40 semanas de idade. Tratamentos: Dieta controle positivo, dieta controle positivo com a adição de enzimas, dieta controle negativo^{&} e dieta controle negativo com a adição de enzimas.</p>	<p>c. As rações não afetaram o peso dos ovos.</p> <p>d. Poedeiras alimentadas com a dieta controle negativo sem suplementação enzimática apresentaram menor massa de ovos.</p> <p>e. As dietas não influenciaram na porcentagem de casca, albúmen e gema, gravidade específica e unidade Hough.</p> <p>f. Índice de albúmen foi maior nas aves alimentadas com a ração controle negativo.</p>	<p>Resende et al. (2017)</p>

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
<p>Uso de complexo enzimático contendo β-glucanase, xilanase e fitase na dieta de poedeiras comerciais</p>	<p>Poedeiras comerciais da linhagem Hy-line W36 de 25 a 37 semanas de idade.</p> <p>Tratamentos: CP*; CN** e dois níveis de suplementação CN 60 e 100g/t de complexo enzimático*</p>	<p>a. Quedas na produção de ovos devido as reduções nutricionais; Recuperação no nível de suplementação de 100g/t.</p> <p>b. Consumo de ração maior no tratamento CN+100g/t de complexo enzimático</p> <p>c. Menor peso de ovos devido as reduções nutricionais; Recuperação no com a adição de 100g/t de complexo enzimático.</p> <p>d. Conversão alimentar 2,3% no tratamento CN+60g/t devido a menor produção de ovos neste tratamento.</p> <p>e. Maior porcentagem de ovos da classe Jumbo nos níveis de suplementação de 100g/t.</p>	<p>Abreu et al. (2018)</p>
<p>Uso de diferentes complexos enzimáticos sobre as características de produtivas e qualitativas de frangos de corte</p>	<p>Frangos de corte macho da linhagem Hubbard de 1 a 42 dias de idade.</p> <p>Tratamentos: Controle sem enzima; controle negativo sem enzima mas com redução de 100 kcal/kg de EM e quatro compostos enzimáticos – CE1 (α amilase, β glucanase, fitase, xilanase, celulase e protease); CE2 (xilanse, α amilase, β glucanase, protease e fitase); CE3 (endo-1,4-β xilanase e endo-1,3-β glucanase); (CE4: endo-1,4-βmananase)</p>	<p>a. Aves alimentadas com os complexos enzimáticos CE1 e CE4 apresentaram maior consumo de ração e energia em relação ao controle positivo e ao CE4.</p> <p>b. Não houve influência dos complexos enzimáticos sobre o ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade criatória.</p> <p>c. Os tratamentos não influenciaram na eficiência produtiva, variáveis de qualidade da carne, rendimento de carcaça e cortes e gordura, exceto para o rendimento de pernas.</p>	<p>Barbosa Filho et al. (2018)</p>

Tipo do trabalho	Design do estudo	Resultados encontrados	Referência
<p>Uso de dois complexos enzimáticos sobre os valores de EMA, EMAn e coeficiente de digestibilidade dos nutrientes do milho para frangos de corte.</p>	<p>Frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 em três idades (períodos): 11 a 20, 21 a 30 e 21 a 40 dias de idade. Tratamentos: D1: 100% da ração referência (RF) (base de milho e farelo de soja); D2: 100% da RF + CES¹; D3: 100% da RF + CEV² D4; 60% da RF + 40% de milho; D5: 60% da RF + 40% + CES; D6: 60% da RF + 40% + CEV.</p>	<p>a. 11 a 20 dias – redução dos valores de EMA e EMAn do milho com o complexo enzimático CEV e aumentos no CDPB com o CEV e diminuição com o CEV b. 21 a 30 dias – A suplementação enzimática reduziu os valores de EMA, EMAn, CDMS, CDPB e CDEB. 31 a 40 dias: redução do EMA do milho com a adição de ambos os complexos enzimático; CDPB aumentou com o CEV; CDMS diminuiu com o CEV.</p>	<p>Moura et al. (2019)</p>

Legenda: EMA: Energia Metabolizável Aparente; EMAn: Energia Metabolizável Aparente Corrigida para o Balanço de Nitrogênio; CDMS: Coeficiente de Digestibilidade da Matéria Seca; CDPB: Coeficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta; CDEB: Coeficiente de Digestibilidade da Energia Bruta. *CP: controle positivo negativo (100% energia metabolizável recomendada e sem adição de enzimas); CN: reduções em 75 kcal de energia metabolizável/kg de MS; 0,12 pontos percentuais (pp) de Ca e 0,12 pp de P disponível. ¹Redução nos valores de energia de 57 e 154kcal/kg da ração referência. ¹CP1:2.780 kcal EM kg⁻¹, 16,26% PB, 3,80% de cálcio (Ca), 0,34% de fósforo disponível (Pd), sem a adição de enzimas e sem valorização dos nutrientes; CN1: 2.751 kcal EM kg⁻¹, 16,0% PB, 3,64% de Ca, 0,23% de P disponível (Pd), valorizando em 1,5 e 6% a EMA (kcal kg⁻¹), respectivamente do milho e o farelo de soja, e em 2% a proteína bruta (PB) e os aminoácidos digestíveis limitantes (Met, Met+Cis, Lis, Thr, Trp, Val e I) e redução nos níveis nutricionais conforme matriz completa para a enzima fitase (EMAn = 1.000.000, PB = 8.000, Ca = 5.000, P d = 4.000, Met = 145, Met+Cis = 280, Lis = 380 e Thr = 260), sem a adição de enzimas; CN2: 2.781 kcal EM kg⁻¹, 16,26% PB, 3,64% de Ca, 0,23% de Pd, valorizando em 1,5 e 6% a EMA (kcal kg⁻¹), respectivamente do milho e o farelo de soja, e em 2% a proteína bruta (PB) e os aminoácidos digestíveis limitantes mais a matriz incompleta para a enzima fitase, sem adição de enzimas; Ração suplementada com 100g t⁻¹ de carboidrases: (Alfa-galactosidase: 35 U g⁻¹; Galactomananase: 110 U g⁻¹; Beta-glucanase: 1.100 U g⁻¹; Xilanase: 1.500 U g⁻¹) e 30 g t⁻¹ de fitase (10.000 FTU g⁻¹), valorizando proteína, energia e aminoácidos. ²Dieta controle negativo: redução nos valores de energia metabolizável, proteína bruta, cálcio e fósforo

Já se é conhecido que o fitato é um fator antinutricional que compromete a digestão de certos nutrientes e que sua hidrólise pode resultar em melhor aproveitamento de ingredientes de origem vegetal e, conseqüentemente, em melhor desempenho das aves (BEDFORD e ROUSSEAU, 2017). Melhorias no aproveitamento de minerais e proteínas tem sido associado não apenas a hidrólise de hexamio-inositol fosfato (IP6), mas também a quebra de moléculas com menores quantidades de fosfato tais como o di, tri, tetra e pentamio-inositol fosfato (IP2, IP3, IP4 e IP5, respectivamente), gerando neste processo inositol que já foi associado em melhorias na taxa de crescimento em aves (BEESON et al., 2017; YU et al., 2012; ZYLA et al., 2004).

Estudos já tem mostrado diminuição nas concentrações de IP6 e IP5 e aumentos nas quantidades de ésteres menores de inositol, principalmente IP4 e IP3, na utilização de suplementação com doses comerciais de fitase e que o processo de conversão a IP3 é dependente da dosagem, com doses maiores da enzima sendo mais efetivas na quebra e liberação de maiores quantidades dos grupos PO₄ (BEENSON et al., 2017; MENEZES-BLACKBURN et al., 2015; WALK et al., 2014). Gautier et al. (2018) observaram maior degradação do IP6 e maior quantidade de inositol ileal em frangos de corte quanto alimentou as aves com dietas reduzidas em fósforo não fítico e suplementadas em fitase.

Para galinhas poedeiras a atividade da fitase foi testada por Marounek et al. (2010) em dietas a base de milho, farelo de soja e trigo que continham níveis de fósforo fítico e não fítico de 2,00 g/kg e 4,37 g/kg, nesta ordem. Foi observado que a atividade da enzima foi capaz de hidrolisar 160,2 µmol de ácido fítico a seus produtos (inositol, fosfato e moléculas menores de mio-inositol). Os autores perceberam que quando não houve suplementação exógena, a atividade desta enzima foi maior no ceco, intermediária no intestino delgado e baixa no estômago, demonstrando a capacidade de certas bactérias cecais em produzirem endogenamente esta proteína. Yu et al. (2004) verificaram que a atividade da fitase tendia a diminuir ao longo do intestino delgado de frangos de corte devido provavelmente a capacidade de proteases endógenas em destruir esta enzima. No entanto, a resistência a esta degradação varia entre as diferentes fitases encontradas no mercado (DERSJANT-LI et al., 2015). Liebert et al. (1993), por exemplo, perceberam que a suplementação de 1000 FTU/g de fitase foi eficaz em reduzir a quantidade de fósforo fítico no papo, estômago e intestino delgado de galinhas poedeiras.

A suplementação de fitase tem mostrado ser efetiva em promover melhorias na digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo, aminoácidos e maior retenção de nitrogênios em diversos estudos com níveis de suplementação variando de 250 a 2500 FTU/kg para frangos de corte e galinhas poedeiras (ABD EL-HACK et al., 2018). Segundo Cowieson e Ravindran (2007) o maior aproveitamento de proteínas e aminoácidos em dietas com fitase é devido, principalmente, a diminuição das perdas endógenas de aminoácidos no trato gastrointestinal, ocasionando incrementos no desempenho de crescimento em aves.

De acordo com Abd El-Hack et al. (2018) já está bem estabelecido os efeitos positivos da suplementação de fitase sobre a melhoria no desempenho de crescimento e produção de aves, características ósseas e níveis de fósforo no sangue, através no incremento na biodisponibilidade deste mineral. Ainda segundo discussão desses pesquisadores, os primeiros estudos descreveram de forma detalhada as quantidades deste elemento liberado nos níveis de inclusão de fitase estudados, mas que estes variam acentuadamente devido as diferentes atividades e tipos de enzimas encontradas comercialmente, visto que cada uma delas possui características específicas que influencia a eficiência de liberação de P ao longo do trato gastrointestinal.

De Souza et al. (2015) observaram melhorias de 4,40% no consumo, 7,14% na conversão alimentar e 11,40% no ganho de peso de frangos de corte quando testaram o efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e características ósseas das aves. Shirley e Edwards (2003) suplementaram níveis crescentes de fitase (0; 93,75; 187,5; 350; 750; 1500; 3000; 6000 e 12000FTU/kg) e verificaram aumentos crescente no ganho de peso de aves da mesma categoria.

Mohammed et al. (2010) encontraram diferença significativa na qualidade de ovos no que diz respeito a espessura e porcentagem da casca de galinhas poedeiras alimentadas com dietas com suplementação de fitase, no entanto, não encontrou diferença para os parâmetros de porcentagem de albúmen e gema. Para características de desempenho, foram observados diminuição da conversão alimentar, aumentos na massa de ovo produzida, a dieta controle apresentou peso do ovo superior as dietas com suplementação enzimática.

Englmaierová et al. (2017) trabalhando com galinhas poedeiras de 60-71 semanas de idade alimentadas com dietas a base de milho, trigo e farelo de soja e suplementadas com 350 FTU/kg de fitase, observaram que esta foi capaz de melhorar a produção de ovos e manter tanto a qualidade da casca quanto as características internas dos ovos das aves. Kim et al. (2017) verificaram maior produção de ovos, mas não influência da fitase sobre a qualidade dos ovos

de galinhas poedeiras da linhagem Hy-Line Brown alimentadas com dietas a base de milho e farelo de soja.

Trabalhos já tem demonstrado que a suplementação de fitase é uma alternativa eficaz no incremento na digestibilidade de P (ADEOLA e COWESON, 2011; SELLE e REVIDRAN, 2007). Gautier et al. (2018), por exemplo, verificaram maior digestibilidade ileal do P e maior ganho de peso de frangos de corte alimentados com dietas reduzidas em fósforo não fítico e suplementadas com fitase. Kannan et al. (2008) em estudo com galinhas poedeiras no período de pico de postura (21 a 52 semanas de idade), encontraram menor excreção de fósforo quando alimentaram as aves com níveis de fitase de 300 a 1200 FTU/kg, enquanto Masapour et al. (2005) e Silversides et al. (2006) perceberam, em seus respectivos estudos, aumentos nas concentrações de P no soro sanguíneo de galinhas poedeiras em dietas suplementadas com fitase, isso demonstrando maior absorção desse mineral.

Logo, fica claro a importância da utilização de fitase em dietas baseadas em ingredientes de origem vegetal com o intuito de melhorar a digestibilidade de minerais e outros nutrientes, com efeitos positivos sobre o desempenho e saúde animal, assim como também qualidade dos produtos finais destinados aos consumidores.

9. Referências bibliográficas

- ABD EL-HACK, M. E., *et al.* The uses of microbial phytase as a feed additive in poultry nutrition—a review. **Annals of Animal Science**, v.18, n.3, p.639-658, 2018.
- ABDEL-WARETH, A. A.; LOHAKARE, J. Moringa oleifera Leaves as Eco-Friendly Feed Additive in Diets of Hy-Line Brown Hens during the Late Laying Period. **Animals**, v.11, n.4, p.1116-1126, 2021.
- ABDULSALAM, S., YAHAYA, M. S.; YAKASAI, M. A. Performance of broiler chickens fed on Moringa oleifera leaf meal supplemented poultry feed. **Nigeria Agricultural Journal**, v.46, n.1, p.139-146, 2015.
- ABOU-ELEZZ F. M. K; FRANCO, L.S.; RICALDE, R. S. et al. Nutritional effects of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* leaf meal on Rhode Island Red hens performance. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.45, n.2, p.163-169, 2011.
- ABREU, M. T. *et al.* Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. **Boletim de Indústria Animal**, n.1, p.17-24, 2018.

ADEOLA, O.; A. J. COWIESON. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non ruminant animal production. **Journal Animal Science** v.89, n. 2011, p.3189–3218, 2011.

AERTS, R. J., BARRY, T. N; MCNABB, W. C. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.75, n.1, p.1-12, 1999.

AGUILAR, Y. M. *et al.* Effect of dietary supplementation with *Anacardium occidentale* on growth performance and immune and visceral organ weights in replacement laying pullets. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.11 n.3-4, p.1352-1357, 2013.

AHMAD, S. I. *et al.* Influence of *Moringa Oleifera* Leaf Meal Used as Phytogetic Feed Additive on the Serum Metabolites and Egg Bioactive Compounds in Commercial Layers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.20, n.2, p. 325-332, 2018.

AHMED, K. S. *et al.* Vitamin C (L-ascorbic acid) content in different parts of *Moringa oleifera* grown in Bangladesh. **American Chemical Science Journal**, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2016.

ALIKWE, P.C.N.; OMOTOSHO, M. S. An evaluation of the proximate and phytochemical composition of *Moringa oleifera* leaf meal as potential feedstuff for non ruminant livestock. **Agrosearch**, v.13, n.1, p. 17-27, 2013.

ALMEIDA, M., MARTÍNEZ, M.; DIHIGO, L. E. Blood indicators of colostomized broilers, which intake *Moringa oleifera* forage meal. Technical note. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.54, n.1, p.1-7, 2020.

ALNIDAWI, N. A. *et al.* *Moringa oleifera* leaves in broiler diets: effect on chicken performance and health. **Food Science Quality Management** v.58, n.2016, p.40-48, 2016.

ANWAR, F. *et al.* *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. **Phytopher Research**, v. 21, n.1, p. 17-25, 2007.

ANWAR, M.I. *et al.* A review of β -glucans as a growth promoter and antibiotic alternative against enteric pathogens in poultry. **World's Poultry Science Journal** v.73, n. 3, p.651–661, 2017.

APAJALAHTI, J.; VIENOLA, K. Interaction between chicken intestinal microbiota and protein digestion. **Animal Feed Science and Technology**, v.221, n.1, p.323-330, 2016.

- APPERSON, K. D.; CHERIAN, G. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. **Poultry Science**, v.96, n.5, p.1228-1234, 2017.
- ARBENZ, A.; AVEROUS, L. Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures. **Green Chemistry**, v.17, n.5, p.2626-2646, 2015.
- ARRUDA, A. M. *et al.* Valor energético de fenos de forrageiras do semi-árido para aves Isa Label, **Acta Veterinária Brasilica**, v.4, n.2, p. 105-112, 2010.
- ASH, A. J.; DETAIA, L. A.. Nutritional value of Sesbania grandiflora leaves for ruminants and monogastrics. **Tropical Agriculture (Trinidad)**, 1992.
- AYSSIWEDE, J. C. *et al.* Nutrient Composition of Some Unconventional and Local Feed Resources Available in Senegal and Recoverable in Indigenous Chickens or Animal Feeding. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 10, n. 8, p.707-717, 2011.
- BANJO, O. S. Growth and performance as affected by inclusion of Moringa oleifera leaf meal in broiler chicks diet. **Growth**, v. 2, n.9, p.35-38, 2012.
- BARBOSA FILHO, J. A. *et al.* Características produtivas e qualitativas de frangos de corte alimentados com diferentes complexos enzimáticos. **Boletim de Indústria Animal**, v.75, n.1, p.1-9, 2018.
- BARBOSA, A. D. **Avaliação da Composição Mineral de Suplementos Alimentares, por Fluorescência de Raios-X**. 2018. 72f. Dissertação (Fitotecnologia Nutricional para a Saúde Humana) – Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- BARRETO, M. B. *et al.* Constituintes químicos voláteis e não-voláteis da Moringa oleifera Lam., Morigaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n. 4, p. 893-897 out/dez, 2009.
- BAURHOO, B., PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry Science**, v.86, n.6, p.1070-1078, 2007.
- BECCACCIA A. F. **Uso de complexo enzimático (carbohidrase e fitase) em dietas de galinhas poedeiras**. Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária). São Paulo: USP. 86p, 2012.
- BEDFORD, M.; ROUSSEAU, X. Recent findings regarding calcium and phytase in poultry nutrition. **Animal Production Science**, v. 57, n. 11, p. 2311-2316, 2017

- BELE, A. A.; JADHAV, V. M.; KADAM, V. J. Potential of tannins: A review. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.9 n.4, p.209-214, 2010.
- BEESON, L. A. *et al.* Hydrolysis of phytate to its lower esters can influence the growth performance and nutrient utilization of broilers with regular or super doses of phytase. **Poultry Science**, v.96, n.7, p.2243-2253, 2017.
- BENEVIDES, C. M. J. *et al.* Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.18, n.2, p. 67-79, 2011.
- BERTECHIN, G. A. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras, Editora UFLA, 2012, 373p.
- BERTIPAGLIA, L. M. A. Fatores antiqualitativos de plantas forrageiras. Descalvado- SP: Universidade Camilo Castelo Branco, Departamento de Produção animal, 2012, 56 p. Boletim Técnico. Universidade Camilo Castelo Branco, 2012.
- BIDURA, I. G. N. G. *et al.* Effect of Moringa oleifera leaf powder in diets on laying hens performance, β -carotene, cholesterol, and minerals contents in egg yolk. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** v. 823, n.1, p. 012006, 2020.
- BOBECK, E.A. *et al.* Effects of xylanase supplementation of corn-soybean meal-dried distiller's grains diets on performance, metabolizable energy, and body composition when fed to first-cycle laying hens. **Journal Applied Poultry Research**, v.23, n. 2, p. 174-180, 2014.
- BONAL, R., RIVERA, R., Bolivar, M. E. 2014. Moringa oleifera: a healthy option for the well being: Disponível em:http://www.vs.sld.cu/revistas/san/vol_16/10/12/san141012.htm. Acesso em: 27 de julho de 2019.
- BROIN, M. **The nutrient value of Moringa oleifera Lam. leaves: What can we learn from figure?**, Moringa news work shop, 2006, Disponível em :[http:// www. Moringa_news.org /doc/G B/Pos ters/ Bro in _poster.pdf](http://www.Moringa_news.org/doc/G B/Pos ters/ Bro in _poster.pdf).
- BRUNELIS, V. *et al.* Inclusión de harina de follaje de Moringa oleifera en dietas para cerdos en crecimiento. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**, v.23, n.1, p.38-45, 2016.
- BUKAR, A.; UBA, A.; OYEYI, T. Antimicrobial profile of Moringa oleifera Lam. extracts against some food-borne microorganisms. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v.3, n.1, p.43-48, 2010.

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

CARPENTER K. J.; CLEGG, K. M. The Metabolizable energy of poultry feedstuff in relation to their chemical composition. **Journal of Science for Food and Agriculture**, v.7, n.1, p.45–51, 1956.

CARRÉ, B. Causes for variation in digestibility of starch among feedstuffs. **Poultry Science**. v.60, n.1, p. 76-89, 2004.

CARRÉ, B.; GOMEZ, J.; CHAGNEAU, A. M. Contribution of oligosaccharide and polysaccharide digestion, and excreta losses of lactic acid and short chain fatty acids, to dietary metabolisable energy values in broiler chickens and adult cockerels. *British Poultry Science*, v.26, n. 4, p. 611-629, 1995.

CARVALHO, G. G. P; PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, p. 13-28 v.57, n.1, 2008.

CASPARY, W.F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v.55, n.2, p.299–308, 1992.

CHAI W.; LIEBMAN M. Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.8, p.3027-30, 2005.

CHENG, Y. *et al.* Dietary β -Sitosterol improves growth performance, meat quality, antioxidant status, and mitochondrial biogenesis of breast muscle in broilers. **Animals**, v.9, n. 3, p.71, 2019.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*, v.191 n.6, p.13-26, 1997.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **Word's Poultry Science Journal**, v. 62, n.1, p. 5-15, 2006.

CHOCT, M. Feed polysaccharides: nutritional roles and effect of enzymes. In: **IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal - IV CLANA**. Estância de São Pedro, SP, p. 65-78, 2010.

COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Effect of phytic acid and microbial phytase on the flow and amino acid composition of endogenous protein at the terminal ileum of growing broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 98, n. 4, p. 745-752, 2007.

- COWIESON, A. J.; WILCOCK, P.; BEDFORD, M. R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science Journal**, v.67, n.2, p.225–236. 2011.
- CYSNE, J. R. B. **Propagação in vitro de Moringa oleifera L.** 81 f. 2006 Dissertação (Mestrado em Agronomia). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- DACHINENI, R. *et al.* Cyclin A2 and CDK2 as novel targets of aspirin and salicylic acid: a potential role in cancer prevention. *Molecular Cancer Research*, v.14, n.3, p.241–252, 2016.
- DAHOT, M. U. Antimicrobial activity of small protein of Moringa oleifera leaves. **Journal of Islamic Academic Sciences**, v.11, n.3, p.27-32, 1998.
- DAS, A. K. *et al.* Moringa oleifera leaves extract: a natural antioxidant for retarding lipid oxidation in cooked goat meat patties. **International Journal of Food Science & Technology**, v.47, n.3, p.585-591, 2012.
- DERSJANT-LI, Y.; AWATI, A.; SCHULZE, H.; PARTRIDGE, G. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, n.5, p.878-896, 2015.
- DE SOUSA, J. P. L. *et al.* The effect of dietary phytase on broiler performance and digestive, bone, and blood biochemistry characteristics. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, n.1, p.69-76, 2015.
- DONKOR, A. M. *et al.* Estimating the Nutritional Value of the Leaves of Moringa oleifera on Poultry. **Food and Nutrition Sciences**, v.4, p.1077-1083, 2013.
- EBENEBE, C. I. *et al.* Comparison of Haematological Parameters and Weight Changes of Broiler Chicks Fed Different Levels of Moringa Oleifera Diet. **Inter Journal Agricultural Bioscience**, v.1, n. 1, p. 23-25, 2012.
- ENGLMAIEROVÁ, M. *et al.* Limestone particle size and Aspergillus niger phytase in the diet of older hens. **Italian Journal of Animal Science**, v.16, n.4, p.608-615, 2017.
- ELNESR, S. S. *et al.* Effects of in ovo injection of sulfur-containing amino acids on heat shock protein 70, corticosterone hormone, antioxidant indices, and lipid profile of newly hatched broiler chicks exposed to heat stress during incubation. **Poultry Science**, v. 98, n. 5, p. 2290-2298, 2019.

ELWAN, H. A. M *et al.* Effects of in ovo methionine-cysteine injection on embryonic development, antioxidant status, IGF-I and tlr4 gene expression, and jejunum histomorphometry in newly hatched broiler chicks exposed to heat stress during incubation. **Animals**, v. 9, n. 1, p. 25, 2019

FAHEY, J. W. Moringa oleifera: A Review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal*, v1, n. 5 p.1-24, 2005.

FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v.64, n.1, p.171-181, 2014.

FALOWO, A. B. *et al.* Multi-functional application of Moringa oleifera Lam. in nutrition and animal food products: A review. **Food research international**, v. 106, n.4, p. 317-334, 2018.

FERREIRA, C. B. *et al.* Association of carbohydrases and phytase in enriched diets ranked and its effects on performance and quality of eggs from light laying hens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.249-254, 2015.

FOIDL, N.; MAYORGA, L.; VÁSQUEZ, W. Utilizacion del morango (Moringa oleifera) como forraje fresco para ganado. **Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua**, 2003.

FOIDL, N; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The Potencial of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses. **The miracle tree: The multiple attributes of Moringa**, p. 45-76, 2001.

FÖRSTER, N. *et al.* Ecotype variability in growth and secondary metabolite profile in Moringa oleifera: Impact of sulfur and water availability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, n.11, p.2852-2861, 2015.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v.199, n.3-4, p.197-227, 2001.

GADZIRAYI, C. T. *et al.* Performance of broiler chickens fed on mature Moringa oleifera leaf meal as a protein supplement to soyabean meal. **International Journal of Poultry Science**, v.11, n.1, p.5-10, 2012.

GAKUYA, D. W. *et al.* Effect of supplementation of Moringa oleifera leaf meal in broiler chicken feed. **International Journal of Poultry Science**, v.13, n. 4, p.208-213, 2014.

GALINDO, C. M. *et al.* Spontaneous and experimental poisoning by tifton 68 (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) in cattle. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.37, n.5, p.441-446, 2017.

GAUTIER, A. E; WALK, C. L.; DILGER, R. N. Effects of a high level of phytase on broiler performance, bone ash, phosphorus utilization, and phytate dephosphorylation to inositol. **Poultry Science**, v. 97, n. 1, p. 211-218, 2018

GENTILINI, F. P. *et al.*. Efeito de um complexo enzimático na produção e na qualidade de ovos, nos níveis de proteínas plasmáticas e na população bacteriana cecal em poedeiras semipesadas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n.2, p.504-510, 2009.

GERALDO, A. *et al.* Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.1, p.285-290, 2014.

GHASI, S.; NWOBODO, E.; OFILI, J. O. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed Wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 69, n. 1, p. 21-25, 2000.

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, n.4, p.729-739, 2012.

GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; KUMAR, D. S. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food Science and Human Wellness**, v.5, n.2, p.49-56, 2016.

GUALBERTO, A. F. *et al.* Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleifera* Lam.): Aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.5, p.19-25, 2015.

GUPTA, K. *et al.* Nutrient contents and antinutritional factors in conventional and non-conventional leafy vegetables. **Food Chemistry**, v.31, n.2, p.105-116, 1989.

GUPTA, S. *et al.* Nutritional and medicinal applications of *Moringa oleifera* Lam-Review of current status and future possibilities. **Journal Herbal Medicine**, v.11, n.1, p.1–11, 2018.

HASSAN, H. M. A. *et al.* Effect of different levels of *Moringa oleifera* leaves meal on productive performance, carcass characteristics and some blood parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.11, n.1, p.60-66, 2016.

- ISITUA, C. C. *Et al.* Phytochemical and nutritional properties of dried leaf powder of *Moringa oleifera* Lam. From Machala el oro province of Ecuador. **Asian Journal of Plant Science and Research**, v. 5, n. 2, p.8-16, 2015.
- JASIM, M. S.; FADEL, G.Y. Effect of feed supplementation of probiotic and digestive enzymes in production performance and intestinal biometrics of laying hens. **Plant Archives**, v. 20, n. 1, p. 1773-1781, 2020.
- JAISWAL, D. *et al.* Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes-induced oxidative stress. **Asian Pacific Journal Tropic Medicine**, v.10, n.6, p.426–432, 2013.
- JAYASENA, D. D.; JO, C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.34, n.2, p.96-108, 2017.
- JAYAWARDANA, B. C. *et al.* Antioxidant and antimicrobial activity of drumstick (*Moringa oleifera*) leaves in herbal chicken sausages. **LWT-Food Science and Technology**, v.64, n.2, p.1204-1208, 2015.
- JESUS, A. R. *et al.* **Cultivo da Moringa Oleífera**. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA. 2013.
- JOSHI, P.; MEHTA, D. Effect of dehydration on the nutritive value of drumstick leaves. **Journal of Metabolomics and Systems Biology**, v.1, n.1, p.5-9, 2010.
- JUNIAR, I.; WIDODO, E.; SJOFJAN, O., Effect of *Moringa oleifera* leaf meal in feed on broiler production performance. **Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan**, v. 18, n.3, 2010.
- KAIJAGE, J. T.; MUTAYOBA, S. K.; KATULE, A. *Moringa oleifera* leaf meal and Molasses as Additives in Grain Sorghum Based Diets for Layer Chickens. **Livestock Research for Rural Development**, v. 27, n.2, p. 1-5, 2015.
- KAKENGI, A. *et al.* Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. **Bone**, v.9, n. 9, p. 446, 2007.
- KALIBBALA, H.M.; WAHLBERG, O.; HAWUMBA, T.J. The impact of *Moringa oleifera* as a coagulant aid on the removal of trihalomethane (THM) precursors and iron from drinking water. *Water Sci.Technol*: **Water Supply**, v.9, n.6, p.707–714, 2009.
- KANA. J. R. *et al.* Effects of Substituting Soybean with *Moringa oleifera* Meal in Diets on Laying and Eggs Quality Characteristics of Karbir Chickens. **Journal of Animal Nutrition**, v.1, n. 1, p.4-12 2015.

- KHAN, I. *et al.* Effect of Moringa oleifera leaf powder supplementation on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.101, n.S1, p.114-121, 2017.
- KHAN, I. *et al.* Effect of Moringa oleifera leaf powder supplementation on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.101, n.1, p.114-121, 2017.
- KHATTAK, F. M. *et al.* Enzymes in poultry nutrition. **Journal of Animal Poultry Science**, v. 16, n.1-2, p. 1-7, 2006.
- KILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. V. D.; LIMA, P. C. F. Moringa oleifera: Registro dos visitantes florais e potencial apícola para a região de Petrolina, PE. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v.1, p.1-19, 2012.
- KIM, J. H. *et al.* Effect of superdosing phytase on productive performance and egg quality in laying hens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.30, n.7, p.994-998, 2017.
- KOGUT, M. H. The effect of microbiome modulation on the intestinal health of poultry. **Animal Feed Science and Technology**, v.250, n.1, p.32-40, 2019.
- KOSTEKLI, M.; KARAKAYA, S. Protease inhibitors in various flours and breads: Effect of fermentation, baking and in vitro digestion on trypsin and chymotrypsin inhibitory activities. **Food chemistry**, v.224, n.1, p.62-68, 2017.
- LECZNIESKI, J. L. Considerações práticas do uso de enzimas. In: **Seminário Internacional de Aves e Suínos**, 5., 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis: AveSui, 2006. 1 CD-ROM.
- LEE, K. W. *et al.* Evaluation of dietary multiple enzyme preparation (Natuzyme) in laying hens. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v.27, n.1, p.1749, 2014.
- LEITE, P.R.S.C. *et al.* Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p. 1138-1157, 2012.
- LEONE, A. *et al.* Nutritional characterization and phenolic profiling of Moringa oleifera leaves grown in Chad, Sahrawi Refugee Camps, and Haiti. **International Journal of Molecular Sciences**, v.16, n.8, p.18923-18937, 2015.

- LEONE, A. *et al.* Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview. **International Journal Molecular Science**, v.16, n. 6, p.12791–12835, 2015.
- LI, K. *et al.* Analyses of the microbial diversity across the human microbiome. **PloS one**, v.7, n.6, p.e32118, 2012.
- LIAO, S. F.; WANG, T.; REGMI, N.. Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2015.
- LIAQAT, S. *et al.* Replacement of canola meal with *Moringa oleifera* leaf powder affects performance and immune response in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 25, n. 3, p. 352– 358, 2016.
- LIEBERT, F.; WECKE, C.; SCHONER F. J. Phytase activities in different gut contents of chickens as dependent on levels of phosphorus and phytase supplementations, in **Proceedings of the 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition**, ed. by Wenk C and Boessinger M. Kartause Ittingen, Switzerland, p. 202– 205, 13–16 October, 1993.
- LIMA, T. S. **Utilização do feno de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) na alimentação de suínos em crescimento e terminação**. 2016. 86 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2016.
- LIU, N.; COWIESON, A. J. Effect of phytic acid and pH value on the activation of chicken pepsinogen in vitro. In **22nd ANNUAL AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM**, p. 84, 2011.
- LIU, D.; GUO, S.; GUO, Y. Xylanase supplementation to a wheat-based diet alleviated the intestinal mucosal barrier impairment of broiler chickens challenged by *Clostridium perfringens*. **Avian Pathology**, v.41, n.3, p.291-298, 2012.
- LOWELL, J. The Miracle tree *Moringa oleifera*, Natural Nutrition for the Tropic. **Regional Representative Church World Dakar**. Senegal, 1999.
- LU, W. *et al.* Evaluation of *Moringa oleifera* leaf in laying hens: effects on laying performance, egg quality, plasma biochemistry and organ histopathological indices. **Italian Journal of Animal Science**, v.15, n.4, p.658-665, 2016.

LUQMAN, S. *et al.* Experimental assessment of *Moringa oleifera* leaf and fruit for its antistress, antioxidant and scavenging potential using in vitro and in vivo assays. **Evi. Bas. Compl. Alt. Med.** v.2012, n.1, 2012.

MA, Z. *et al.* Enzymatic and acidic degradation effect on intracellular polysaccharide of *Flammulina velutipes* SF-08. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.73, n.2 p.236-244, 2015.

MACAMBIRA, G. M. **Uso da farinha de folhas de Moringa oleifera na alimentação de frangos de corte.** Recife – PE. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016, 74 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

MACAMBIRA, G. M. *et al.* Caracterização nutricional das folhas de *Moringa oleifera* (MOL) para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, n.2, p.570-578, 2018.

MACAMBIRA, G. M. *et al.* Exogenous carbohydrases and gut health in birds. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e48910716774, 2021.

MAEDA, E. M. *et al.* Intake, digestibility, rumen characteristics and microbial protein synthesis efficiency in bovine and bubaline fed sugar cane silage with additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.707-716, 2012.

MAHFUZ, S.; PIAO, X. S. Application of *Moringa* (*Moringa oleifera*) as natural feed supplement in poultry diets. **Animals**, v. 9, n. 7, p. 431, 2019.

MAHFUZ, S. *et al.* Dietary inclusion of mushroom (*Flammulina velutipes*) stem waste on growth performance and immune responses in growing layer hens. **Journal Science Food Agricultural**, v.99, n.2, p.703–710, 2018.

MAHFUZ, S.U. *et al.* Inclusion of probiotic on chicken performance and immunity: A Review. **International Journal of Poultry Science**, n.16, v.9, p.328-335, 2017.

MAHMOOD, K. T.; MUGAL, T.; HAQ, I. U. *Moringa oleifera*: a natural gift-A review. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v.2, n. 11, p.775-781, 2010.

MAKKAR, HPS; BECKER, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. **Animal feed Science and Technology**, v. 63, n. 1-4, p. 211-228, 1996.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutrients and anti-quality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. **Journal Agricultural Science**, v. 128, n. 3, p. 311-322, 1997.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of tropical seeds-Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 12, n. 3, p. 467-480, 1999.

MARCATO, D. C. *et al.* Avaliação da atividade despigmentante in vitro do ácido ferúlico como ativo cosmético. **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences**, v.38, n.1, 2017.

MARINELLI, P. S. **Farinhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.). 2016.** 76f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Bauru, SP.

MARINHO, J. B. M. **Avaliação nutricional da folha de moringa para aves.** 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, 2016.

MATHLOUTHI, N.; MOHAMED, M. A.; LARBIER, M. Effect of enzyme preparation containing xylanase and β -glucanase on performance of laying hens fed wheat/barley-or maize/soybean meal-based diets. **British Poultry Science**, v. 44, n. 1, p. 60-66, 2003.

MARTÍNEZ, Y. *et al.* The role of methionine on metabolism, oxidative stress, and diseases. **Amino Acids**, v. 49, n. 12, p. 2091-2098, 2017.

MAROUNEK, M. *et al.* Intestinal and total tract phytate digestibility and phytase activity in the digestive tract of hens fed a wheat-maize-soyabean diet. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.19, n.3, p.430-439, 2010.

MELESSE, A. Comparative assessment on chemical compositions and feeding values of leaves of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* using in vitro gas production method, Ethiopian . **Journal of Science and Technology**, v.2, n.2, p. 31 - 4, 2011.

MENEZES-BLACKBURN, D.; GABLER, S; GREINER, R. Performance of seven commercial phytases in an in vitro simulation of poultry digestive tract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, n.27, p.6142-6149, 2015.

MÉNDEZ, Y. *et al.* Bromatological characterization of *Moringa oleifera* foliage in different development stages. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.52, n.3, p. 813-823, 2018.

- MILANÉS, A. A. R. D. D.; MEDINA, A. D. Comportamiento De Tres Procedencias De Moringa Oleifera (Lam) En El Ecosistema De Topes De Collantes. Tlatemoani, **Revista Académica de Investigación**, n.26, p.9-21, 2017.
- MOBOLAJI, A. O. *et al.* Antilipemic effect of Moringa oleifera leaf powder on blood serum cholesterol fractions in broiler finishers. **International Journal of Livestock Production**, v.12, n.1, p.49-52, 2021.
- MOHAMMED, K. A. *et al.* Effects of phytase supplementation on performance and egg quality of laying hens fed diets containing rice bran. **Egyptian Poultry Science**, v.30, n1, p.649-659, 2010.
- MOHAMMED, K. A. E. F. *et al.* The nutritional effect of Moringa oleifera fresh leaves as feed supplement on Rhode Island Red hen egg production and quality. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, n.5, p. 1035-1040, 2012.
- MONTEIRO, J. M. *et al.* Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v.28, n.5, p.892-896, 2005.
- MOREKI, J. C; GABANAKGOSI, K. Potential use of Moringa olifera in poultry diets. **Global Journal of Animal Scientific Research**, v.2, n.2, p.109-115, 2014.
- MOREKI, J. C.; GABANAKGOSI, K. Potential use of Moringa olifera in poultry diets. **Global Journal of Animal Scientific Research**, v.2, n.2, p.109-115, 2014.
- MORENO-MENDOZA, Y. *et al.* Effect of moringa leaf powder and agave inulin on performance, intestinal morphology, and meat yield of broiler chickens. **Poultry Science**, v.100, n.2, p.738-745, 2021.
- MORGAN, H. *et al.* Evaluacion de La Moringa oleífera em vacas lecheras. **Memorias del Taller**, Nacional de Moringa Oleífera, Instituto del Ciencia Animal, San Jose de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2012.
- MORIMITSU, Y. *et al.* Antiplatelet and anticancer isothiocyanates in Japanese domestic horseradish, wasabi. **Mechanisms of Ageing and Development**, v.116, v.2-3, p.125-134, 2000.
- MOURA, A. S. *et al.* Caracterização físico-química da folha, flor e vagem de Moringa (Moringa olifera Lamarck). **Anais**. Encontro Nacional de Moringa, Aracaju, Sergipe, 2010.

MOURA, F.A.S. *et al.* Complexos enzimáticos sobre a energia metabolizável e digestibilidade dos nutrientes do milho para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.3, p.990-996, 2019.

MUSAPUOR, A. *et al.* The effects of phytase and different level of dietary calcium and phosphorous on phytate phosphorus utilization in laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v.4, n.8, p.560-562, 2005.

MOYO, B. *et al.* Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 60, p. 12925–12933, 2011.

MOYO, B. *et al.* Polyphenolic content and antioxidant properties of Moringa oleifera leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with Moringa oleifera leaves/sunflower seed cake. **Meat Science**, v.91, n.4, p.441-447, 2012.

MOYO, B.; MASIKA, P.J.; MUCHENJE, V. Potential use of Moringa oleifera leaf in animal feeding: A Review. **International Journal Current Agricultural Research**. v.4, n.1, p.9187–9194, 2016.

MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.13, p.2010-2037, 2006.

MUNAFO JR, J. P.; GIANFAGNA, T. J. Chemistry and biological activity of steroidal glycosides from the *Lilium* genus. **Natural Product Reports**, v.32, n.3, p.454-477, 2015.

MUTAYOBA, S. K. *et al.* determination of chemical composition and anti-nutritive components for Tanzanian 24 locally available poultry feed ingredients. **International Journal of Poultry Science**, v. 10, n.5, p. 350-357, 2011.

NAUMANN, H. D. *et al.* The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 46, n.12, p.929-949, 2017.

NISHIO, J.; HONDA, K. Immunoregulation by the gut microbiota. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 69, n. 21, p. 3635-3650, 2012.

NKAKWANA, T. T *et al.* Effect on Moringa oleifera Leaf Meal on Growth Performace, Apparent Digestibility, Digestive Organ Size and Carcass Yield in Broiler Chickens. **Livestock Science**, v.161, n.1, p. 139-146, 2014.

- NKUKWANA, T.T. *et al.* Intestinal morphology, digestive organ size and digesta pH of broiler chickens fed diets supplemented with or without Moringa oleifera leaf meal. **South Africa journal animal. science**, v.45, n.4, p. 362-370, 2015.
- O'NEILL, H. V. M.; SMITH, J. A.; BEDFORD, M. R. Multicarbohydase enzymes for non-ruminants. **Asian Australasian Journal Animal Science**, v. 27, n. 2, p. 290-301, 2014.
- ODEE, D. Forest biotechnology research in drylands of Kenya: the development of Moringa species. **Dryland Biodiversity**, v. 2, n.1, p. 7-8, 1998.
- OGBE, A. O.; AFFIKU, J. P. Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of Moringa oleifera leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health. **The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 1, n. 3, p. 296, 2011.
- OKEREKE, C. J.; AKANINWOR, J. O. The protein quality of raw leaf, seed and root of Moringa oleifera grown in Rivers State, Nigeria. **Annals of Biological Research**, v.4, n.11, p. 34-38, 2013.
- OLIVEIRA, S. H. **Avaliação nutricional das folhas da Moringa oleífera para aves**. 56 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- OLSON, M. E.; FAHEY, J. W. Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v.82, n. 4, p.1071-1082, 2011.
- OLUGBEMI, T. S.; MUTAYOBA, S. K.; LEKULE, F. P., Effect of Moringa (Moringa oleifera) Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens. **International Journal Poultry Science**, v. 9, n. 4, p. 363-367, 2010b.
- OLUGBEMI, T. S; MUTAYOBA, S. K; LEKULE, E.K. Moringa oleifera leaf meal as a hypocholesterolemic agent in laying hen diets. **Livestock Research for Rural Development**, v.22, n.4, p.1-7, 2010a.
- OPALINSKI, M. *et al.* Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.628-632, 2010.
- PAGUIA, H. M. *et al.* Utilization and evaluation of Moringa oleifera L. as poultry feeds. **APCBEE procedia**, v. 8, n.1, p. 343-347, 2014.

- PALOHEIMO, M., BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G. G. Xylanases and Cellulases as Feed Additives. In: **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. 2.ed. 2011. Cap.2, p.12-53.
- PASSOS, M. *et al.* Qualidade pós-colheita da moringa (*Moringa oleífera* lam) utilizada na forma in natura e seca. **GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v.3, n.1, p.113-120, 2013.
- PATHAKOTI, K. *Et al.* Metabolic alterations and the protective effect of punicalagin against glutamate-induced oxidative toxicity in HT22 cells. **Neurotoxicity Research**, v.31, n.4, p.521-531, 2017.
- PATRA, A. K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, v.71, n.11, p.1198-1222, 2010.
- PÉREZ, A. *et al.* Características y potencialidades de *Moringa oleífera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. **Pasto y Forrajes**, v. 33, n.4, p 1-20, 2010.
- PLUMSTEAD, P. W. *et al.* Effects of Phosphorus Level and Phytase in Broiler Breeder Rearing and Laying Diets on Live Performance and Phosphorus Excretion. **Poultry Science**, v. 86, n. 2, p. 225–231, 2007.
- POURHOSSEIN, Z. *et al.* Effect of different levels of dietary sweet orange (*Citrus sinensis*) peel extract on humoral immune system responses in broiler chickens. **Animal Science Journal**, v.86, n.1, p.105–110, 2015.
- QUINTANILLA-MEDINA, J. J. *et al.* Composición Mineral y Contenido de Nutrientes de *Moringa oleífera* Provenientes de Diferentes Fechas de Cosecha Durante n Año. **Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México**, p.665.
- QWELE, K. *et al.* Effect of dietary mixtures of moringa (*Moringa oleífera*) leaves, broiler finisher and crushed maize on antioxidative potential and physico-chemical characteristics of breast meat from broilers. *African Journal of Biotechnology*, v. 12, n.3, p. 290-298, 2013.
- QWELE, K. *et al.* Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with moringa (*Moringa oleífera*) leaves, sunflower cake and grass hay. **Meat Sci.**, v.93, n.3, p455–462, 2013.
- RADEK, M.; SAVAGE, G. P. Oxalates in some Indian green leafy vegetables. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.59, n.3, p.246-260, 2008.

RAJANANDH, M. G.; KAVITHA, J. Quantitative estimation of β -sitosterol, total phenolic and flavonoid compounds in the leaves of *Moringa oleifera*. **International Journal of Pharmacol Technical Research**, v.2, n.2, p.1409-1414, 2010.

RAMOS, L. M. *et al.* Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.). **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.156-160, 2010.

RESENDE, V. C. D. S. *et al.* Effects of enzyme supplementation on diets of medium-heavy laying hens at 28 to 40 weeks. **Revista Ciência Agronômica**, v.48 n.4, p.683-689, 2017.

RIBEIRO, J. S. *et al.* Suplementação de enzimas amilase, fitase e protease para codornas japonesas em postura. **Boletim de Indústria Animal**, v.72 n.2, p.163-169, 2015.

RODRIGUEZ CAZORLA, J. R. **Uso de la moringa (Oleífera) en el tratamiento de la desnutrición en niños menores de 5 años, en la Unidad de Atención de medicina Complementaria de EsSalud-Ayaviri**, 2018. 61f. Tese (Medicina Complementaria) - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, Puno, Perú, 2019.

ROOFCHAEI, A. *et al.* Influence of dietary carbohydrases, individually or in combination with phytase or an acidifier, on performance, gut morphology and microbial population in broiler chickens fed a wheat-based diet. **Animal Nutrition**, v.5 n.1, p.63-67, 2019.

ROSA, K. R. *Moringa oleifera*: a perfect tree for home gardens. **Agroforestry Information Service**, 1993.

SÁ, K. A. L. **Digestibilidade nutricional e energética do resíduo de goiaba e do feno de *Moringa oleifera* para suínos em crescimento**. 55 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

SAFAA, H. M. *et al.* Effects of the levels of methionine, linoleic acid, and added fat in the diet on productive performance and egg quality of brown laying hens in the late phase of production. **Poultry Science**, v. 87, n. 8, p. 1595-1602, 2008.

SAINI, R. K. *et al.* Effect of dehydration methods on retention of carotenoids, tocopherols, ascorbic acid and antioxidant activity in *Moringa oleifera* leaves and preparation of a RTE product. **J. Food Sci. Technol.** v.51, n.9, p.2176–2182, 2014.

SALEHI, B. *et al.* Thymol, thyme, and other plant sources: Health and potential uses. **Phytotherapy Research**, v.32, n.9, p.1688-1706, 2018.

- SALIBA, E. D. O. S. *et al.* Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, v.31, n.5, p.917-928, 2001.
- SÁNCHEZ-MACHADO, D. I. *et al.* Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*. *Food Analytical Methods*, v.3, n. 3, p.175-180, 2010.
- SÁNCHEZ, N. R.; LEDIN, S.; LEDIN, I. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. **Agroforestry Systems**, v.66, n.3, p.231-242, 2006.
- SANTIN, E. *et al.* Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. **Journal of Applied Poultry Research**, v.10, n.3, p.236-244, 2001.
- SANTOS T. T. **Phytate: anti-nutrient for poultry and swine**. *Feedstuffs*. v.84, n.1 p.1-3, 2011.
- SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal feed science and technology*, v.135, n.1, v.1, 2007.
- SHARMA, N.; GUPTA, P.C.; RAO, C. V. Nutrient Content, Mineral Content and Antioxidant Activity of *Amaranthus viridis* and *Moringa oleifera* Leaves, **Research Journal of Medicinal Plant**, v. 3, n.6, p. 1-7, 2012.
- SHARMA, R.; SINGH, V.J. In vivo antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf and pod extracts against carbon tetrachloride induced liver damage in albino mice. **Journal Chemical Pharmacology. Research**, v.2, n.6, p.275–283, 2010.
- SHIRLEY, R. B.; EDWARDS JR, H. M. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. **Poultry Science**, v.82, n.4, p.671-680, 2003.
- SIDDHURAJU, P.; K. BECKER. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **Journal Agricultural Food Chemisty**, v.51, n.1, p.2144-2155, 2003.
- SIGUEMOTO, E. S. **Composição nutricional e propriedades funcionais do murici (*Byrsomina crassifolia*) e moringa (*Moringa Oleifera*)**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

- SIKALIDIS, A. K. *et al.* Amino acids and immune response: a role for cysteine, glutamine, phenylalanine, tryptophan and arginine in T-cell function and cancer?. **Pathology & Oncology Research**, v. 21, n. 1, p. 9-17, 2015.
- SILVA, A. G. S. *et al.* Behavior of Selenium and Selenium-Dependent Glutathione Peroxidase Activity in Cystic Fibrosis. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e86942689, 2020.
- SILVA, E. C. A. **Respostas fisiológicas, bioquímicas e enzimáticas em mudas de Moringa oleifera Lam. submetidas a estresses abióticos.** Recife-PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013, 98p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciências Florestais, 2013.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, v.12, n.1, p.1221-1232, 1999.
- SILVA, N. S. *et al.* Fatores antinutricionais em plantas forrageiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p.1-13, 2012.
- SILVA-JÚNIOR, R. V. **Uso da Moringa oleifera na alimentação de galinhas poedeiras.** 2017. 62 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SILVERSIDES, F. G. *et al.* Study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. **Poultry Science**, v.85, n.2, p.297-305, 2006.
- SOUSA, L. S. 2017. **Efeito da fonte de fibra e uso de xilanase sobre desempenho, qualidade de ovos e biometria dos órgãos gastrointestinais de poedeiras leves.** 2017. 56f. Dissertação (Programa de PósGraduação em Zootecnia da Escola de Veterinária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SOUZA, C. G. *et al.* Fatores antinutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **PUBVET**, v. 13, p. 1-19, 2019.
- STANGARLIN, J. R. *et al.* A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.10, n.1, p.18-46, 2011.

- STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J.; CARVALHO, M. R. B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.32, n.3, p.255-262, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TEIXEIRA, E. M. B. *et al.* Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. leaves. **Food chemistry**, v.147, n.15, p.51-54, 2014.
- TETEH, A.; *et al.* Effects of *Moringa oleifera* leaf on laying rate, egg quality and blood parameters. **International Journal of Poultry Science**, v.15, n. 7, p.277-282, 2016.
- TORONDEL, B. *et al.* Efficacy of *Moringa oleifera* leaf powder as a hand- washing product: A crossover controlled study among healthy volunteers. **BMC Complementary Alternative Med.** v.14, n.1, p.57, 2014.
- UNI, Z. *et al.* Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. **British Poultry Science**, v.41, n.4, p.410-415, 2000.
- VALDEZ-SOLANA, M. A. *et al.* Nutritional content and elemental and phytochemical analyses of *Moringa oleifera* grown in Mexico. **Journal of Chemistry**, v.2015, 2015.
- VALDIVIÉ-NAVARRO, M. *et al.* Review of *Moringa oleifera* as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.260, n.2, p.114338, 2020.
- VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, 26, n.1, p.119-128, 1967.
- VANDERJAGT, D. J. *et al.* The trypsin inhibitor content of 61 wild edible plant foods of Niger. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.55, n.4, p.335-346, 2000.
- VARGAS, R. C. *et al.* Multi-enzyme complex in laying hens diet. **Revista de Ciências Agroveterinárias** (Journal of Agroveterinary Sciences), v. 16, n.1, p.61-69, 2017.
- VIEIRA, B. S. *et al.* Phytase and protease supplementation for laying hens in peak egg production. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.6, p.4285-4293, 2016.
- VOEMESSE, K. *et al.* Effects of *Moringa oleifera* leave meal in the diet on layer performance, haematological and serum biochemical values. **European Poultry Science**, v.83, p.1-12, 2019.

- WALK, C. L.; SANTOS, T. T.; BEDFORD, M. R. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. **Poultry Science**, v.93, n.5, p.1172-1177, 2014.
- WOYENGO, T. A. *et al.* Gastro-intestinal digesta pH, pepsin activity and soluble mineral concentration responses to supplemental phytic acid and phytase in piglets. **Livestock Science**, v.134, n.1-3, p.91-93, 2010.
- WAPI, C. *et al.* Physico-chemical shelf-life indicators of meat from broilers given Moringa oleifera leaf meal. **South African Journal of Animal Science**, v.43, n.5, p.43-47, 2013.
- YAN, F. *et al.* Effect of carbohydrase and protease on growth performance and gut health of young broilers fed diets containing rye, wheat, and feather meal. **Poultry science**, v.96, n.4, p.817-828, 2017.
- YASON, C. V.; SUMMERS, B. A.; SCHAT, K. A. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys. **Pathology. American Journal of Veterinary Research**, v.48, n.6, p.927-938, 1987.
- YU, B., JAN, Y. C. *et al.* Exogenous phytase activity in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v.117, n.3, p.295-303, 2004.
- YU, S. *et al.* Interactions of phytate and myo-inositol phosphate esters (IP1-5) including IP5 isomers with dietary protein and iron and inhibition of pepsin. **Journal of Animal Science**, v.90, n.6, p.1824-1832, 2012.
- ZANU, H. K. *et al.* Possibilities of Using Moringa (Moringa oleifera) Leaf Meal as a Partial Substitute for Fishmeal in Broiler Chickens Diets. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 2, n.1, p.70-75, 2012.
- ZHANG, G. Q. *et al.* Purification, characterization, and cloning of a novel phytase with low pH optimum and strong proteolysis resistance from *Aspergillus ficuum* NTG-23. **Bioresource Technology**, v.101, n.11, p.4125-4131, 2010.
- ZHENG, Y.; ZHANG, Y.; WU, J. Yield and quality of Moringa oleifera under different planting densities and cutting heights in southwest China. **Industrial Crops and Products**, v.91, n.1, p.88-96, 2016.

ZYŁA, K. *et al.* Towards complete dephosphorylation and total conversion of phytates in poultry feeds. **Poultry Science**, v.83, n.7, p.1175-1186, 2004.

CAPÍTULO 2

Desempenho, qualidade de ovos e parâmetros sanguíneos de galinhas poedeiras alimentadas com *Moringa oleífera* suplementadas com enzimas exógenas

CAPÍTULO 2

Desempenho, qualidade de ovos e parâmetros sanguíneos de galinhas poedeiras alimentadas com *Moringa oleifera* suplementadas com enzimas exógenas

RESUMO

As folhas de *Moringa oleifera* apresentam potencial para serem utilizadas como alimento alternativo na dieta de aves e fornecida em associação com enzimas exógenas pode intensificar seu aproveitamento considerando a presença de polissacarídeos não amiláceos e fitatos neste ingrediente. Sendo assim, objetivou-se estudar a influência da farinha de folhas de *Moringa oleifera* (FMO) em dietas suplementadas com enzimas xilanase e fitase sobre o desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras no período de pico de postura. Foram utilizadas 288 aves de postura da linhagem Dekalb White com 32 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (presença e ausência de farinha de folhas de *Moringa oleifera* x 4 formas de suplementação enzimática) totalizando oito tratamentos com seis repetições de seis aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle, a base de milho e farelo de soja, e uma dieta com suplementação de 5% de farinha de folhas de moringa seguida de três formas de suplementação enzimática (xilanase, fitase e mix das duas enzimas). A associação enzimática nas dietas com FMO influenciou positivamente a produção, peso e massa de ovos. O consumo foi maior para as aves alimentadas com dietas suplementadas com xilanase quando comparada as outras dietas. A moringa proporcionou aumento significativo na altura do albúmen e a unidade Haugh, enquanto a espessura da casca e escore de ovoscopia foram melhorados na presença da FMO e fitase. O FMO proporcionou intensificação da cor das gemas dos ovos e diminuição nas concentrações plasmáticas de colesterol e LDL dos animais. Concluiu-se que o FMO ao nível de 5% não compromete o desempenho de galinhas poedeiras e que a suplementação enzimática, isolada ou em associação com FMO nas dietas podem melhorar o peso dos ovos. O FMO tem o potencial de aumentar a intensidade da cor das gemas e sua associação com a enzima fitase melhora a qualidade da casca.

Palavras chaves: alimento alternativo, complexo enzimático, aves, postura, polissacarídeos não amiláceos.

Performance, egg quality and blood parameters of laying hens fed *Moringa oleifera* supplemented with exogenous enzymes

ABSTRACT

The leaves of *Moringa oleifera* have great potential to be used as an alternative food in the diet of birds and provided in association with exogenous enzymes can promote improvement in its use considering the presence of non-starch polysaccharides and phytate in this ingredient. Therefore, this study aimed to study the influence of *Moriga oleifera* leaf meal (MLM) in diets supplemented with xylanase and phytase enzymes on the performance and quality of eggs of laying hens in the period of peak laying period. A total of 288 laying hens of the 32-week-old Dekalb White were used, distributed in a completely randomized design in a 2 x 4 factorial arrangement (presence and absence of MOL x 4 forms of enzymatic supplementation) totaling eight treatments with six replicates of six birds per experimental unit. The treatments consisted of a control diet, based on corn and soybean meal, and a diet supplemented with 5% MOL followed by three forms of enzymatic supplementation (xylanase, phytase and a mix of the two enzymes). The enzyme association in diets with MOL positively influenced egg production, weight and mass. Consumption was higher in xylanase supplements when compared to other diets. *Moringa* significantly increased albumen height and Hough unit, while shell thickness and ovoscopy score were improved in the presence of MOL and phytase. MOL enhanced the color of egg yolks and decreased the plasma concentrations of cholesterol and LDL in the animals. It was concluded that FMO at the 5% level does not compromise the performance of laying hens and that enzyme supplementation, alone or in association with FMO in the diets, can improve egg weight. MOL has the potential to increase the color intensity of yolks and its association with the enzyme phytase improves the quality of the shell.

Key words: alternative food, enzyme complex, production, non-starch polysaccharides.

1. Introdução

As folhas de *Moringa oleifera* apresentam grande potencial para serem utilizadas na alimentação animal graças as suas características nutricionais, tais como elevado teor proteico, presença de compostos antioxidantes (como vitaminas e polifenóis), cálcio, betacaroteno e pequenas quantidades de compostos antinutricionais (MOYO et al., 2011; NKUKWANA et al., 2014; RAJANANDH e KAVITHA, 2010), apresentando, no entanto, grande quantidade de fibra, principalmente da classe solúvel (MACAMBIRA et al., 2018). A *Moringa oleifera* possui carotenos e xantofilas com capacidade de intensificação da cor de produtos avícolas (MOYO et al., 2011; OLUGBEMI et al., 2010). Além dos já citados, outros compostos bioativos presentes na planta (β -sitosterol, ácido clorogênico, ácido cefálico, ácido ascórbico, flavanóides e fenóis) parece possuírem propriedades hipocolesterêmicas, prebióticas, antioxidantes, imunoestimuladoras e antimicrobianas, despertando assim o interesse dos nutricionistas com o intuito de prover produtos com características diferenciadas aos consumidores (GHASI et al., 2000; SIDDHURAJU e BECKER, 2003; TEIXEIRA et al., 2014).

Diversos trabalhos já foram realizados com a utilização das folhas de Moringa na alimentação de poedeiras comerciais (ABOU-ELEZZ et al., 2011; EBENEBE et al., 2015; GAKUYA et al., 2014; KAKENGI et al., 2007; LU et al., 2016; VALDIVIÉ et al., 2016) mostrando os seus pontos positivos e negativos sobre o desempenho e qualidade de ovos desses animais. No entanto ainda existem muita variação de resultados, entre os diferentes estudos, devido a variabilidade da qualidade e composição da FMO em decorrência vários fatores tais como: condições edafoclimáticas, adubação, genética, parte da planta utilizada para a formulação das rações (folhas, folhas e talos ou planta inteira), perdas durante a secagem e moagem e deterioração durante a estocagem (LEONE et al., 2015a; b; OGBE e AFFIKU, 2011; PADILLA et al., 2014). Além disso, devido ao alto teor de fibra presente na Moringa, existem ainda muitas limitações para o seu uso na alimentação avícola, no entanto, algumas alternativas para utilização de ingredientes com estas características já foram estudadas, como o exemplo a utilização de enzimas exógenas (BIGGE et al., 2018; ROJAS et al., 2018; SOUSA et al., 2019; SILVERSIDES et al., 2006; TAYLOR et al., 2018).

A utilização desses aditivos, dentre eles a xilanase e a fitase, são uma alternativa para a melhoria no aproveitamento desse tipo de alimento que podem apresentar baixos coeficientes de digestibilidade devido aos altos teores de polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs) e fitato (hexafofato de mio-inositol) (FERREIRA et al., 2015). Segundo Macambira et al. (2018) sabe-se que a moringa é rica em fibra principalmente da classe solúvel, além de que, por se tratar de um alimento de origem vegetal, apresenta grande quantidade de fitato com

média de 2,56% segundo Valdivié-Navarro et al. (2020). As enzimas exógenas são suplementadas nas dietas avícolas com o intuito de reduzir os efeitos negativos dos fatores antinutricionais presentes nos ingredientes, auxiliando as enzimas endógenas nos processos digestivos e incrementando, assim, a digestibilidade dos alimentos utilizados nas formulações das rações (SILVA et al., 2000). Logo a utilização de enzimas exógenas em dietas contendo a *Moringa oleifera* pode melhorar o aproveitamento deste ingrediente pelos animais. Não encontramos trabalhos na literatura que tenham estudado o uso deste aditivo em rações suplementadas com esta planta para poedeiras comerciais, sendo verificado apenas o trabalho desenvolvido por Mikhail et al. (2020), com frangos de corte. Com isso, os resultados deste estudo se caracterizam em uma nova abordagem quanto a utilização desta espécie vegetal tão promissora na alimentação de aves destinadas a produção de ovos.

Sendo assim, a hipótese do trabalho foi averiguar se a utilização da farinha de folhas de *Moringa oleifera* (FMO) em dietas suplementadas com enzimas exógenas promoveria melhorias no desempenho, qualidade de ovos e alterações na bioquímica sérica de galinhas poedeiras comerciais. Com isso objetivou-se estudar a influência do FMO em dietas suplementadas com e sem as enzimas xilanase e fitase, associadas ou não, e seus efeitos sobre o desempenho, qualidade de ovos e bioquímica sanguínea das galinhas durante o período de pico de postura.

2. Materiais e métodos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) sob número de licença 21/2018.

2.1. Produção do farelo de folhas de *Moringa oleifera* e análises bromatológicas

Para obtenção do FMO foram utilizadas folhas e pecíolos de *Moringa oleifera* coletados com intervalo entre cortes de 45 dias, visando combinar produção de matéria verde e valor nutricional das folhas. As plantas foram cortadas a uma altura de aproximadamente 60 cm do solo. Após o corte, toda a produção foi moída em forrageira e o material foi armazenado em galpão para secar até estabilização do peso. O material foi então moído em moinho tipo vertical para obtenção do farelo de folhas.

Amostras do FMO e rações experimentais foram coletadas e enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para a determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta

(PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), de acordo com a metodologias propostas por Detmann et al. (2012). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi realizada segundo metodologia proposta por Van Soest (1967). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (IKA, modelo C-200). A composição determinada do FMO encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Composição química da Farinha de folhas de Moringa oleífera (na matéria natural).

Nutrientes		Aminoácidos Totais (%) ²	
Matéria seca, %	89,95	Metionina	0,324
Proteína bruta, %	20,23	Cistina	0,228
Fibra em detergente Neutro, %	39,76	Metionina + Cistina	0,554
Fibra em Detergente ácido, %	19,11	Lisina	0,995
Matéria Mineral, %	12,05	Treonina	0,822
Extrato etéreo, %	8,43	Triptofano	0,392
Energia Bruta (kcal/kg)	4623	Arginina	1,058
Energia Metabolizável (kcal/kg) ¹	3014	Isoleucina	0,822
		Leucina	1,595
		Valina	1,032
		Histidina	0,403
		Fenilalanina	0,999
		Glicina	0,956
		Serina	0,791
		Prolina	0,917
		Alanina	1,159
		Ácido Aspártico	1,634
		Ácido Glutâmico	2,166
		Glicina + Serina	1,747
		Aminoácidos digestíveis (%) ³	
		Metionina	0,251
		Lisina	0,617
		Metionina + Cistina	0,349
		Treonina	0,509
		Arginina	0,677

¹Valor estimado por Silva (2018); ²Valores de AA totais estimados a partir de Macambira et al. (2018); ³Valores estimados considerando digestibilidade de 62, 75, 63, 62 e 64%, respectivamente, para os aminoácidos Lisina, Metionina, Metionina + Cistina, Treonina e arginina da alfafa (FEDNA, 2010).

2.2. Animais e instalações

Um experimento de desempenho foi conduzido no galpão de aves de postura pertencente ao Laboratório de Pesquisa com Aves localizado no Departamento de Zootecnia da UFRPE, no município de Recife, Pernambuco, Brasil, situado a 4,5 m de altitude em relação ao nível do mar e coordenadas geográficas 8°3'14'' de latitude S e 34°52'52'' de longitude W. Para a pesquisa foram utilizadas 288 aves de postura da linhagem Dekalb White com 32

semanas de idade e peso médio inicial de 1,520 kg, as quais foram alojadas em gaiolas com dimensões de 1,00 x 0,40 x 0,45m, equipadas com calha para coleta dos ovos, comedouro tipo calha e bebedouro automático com copinho acoplado. As aves foram pesadas no início do período experimental para a obtenção da uniformidade entre as parcelas experimentais. Em seguida, os animais tiveram a sua produção de ovos acompanhada, por unidade experimental, por um período de 14 dias. Após uniformização do peso e da produção de ovos, os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente entre as unidades experimentais.

O programa de luz adotado foi de 17 horas de luz, composto de 12 h de luz natural + 5h de luz artificial. Os parâmetros ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, foram mensurados diariamente via Data Logger (HOBO, modelo U12-001), assim como através termohigrômetro (Incoterm Digital, modelo 7666.02.0.00) instalado na posição central no galpão, na altura do dorso das aves, durante todo o experimento. As médias de temperatura e umidade relativa do ar ficaram em 25,79°C e 69,92%. A Figura 7 mostra a variação de temperatura e umidade relativa durante período experimental.

2.3. Delineamento e dietas experimentais

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (suplementação ou não de 5% de farinha de folhas de Moringa oleífera x quatro formas de suplementação enzimática) totalizando oito tratamentos. A xilanase utilizada foi a Econase XT 25P (AB Vista, Flórida), enzima bacteriana expressa em *Trichoderma* sp. com atividade de 160,000 BXU de endo 1,4-b-xilanase por grama. Já a fitase suplementada foi a Quantum-Blue 5 G (AB Vista, Flórida), enzima isolada a partir de *Echerichia coli* com atividade de 300FTU. Uma unidade de xilanase de bétula (BXU) pode ser definida com a quantidade de enzima capaz de liberar 1nmol de xilano de bétula, medidos em equivalentes de xilose, nas condições do ensaio (AB Enzymes, Germany). Já o FTU, ou unidade de fitase ativa, é a quantidade de enzima necessária para a liberação de 1µmol de fósforo inorgânico, por minuto, a partir de um substrato de 0,0051 mol/L de fitato de sódio a pH 5,5 e 37°C (ENGELLEN et al., 1994).

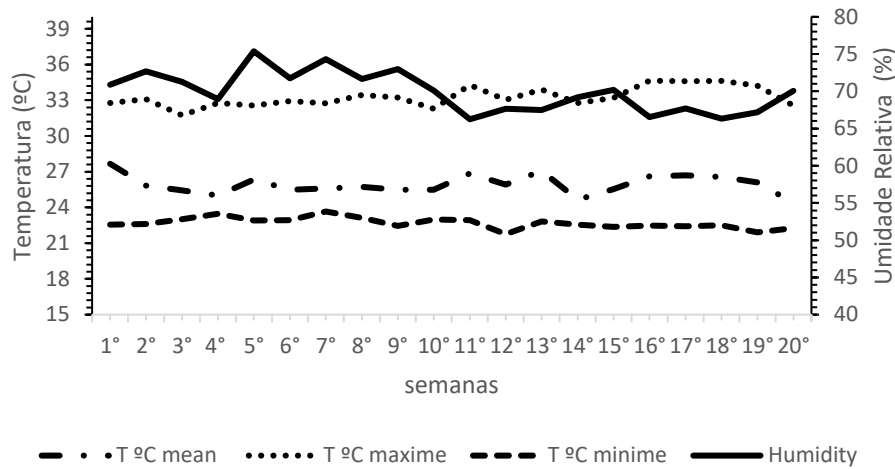


Figura 7: Variação de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental

Os tratamentos consistiram em: dieta controle sem suplementação enzimática (**C**); dieta controle com suplementação de 75 g/ton de xilanase (**CX**); dieta controle com suplementação de 60g/ton de fitase (**CF**); dieta controle com suplementação de 75g/ton de xilanase e 60g/ton de fitase (**CMIX**); dieta com 5% de inclusão de farinha de folhas de Moringa sem suplementação enzimática (**M**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa com suplementação de 75g/ton de xilanase (**MX**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa com suplementação de 60g/ton de fitase (**MF**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa com suplementação de 75g/ton de xilanase e 60g/ton de fitase (**MMIX**).

A Tabela 7 mostra a composição centesimal dos ingredientes e a composição nutricional calculada e determinada das rações experimentais. As rações foram formuladas de acordo com a composição de alimentos presente nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos desenvolvidas por Rostagno et al. (2017), exceto para o FMO que teve seu perfil nutricional analisado no LNA. O teor de energia metabolizável aparente de 3014 kcal/kg, para o FMO, foi determinado por Silva, (2018) em ensaio de metabolismo com poedeiras. Dados de AA de referência determinados por Macambira et al. (2018) e estimações dos AA digestíveis considerando uma digestibilidade de 62%, 75%, 63%, 62% e 64% para a Lisina, Metionina, Metionina + Cistina, Treonina e Arginina da alfafa (FEDNA, 2010) foram utilizados para a formulação das dietas (tabela 6). Foram atendidas todas as exigências nutricionais das aves, de acordo com o manual da linhagem utilizada. Foi realizada a valorização do perfil nutricional para as dietas que continham as enzimas xilanase e fitase em 100kcal e 0,15% de fósforo disponível, respectivamente, segundo recomendação do fabricante. Para melhor observação da ação das

mesmas sobre componentes das rações, todos os ingredientes foram mantidos estáveis, variando apenas as quantidades de óleo de soja e fosfato bicálcico adicionados.

2.4. Desempenho

O ensaio teve duração de 140 dias composto de 5 ciclos de 28 dias. A água foi fornecida à vontade e a quantidade de ração foi controlada para consumo médio 100 g/dia. Os ovos produzidos foram coletados duas vezes ao dia (9h da manhã e 15h da tarde), contabilizados e pesados por unidade experimental, para obtenção da produção e do peso médio. Semanalmente, as sobras de ração foram recolhidas dos comedouros para o cálculo do consumo de ração (**CR**).

Os parâmetros de desempenho avaliados foram: produção (%), peso médio dos ovos (g), massa de ovos (g/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar por massa (g/g) e dúzia de ovos (kg/dz). A massa de ovos foi calculada através da multiplicação do peso médio do ovo e a produção de ovos. A conversão alimentar por massa de ovos (g/g) foi determinada dividindo-se o consumo de ração pela massa de ovos. Já a conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz) foi obtida pela razão entre o consumo total de ração em quilogramas e a quantidade de dúzias de ovos produzidas.

2.5. Qualidade dos ovos

Durante três dias seguidos no final de cada ciclo, três ovos com peso médio do dia, para cada parcela experimental, foram selecionados e encaminhados ao Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia da UFRPE para a realização das análises de qualidade. Os ovos foram pesados em balança de precisão de 0,01g e em seguida foram classificados segundo escore de ovoscopia da casca (1-4) utilizando ovoscópio, sendo 1 (casca excelente: sem poros visíveis, completamente lisa), 2 (casca boa: poucos poros visíveis, mas distribuídos espaçadamente), 3 (casca regular: muitos poros visíveis distribuídos uniformemente) e 4 (casca delgada: muitos poros visíveis distribuídos uniformemente, mas com presença de fissuras). Os ovos foram posteriormente quebrados em balcão de mármore para a condução dos demais procedimentos. A altura de albúmen foi medida com o auxílio de paquímetro digital (ZAAS-1.0004). As gemas foram pesadas em balança com precisão de 0,01g para obtenção do peso. Após a quebra, as cascas foram devidamente lavadas e deixadas secar a temperatura ambiente por 24h onde então puderam ser pesadas, assim como também determinada a sua espessura com paquímetro digital. O escore de cor (1-15) foi determinado usando leque colorimétrico (DSM) e a intensidade de vermelho (**A**), intensidade de amarelo (**B**) e Luminosidade (**L**) foram medidas

em colorímetro (Minolta CR-400). O peso do albúmen foi estabelecido através da diferença entre o peso ovo e o peso da gema e casca. Na determinação da unidade Haugh (UH) foi considerado o peso do ovo e a altura de albúmen segundo fórmula abaixo. As porcentagens de albúmen, gema e casca dos ovos foram determinadas multiplicando o resultado da relação dos seus respectivos pesos com o peso do ovo multiplicado por 100.

$$UH = 100 \times \log(AA - 1,7PO^{0,37} + 76)$$

(Onde: UH: unidade Haugh; AA: altura de albúmen e PO: peso do ovo)

2.6.Coleta de sangue e bioquímica sérica

Ao final do período experimental uma ave por parcela (6 aves por tratamento) foi selecionada aleatoriamente para a coleta de 2ml de sangue da veia da asa esquerda. As amostras foram então encaminhadas ao Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal (BIOPA) do Departamento de Zootecnia da UFRPE para centrifugação a 3000rpm para a separação do soro, sendo este posteriormente armazenado em tubos Eppendorf, previamente identificados, a -4°C até a execução das análises.

As amostras de soro foram então submetidas a análise de Colesterol Total (Colesterol), Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL), Lipoproteína de Alta Densidade (HDL); Aspartato Aminotransferase (AST), Alanina Aminotransferase (ALT), Triglicérides Totais (TG), Albumina (ALB), Ácido Úrico (AU) e Proteínas Totais (PT) usando kits comerciais (Doles) de acordo com as especificações técnicas do fabricante. Para a leitura dos parâmetros utilizou-se um equipamento de espectrofotometria (Doles, D250) pertencente ao BIOPA UFRPE.

Tabela 7: Composição percentual e valores nutricionais calculados e determinados das rações para poedeiras Dekalb Withe utilizadas neste experimento.

Ingredientes	Tratamentos							
	C	CX	CF	CXF	M	MX	MF	MXF
Milho	55,210	55,210	55,210	55,210	52,385	52,385	52,385	52,385
Farelo de Soja	28,390	28,390	28,390	28,390	26,235	26,235	26,235	26,235
Óleo de Soja	3,783	2,759	3,783	2,759	3,933	2,912	3,936	2,912
Fosfato bicálcico	2,280	2,349	1,732	1,732	2,275	2,343	1,727	1,727
Calcário	9,328	9,548	9,824	9,957	9,114	9,334	9,612	9,742
Sal comum	0,261	0,311	0,311	0,311	0,267	0,317	0,317	0,317
DL-Metionina 99%	0,282	0,282	0,282	0,282	0,293	0,293	0,293	0,293
L-Lisina HCl 78,8%	0,043	0,043	0,043	0,043	0,070	0,070	0,070	0,070
Bicarbonato de sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina 98,5%	0,069	0,069	0,069	0,069	0,079	0,079	0,079	0,079
Xilanase	-	0,0075	-	0,0075	-	0,0075	-	0,0075
Fitase	-	-	0,0060	0,0060	-	-	0,0060	0,0060
<i>Moringa oleifera</i>	-	-	-	-	5,000	5,000	5,000	5,000
Inerte	-	0,681	-	0,883	-	0,684	-	0,886
Composição nutricional calculada								
Energia metabolizável (kcal/kg)	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850
Proteína bruta (%)	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500
Fibra (%)	2,758	2,757	2,757	2,757	3,361	3,360	3,360	3,360
Cálcio (%)	4,300	4,300	4,249	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300
Sódio (%)	0,180	0,200	0,200	0,200	0,180	0,200	0,200	0,200
Fósforo disponível (%)	0,420	0,430	0,430	0,430	0,420	0,430	0,430	0,430
Lisina digestível (%)	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860
Triptofano digestível (%)	0,201	0,200	0,200	0,201	0,186	0,186	0,186	0,186
Treonina digestível (%)	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
Metionina + Cistina digestível (%)	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757
Leucina digestível (%)	1,391	1,391	1,391	1,391	1,297	1,300	1,300	1,300
Valina Digestível (%)	0,711	0,711	0,711	0,711	0,661	0,661	0,661	0,661
Composição nutricional analisada								
Matéria seca (%)	90,347	90,125	90,544	90,337	91,670	91,021	91,665	91,001
Proteína bruta (%)	17,432	17,578	17,521	17,415	17,512	17,585	17,599	17,545
Fibra em detergente neutro (FDN) (%)	23,555	23,461	23,530	23,345	25,407	25,411	25,400	25,378
Fibra em detergente ácido (FDA) (%)	6,210	6,256	6,195	6,188	7,399	7,369	7,421	7,306
Cinzas (%)	16,000	16,007	15,832	15,760	16,242	16,198	15,926	15,934

¹ Níveis de garantia do premix vitamínico: vitamina A (min): 9.000.000UI/kg, vitamina D3 (min): 1.600.000UI/kg, vitamina E (min): 14.000UI/kg, vitamina K3 (min) 1.500mg/kg, vitamina B1 (min): 1.000mg/kg, vitamina B (min): 4.000mg/kg, vitamina B6 (min): 1.800mg/kg, vitamina B 12 (min): 12.000mcg/kg, ácido fólico (min): 300mg/kg, ácido pantotênico (min): 8.280mg/kg, biotina (min): 50mg/kg, niacina (min): 30g/kg, selênio (min): 250mg/kg. ²Níveis de garantia do premix mineral: ferro (min): 60g/kg, cobre (min): 18g/kg, manganês (min): 120g/kg, zinco (min):120g/kg e iodo (min): 2000 mg/kg.

2.7. Análise estatística

A gaiola com seis aves foi considerada com unidade experimental e para cada tratamento seis gaiolas, totalizando 48 unidades experimentais. Os dados foram submetidos a análise de homocedasticidade e homogeneidade das variâncias. A ANOVA unidirecional foi realizada utilizando o procedimento GLM do SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2012). Foi analisado a influência dos fatores individuais e interação sobre as variáveis. Na presença de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na equação abaixo é apresentado o modelo estatístico.

$$y_{ijk} = \mu + FMO_i + enzima_j + (FMO \times enzima)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, a; j = 1, \dots, b; k = 1, \dots, n$$

(Onde: y_{ijk} = observação k no nível i do fator FMO e nível j do fator *enzima*; μ = media geral; FMO_i = efeito do nível do fato i do fator FMO; $enzima_j$ = efeito do nível do fator j do fator *enzima*; $(FMO \times enzima)_{ij}$ = o efeito da interação do nível i do fator FMO com o nível j do fator *enzima* e ε_{ijk} = erro aleatório com média 0; variância σ^2 ; a = número de níveis do fator FMO e b = número de níveis do fator *enzima*; n = número de observações para cada combinação FMO x *enzima*)

3. Resultados

3.1. Desempenho

Na Tabela 8 são mostradas a influência dos fatores individuais e interação sobre o desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo FMO suplementadas com enzimas exógenas. Na figura 8 estão esquematizadas as interações. Houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores em todas as variáveis de desempenho estudadas exceto para a conversão alimentar por massa e dúzia de ovos, estas também não apresentando diferenças ($p > 0,05$) para os fatores individuais (figura 8). Percebemos que a inclusão da fitase e xilanase mais FMO obteve maior produção de ovos, peso e massa de ovos quando comparada àquelas aves que consumiram ração com FMO sem a inclusão das enzimas ($p < 0,05$). A ausência da FMO e enzimas na ração diminuíram a massa de ovos e o consumo dos animais. As dietas onde foi acrescidas apenas fitase também diminuíram a massa de ovos, mas não afetaram o consumo de ração. Os animais mantiveram uma taxa de produção de acordo com o preconizado pela Manual da Linhagem Dekalb White, que estipula porcentagem média de 96%, para galinhas poedeiras brancas, no período de pico de postura. Para o peso médio dos ovos, no presente estudo estando em torno de 62,834g, ficou acima daquele apresentado pelo mesmo manual, no qual apresenta valores de 62,500g para o período analisado.

Foi observado que a associação das duas enzimas ou uso individual da xilanase e fitase, na presença da FMO, proporcionaram ovos mais pesados. A massa de ovos foi estatisticamente menor com as rações sem moringa + mix, no entanto a presença das enzimas sozinhas ou sua ausência não diferiram entre si. Com a inclusão de FMO não foram encontradas diferenças significativas. O FMO aumentou significativamente o consumo dos animais quando suplementado sem as enzimas, enquanto a xilanase, sozinha ou em combinação com a fitase, quando o FMO estava ou não presente, também teve essa capacidade.

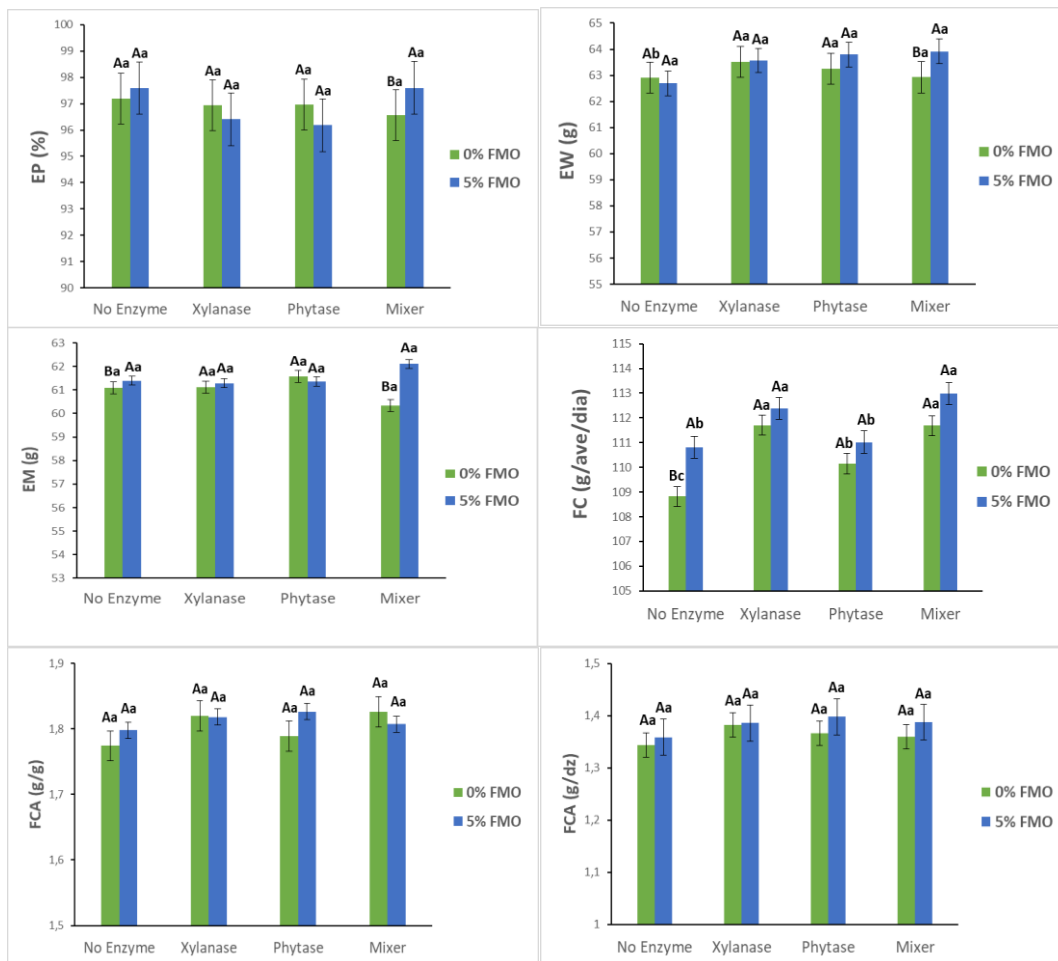


Figura 8: interação FM x enzimas para as variáveis de desempenho. **EP**: egg production; **EW**: egg weight; **EM**: egg mass; **FC**: feed consumption; **FCA**: feed conversion ratio.

Tabela 8: Efeitos dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis de desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas com enzimas.

<i>Moringa</i>	<i>Enzima</i>	Produção (%)	Peso do ovo (g)	Massa de ovo (g)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Conversão alimentar (g/g)	Conversão alimentar (g/dz)
5%		96,813	63,453 ^a	61,425	111,84 ^a	1,816	1,386
0%		96,689	62,952 ^b	60,893	109,79 ^b	1,798	1,362
	Sem Enzima	97,196	62,906 ^A	61,082	111,72	1,774	1,379
	Xilanase	96,933	63,516 ^A	61,123	111,53	1,820	1,385
	Fitase	96,962	63,253 ^A	61,573	111,17	1,789	1,382
	Mix	95,564	61,920 ^B	59,337	111,04	1,826	1,374
Desdobramentos							
5%	Sem Enzima	97,591 ^{Aa}	62,692 ^{Ab}	61,397 ^{Aa}	110,800 ^{Ab}	1,798	1,359
	Xilanase	96,405 ^{Aa}	63,569 ^{Aa}	61,283 ^{Aa}	112,380 ^{Aa}	1,818	1,386
	Fitase	96,183 ^{Aa}	63,794 ^{Aa}	61,360 ^{Aa}	111,021 ^{Ab}	1,826	1,398
	Mix	97,594 ^{Aa}	63,919 ^{Aa}	62,103 ^{Aa}	112,995 ^{Aa}	1,807	1,388
0%	Sem Enzima	97,196 ^{Aa}	62,907 ^{Aa}	61,082 ^{Ba}	108,818 ^{Bc}	1,774	1,344
	Xilanase	96,933 ^{Aa}	63,515 ^{Aa}	61,124 ^{Aa}	111,703 ^{Aa}	1,820	1,382
	Fitase	96,962 ^{Aa}	63,253 ^{Aa}	61,573 ^{Aa}	110,142 ^{Ab}	1,789	1,366
	Mix	96,564 ^{Ba}	62,926 ^{Ba}	60,338 ^{Ba}	111,687 ^{Aa}	1,826	1,360
Fontes de Variação		<i>p</i>-valor					
Moringa		NS	0,022	NS	<0,001	NS	NS
Enzima		NS	0,018	NS	NS	NS	NS
Moringa x Enzima		0,012	0,021	0,009	0,015	NS	NS

*Nos fatores individuais, letras minúsculas e maiúsculas comparam as médias dentro do fator enzima ou moringa, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos desdobramentos, *Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos "Sem Moringa" e "Com Moringa", letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo. Valores seguidos de letras maiúsculas e minúsculas diferentes, na coluna, não diferem estatisticamente dentro e entre os grupos, respectivamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.*

3.2. Qualidade de ovos

Na Tabela 9 estão apresentados os efeitos dos fatores individuais e interação sobre a qualidade de ovos de galinha poedeiras alimentadas com dietas contendo ou não FMO e enzimas. Na figura 9 estão esquematizadas as interações.

O FMO na ração aumentou significativamente a altura do albúmen dos ovos ($p < 0,05$), enquanto a suplementação enzimática não influenciou esta variável. O peso e porcentagem da gema não foram afetados pela adição de moringa nem suplementação de enzimas na dieta. A porcentagem de casca não foi alterada por nenhum dos dois fatores. A unidade Haugh foi positivamente afetada pela adição do farelo de folhas, enquanto que as enzimas não influenciaram sobre esta variável.

Foi observado efeito de interação para as variáveis score de cor, L, A, B e ovoscopia, logo para estas variáveis serão desconsiderados os efeitos individuais. O FMO mais a xilanase proporcionaram ovos com menores escores de cor quando comparados aquelas dietas contendo FMO e ambas as enzimas. No grupo sem a planta não foram encontradas diferenças quanto as formas de suplementação enzimática. Podemos perceber, também, que a adição da planta na ração, independentemente da ausência, presença individual ou combinação das enzimática, possibilitou pontuações de coloração de gemas superiores de quando a planta não estava presente.

Para a luminosidade (L) a utilização de enzimas isoladas ou em associação, seja com ou sem o FMO não influíram sobre esta variável ($p > 0,05$). A ausência da FMO e enzimas proporcionaram um aumento na luminosidade, sendo esta diminuída quando a moringa foi incluída nas dietas. A xilanase e fitase sozinhas foram capazes de incrementar aos valores de L ($p < 0,05$), nas dietas sem moringa, quando comparados aos valores obtidos na ração sem a sua suplementação. Quando o FMO foi adicionado as rações, observaram-se médias menores na suplementação isolada ou combinada das duas enzimas. Quando estas não estavam presentes o FMO aumentou a luminosidade dos ovos ($p < 0,05$).

A inclusão do FMO proporcionou aumento na intensidade de vermelho (A) e amarelo (B) das gemas dos ovos ($p < 0,05$). A suplementação enzimática, individual ou combinada, nas rações com FMO, proporcionaram aumentos de A, enquanto que não foram encontradas diferenças para as dietas sem a planta. B, na presença do FMO, foi aumentando com a combinação enzimática, sendo observado mesmo efeito nas rações sem o farelo e enzimas. A xilanase e a fitase, sozinhas ou associadas, não diferiram entre si nessas dietas.

O FMO melhorou a espessura da casca dos ovos ($p<0,05$), com melhores resultados quando houve adição das enzimas, não diferindo sua combinação ou uso isolado. Na ausência da moringa não foram encontradas diferenças significativas ($p>0,05$). Os escores de ovoscopia foram melhorados na presença da fitase ou da combinação das duas enzimas ($p<0,05$). Comparando os grupos podemos perceber que o FMO sem as enzimas ou apenas xilanase na ração obtiveram menores valores de ovoscopia ($p<0,05$). Não houve interações significativas para altura e porcentagem de albúmen, peso e porcentagem de gema, porcentagem de casca e unidade Haugh (UH). No entanto o FMO proporcionou aumentos na UH ($p<0,05$).

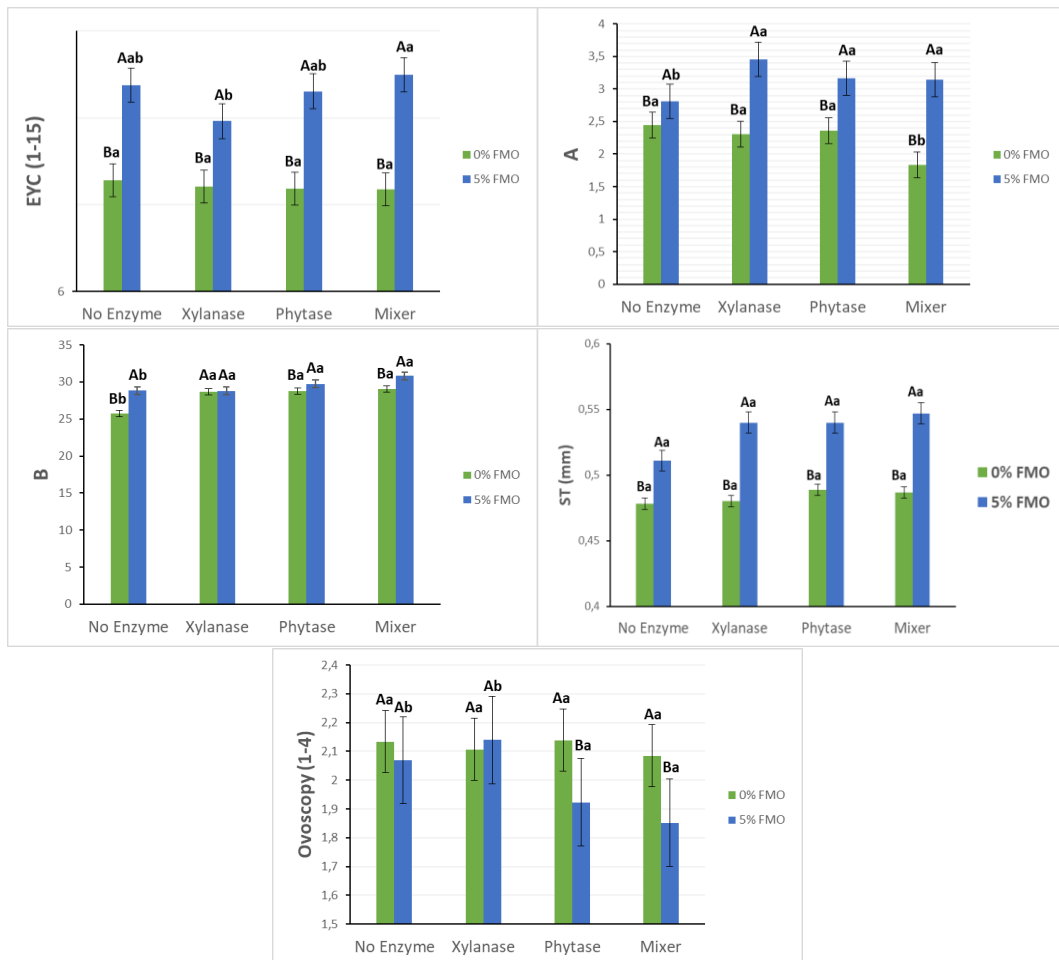


Figura 9: interação FM x enzimas para as variáveis de qualidade de ovos. **EYC**: egg color score; **A**: red intensity; **B**: yellow intensity; **ST**: shell thickness; **ovoscopia**: ovoscopy.

Tabela 9: Efeito dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis de qualidade de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas ou não com enzimas.

<i>Moringa</i>	<i>Enzima</i>	Cor (1-15)	Altura do Albúmen (mm)	L (luminosidade)	A (vermelho)	B (amarelo)	Casca (mm)	Albúmen (%)	Casca (%)	Gema (%)	UH	Ovosopia (1-4)
5%		8,285 ^a	7,509 ^a	52,707 ^b	3,044 ^a	29,482 ^a	0,496	69,956	3,941	26,355	86,015 ^a	1,996 ^b
0%		7,216 ^b	7,299 ^b	53,365 ^a	2,235 ^b	28,057 ^b	0,501	69,909	3,974	26,322	83,791 ^b	2,119 ^a
	Sem	7,829 ^A	7,271	52,403 ^B	2,625 ^B	27,172 ^C	0,495 ^B	70,063	4,032	26,333	84,856	2,134 ^A
	Xilanase	7,588 ^B	7,281	53,313 ^A	2,882 ^A	28,731 ^B	0,510 ^B	69,872	3,889	26,54	84,452	2,136 ^A
	Fitase	7,747 ^A	7,402	53,352 ^A	2,762 ^{AB}	29,235 ^{AB}	0,514 ^B	70,412	4,003	26,608	85,304	2,138 ^A
	Mix	7,838 ^A	7,341	53,077 ^{AB}	2,288 ^C	29,939 ^A	0,575 ^A	69,383	4,052	26,895	84,999	2,085 ^B
Desdobramentos												
5%	Sem Enzima	8,375 ^{Aab}	7,560	53,008 ^{Aa}	2,809 ^{Ab}	28,851 ^{Ab}	0,511 ^{Ab}	69,989	3,917	26,094	86,249	2,069 ^{Ab}
	Xilanase	7,964 ^{Ab}	7,468	52,720 ^{Bb}	3,459 ^{Aa}	28,785 ^{Ab}	0,540 ^{Aa}	69,578	3,970	26,452	85,730	2,139 ^{Ab}
	Fitase	8,306 ^{Aab}	7,558	52,720 ^{Bb}	3,164 ^{Aa}	29,733 ^{Aab}	0,540 ^{Aa}	70,375	4,070	25,548	86,291	1,923 ^{Ba}
	Mix	8,496 ^{Aa}	7,432	52,382 ^{Bc}	3,143 ^{Aa}	30,838 ^{Aa}	0,547 ^{Aa}	69,881	3,807	26,312	85,791	1,852 ^{Ba}
0%	Sem Enzima	7,282 ^{Ba}	7,571	51,779 ^{Bb}	2,441 ^{Ba}	25,763 ^{Bb}	0,478 ^{Ba}	70,136	4,032	25,832	85,464	2,134 ^{Aa}
	Xilanase	7,212 ^{Ba}	7,181	53,906 ^{Aa}	2,306 ^{Ba}	28,676 ^{Aa}	0,480 ^{Ba}	70,166	3,889	25,945	83,175	2,107 ^{Aa}
	Fitase	7,188 ^{Ba}	7,402	53,984 ^{Aa}	2,360 ^{Ba}	28,737 ^{Ba}	0,489 ^{Ba}	70,449	4,003	25,548	84,318	2,138 ^{Aa}
	Mix	7,180 ^{Ba}	7,341	53,772 ^{Aab}	1,832 ^{Bb}	29,051 ^{Ba}	0,487 ^{Ba}	70,485	3,982	25,170	84,208	2,085 ^{Aa}
Fontes de variação							p-valor					
Moringa		<0,001	0,001	0,003	<0,001	<0,001	NS	NS	NS	NS	<0,001	0,003
Enzima		0,034	NS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	NS	NS	NS	NS	0,025
Moringa x Enzima		0,031	NS	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	NS	NS	NS	NS	0,049

*Nos fatores individuais, letras minúsculas comparam as médias dentro do fator enzima ou moringa, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos desdobramentos, *Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos "Sem Moringa" e "Com Moringa", letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo. Valores seguidos de letras maiúsculas e minúsculas diferentes, na coluna, não diferem estatisticamente dentro e entre os grupos, respectivamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.*

3.3. Bioquímica sérica

Na Tabela 10 estão apresentados os efeitos dos fatores individuais e interação sobre a bioquímica sérica de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo ou não FMO e enzimas. Na figura 10 são mostrados os resultados em forma gráfica.

A *Moringa oleífera* diminuiu ($p < 0,05$) a concentração sérica de Colesterol e LDL das aves, enquanto que a HDL teve seus níveis aumentados com o FMO ($p < 0,05$). Em contrapartida, os animais mantiveram constante as quantidades de AST, ALT, PPT, TG, ALB e AU independentemente de terem sido ou não alimentados com a planta. Por outro lado, a suplementação enzimática não influenciou sobre as variáveis sanguíneas estudadas. Por fim, não houve efeito de interação para nenhuma das características bioquímicas sérica das galinhas poedeiras.

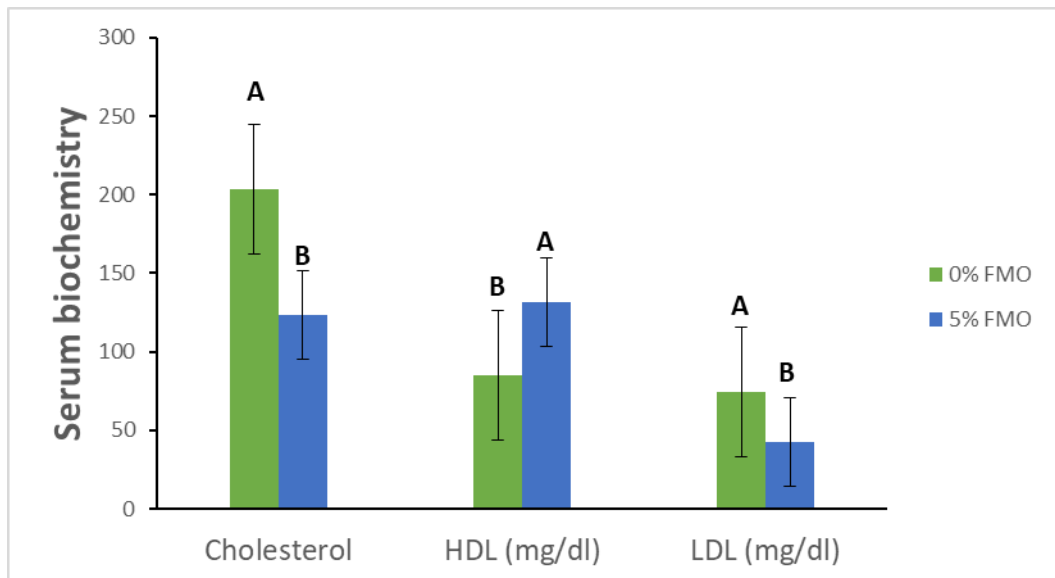


Figura 10: efeito individual da *Moringa oleífera* sobre o Colesterol (Cholesterol); Lipoproteína de alta densidade (HDL) e Lipoproteína de baixa densidade (LDL)

4. Discussão

A *Moringa oleífera* é uma espécie de hortaliça promissora para ser cultivada nos trópicos, visto que mantém sua produção de matéria verde mesmo na estação seca quando outras fontes forrageiras são escassas (ALIKWE e OMOTOSHO, 2013). As folhas dessa planta possuem um grande potencial de uso na alimentação de aves, visto que apresentam significativas quantidades de proteínas, minerais, compostos antioxidantes e compostos bioativos (ALIKWE e OMOTOSHO, 2013; MOYO et al., 2011; NKUKWANA et al., 2014).

Tabela 10: Efeito dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis sanguíneas de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas ou não com enzimas.

<i>Moringa</i>	<i>Enzima</i>	Colesterol (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	AST (mg/dl)	ALT (mg/dl)	AU (mg/dl)	TG (mg/dl)	ALB (g/dl)	PPT (g/dl)
5%		123,440 ^b	131,48 ^a	42,165 ^b	14,936	45,166	4,674	818,042	7,643	21,055
0%		203,101 ^a	85,124 ^b	74,417 ^a	15,876	44,479	4,593	818,740	7,553	21,120
	Sem Enzima	201,672	130,167	74,163	16,946	43,871	3,841	821,421	6,021	20,910
	Xilanase	202,091	130,281	74,470	16,712	43,065	3,203	822,872	6,301	21,044
	Fitase	202,941	130,091	73,852	17,921	43,412	3,210	820,125	6,481	21,392
	Mix	201,103	129,142	73,900	17,631	43,211	3,411	820,204	6,412	21,376
Desdobramentos										
5%	Sem Enzima	202,365	129,186	74,994	14,260	43,068	3,317	822,652	7,808	20,127
	Xilanase	202,785	129,705	73,433	15,008	47,467	3,247	822,395	7,450	19,898
	Fitase	201,120	130,926	74,123	14,705	43,738	3,544	823,727	7,352	19,937
	Mix	203,057	130,058	73,080	16,190	44,890	5,457	827,110	7,210	20,233
0%	Sem Enzima	203,095	130,112	75,195	15,185	43,917	3,169	850,761	7,637	20,827
	Xilanase	202,312	131,300	74,044	15,275	45,762	3,052	820,925	7,450	21,888
	Fitase	201,117	128,739	74,005	15,210	43,829	3,042	814,370	7,563	20,975
	Mix	202,580	129,168	73,280	16,063	46,732	3,171	854,517	7,545	20,920
Fontes de Variação		<i>p</i>-valor								
Moringa		<0,001	<0,001	<0,001	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Enzima		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Moringa x Enzima		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*Nos fatores individuais, letras minúsculas e maiúsculas comparam as médias dentro do fator enzima ou moringa, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos desdobramentos, *Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos "Sem Moringa" e "Moringa"*, *letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo*. *Valores seguidos de letras maiúsculas e minúsculas diferentes, na coluna, não diferem estatisticamente dentro e entre os grupos, respectivamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.*

No entanto, apesar de todas as aparentes vantagens, existe uma limitação de sua utilização nas dietas de animais não ruminantes, que é a presença de grandes quantidades de fibra da classe solúvel (MACAMBIRA *et al.*, 2018) e fitatos, podendo levar a uma diminuição no aproveitamento do ingrediente por parte dos animais quando este utilizado em grandes quantidades.

Em um trabalho anterior de nosso grupo de pesquisa, desenvolvido por Macambira *et al.* (2018), concluiu-se, a partir dos valores de FDN e FDA do FMO encontrados, que a maior parte da fibra presente no material constitui-se de sua fração solúvel. Com isso decidiu-se testar a utilização de xilanase com o objetivo de observar se a enzima melhoraria o aproveitamento da ração por parte das aves, visto que esta é uma das carboidrases com utilização mais difundida na nutrição avícola. Por outro lado, de acordo com Valdivié-Navarro *et al.* (2020), as folhas de *Moringa oleifera* apresentam quantidades significativas de fitato, com variação de 2,1 a 3,1% e média de 2,56% o que levaria a necessidade de suplementação de fitase exógena para o melhor aproveitamento dos componentes quelatadas a estrutura deste componente em rações que contenham a planta. Sabe-se que a utilização de enzimas exógenas tem sido difundida com estratégia nutricional quando se deseja formular dietas que porventura irão apresentar ingredientes alternativos. Campestrini *et al.* (2005) relatam que a utilização desses compostos é uma alternativa para a melhoria no aproveitamento de alimentos que apresentam baixos coeficientes de digestibilidade, grandes quantidades de fitato e fração significativa dos chamados PNAs, sendo estes parte importante da estrutura da parede celular de alimentos vegetais.

Quando se formulam dietas contendo enzimas, muitos nutricionistas optam pela valorização do perfil nutricional da mesma, ou seja, o quanto do seu substrato em termos de energia ou mobilização de nutrientes está sendo disponibilizado para o animal. Este valor é então considerado na hora da formulação das dietas, ocasionando, conseqüentemente, diminuição na utilização de alguns ingredientes tais como óleo de soja e fontes de fósforo inorgânico.

No presente estudo foi observado um aumento no consumo dos animais que foram alimentados com dietas contendo a enzima xilanase na presença ou ausência do farelo de folhas de moringa. Nas dietas onde houve a suplementação com xilanase foram diminuídos os valores de energia metabolizável em 100 kcal com a retirada de óleo de soja, mantendo-se fixo todos os outros ingredientes. Logo, provavelmente, a quantidade de xilanase (75g/ton) adicionada não foi capaz de disponibilizar quilocalorias suficientes do milho, farelo de soja e/ou moringa para

atendimento das exigências das aves, que, para compensar este déficit, aumentaram o consumo de ração.

Em estudo recente Abreu et al. (2018), utilizando complexo multienzimático contendo xilanase, fitase e betaglucanase (suplementação com 60g/t e 100 g/t) em dietas para poedeiras comerciais leves da linhagem Hy-Line W36 no período de pico de postura, realizou valorização enzimática e verificaram aumentos no consumo de ração em torno de 1,5% apenas nas dietas suplementadas com 100g/t do complexo enzimático. Vargas et al. (2017) reduziu os níveis nutricionais das dietas em que foram suplementadas com um complexo enzimático (xilanase, amilase glucanase, celulase, fitase e protease) e pode observar aumentos no consumo de poedeiras leves no período de 29 a 44 semanas de idade. Além disso, nas rações em que a Moringa estava presente, uma outra explicação para o aumento na ingestão de ração pelos animais pode ser a presença de glicosídeos flavonoides nas folhas dessa planta. Estes compostos são conhecidos por estimular o consumo voluntário dos animais, principalmente devido ao seu controle sobre os níveis de glicose sanguínea (MBIKAY, 2012). O ácido clorogênico é um flavonóide que está presente nas folhas de Moringa e que apresenta atividades sobre o metabolismo de glicose. Foi demonstrado que este composto age na inibição de enzima translocase glicose-6-fosfato no fígado levando a diminuição da gliconeogênese e glicogenólise hepática, tendo também a ação de reduzir a resposta glicêmica em humanos e ratos (KARTHIKESAN et al., 2010; TUNNICLIFFE et al., 2011).

Produção e massa de ovos dentro dos grupos não foram influenciadas pela suplementação enzimática, demonstrando que as enzimas apresentam a capacidade de garantir a disponibilidade de nutrientes das rações em ambos os casos sem prejuízos para estas variáveis. Lima et al. (2007) estudou a utilização de xilanase, fitase e glucanase na dieta de poedeiras comerciais e verificaram que a utilização de 100% e 125% da matriz nutricional das enzimas, com suas respectivas valorizações, era capaz de sustentar o desempenho de galinhas poedeiras da linhagem de Delkab White.

Segundo Sousa (2017), arabinose, xilose, glicose, manose e ácido glicurônico são os principais constituintes das hemiceluloses que fazem parte da fração solúvel da parede celular vegetal. No fracionamento da fibra de acordo com métodos propostos por Van Soest (1967), a hemicelulose é solubilizada em detergente ácido. O FMO, segundo composição apresentada na tabela 6, apresentou 39,76 e 19,11% de FDN e FDA, respectivamente, demonstrando que uma quantidade considerável da fibra do FMO é hemicelulose e seus constituintes, sendo estes parte integrante dos PNAs solúveis. Ao incluir o farelo de moringa na ração pudemos observar nas nossas análises um aumento nas percentagens de FDN e FDA em média de 8,218 e 18,700%,

nesta ordem. Sabe-se que dentre fatores que influenciam a atividade das enzimas exógenas estão disponibilidade de substrato, temperatura e pH (CAMPESTRINI et al., 2005). Estas moléculas possuem um sítio ativo que cria uma superfície de ligação que é complementar e específico com o substrato que ela irá atuar (GOMES; CONY; STELLA, 2019). Nas dietas com FMO aumentou-se as quantidades de substrato presentes para a atividade dessas enzimas e isto pode ter refletivo em melhorias na produção, peso e massa de ovos das galinhas poedeiras devido ao incremento na disponibilização de nutrientes antes indisponíveis neste ingrediente.

É conhecido que os PNAs solúveis causam aumento da viscosidade do trato gastrointestinal, diminuem a taxa de passagem, comprometendo a digestão de nutrientes, graças a baixa dissociação de substratos e enzimas, impedindo as interações necessárias para a digestão e absorção na superfície da mucosa intestinal e afetando a liberação de hormônios intestinais tais como a Colecistoquinina (CKK) e Peptídeo YY, além de interferirem, também, na microbiota entérica, causando disbacteriose (CHOCT, 2001; CHOCT et al., 2004 ; WANDERS et al., 2011). Como alternativa, a suplementação de carboidrases, dentre elas a xilanase, tem sido utilizada com modo para minimizar estes efeitos negativos, aumentando a taxa de difusão de nutrientes do lúmen para a corrente sanguínea (DELMASCHIO, 2018; KNUDSEN BACH, 2001). A CCK é um hormônio produzido pela parede intestinal e tem função de aumentar a secreção pancreática e conseqüentemente a digestão de proteínas, lipídeos e carboidratos (BERTECHINI, 2012), enquanto que, de acordo com Allen et al., (1984), o peptídeo YY é produzido pelas células com função endócrina do íleo e cólon, atuando principalmente na diminuição do esvaziamento gástrico, aumentando o tempo de permanência da digesta no trato gastrointestinal, o que melhora a digestão de nutrientes e, conseqüentemente, os índices de produção. Logo, um outro fator que pode explicar as melhorias na produção das aves alimentadas com FMO e enzimas é que a xilanase, como já demonstrando previamente por De Maesschalck et al., (2015), Keenan et al., (2012) e Singh et al., (2012), ao degradar os arabinoxilanos presente nos alimentos, produz oligossacarídeos de baixo peso molecular, que aumentam a produção dos hormônios CKK e peptídeo YY e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), além de serem hidrolisados por bactérias dos gêneros *Lactobacillus spp.* e *Bifidobacterium spp.*, resultando em uma diminuição da população de bactérias patogênicas (SUN et al., 2015; THAMMARUTWASIK et al., 2009). Todos estes mecanismos podem também ter incrementado o tempo de contato da fitase com o fitato do FMO, fato este que pode ter produzido efeitos complementares com a adição de ambas as enzimas (TAYLOR et al., 2018).

É conhecido que as folhas *Moringa oleifera* são ricas em cálcio podendo chegar a valores de 2% (MOYO *et al.*, 2011). A concentrações de fósforo encontra-se em média de 0,43% (MÉNDEZ *et al.*, 2018) e 0,45% (ALMEIDA *et al.*, 2020). No entanto, segundo Valdivié-Navarro *et al.* (2020), as quantidades de fitato neste ingrediente estão em torno de 2,56%, sendo estes valores consideráveis. Este fator antinutricional tem a capacidade de se complexar e, conseqüentemente, imobilizar diversos minerais, principalmente cátions bivalentes, tais como fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco, se ligando também a proteínas, fibras e outros nutrientes (FALOWO *et al.*, 2018; STECH *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2010). Em ingredientes de origem vegetal grande parte do fósforo está ligado com a molécula do fitato, fazendo parte de sua constituição (DILELIS *et al.*, 2020). Fração considerável do cálcio nesses alimentos também está imobilizada pelo ácido fítico, tornando este mineral indisponível para o aproveitamento por animais não ruminantes (BELLO, 2018). A fitase tem a propriedade de liberar o fósforo imobilizado neste componente aumentando o seu aproveitamento e, conseqüentemente, diminuindo os efeitos ambientais negativos provocados pelo excesso de fósforo liberado nas excretas dos animais, possibilitando também a diminuição da utilização de fontes de fósforo inorgânico na alimentação das aves (PLUMSTEAD *et al.*, 2007). Além do fósforo esta enzima também disponibiliza outros minerais, principalmente cátions bivalentes, tais como o cálcio, que possam estar quelatados a estrutura do ácido fítico (FERREIRA *et al.*, 2015; HUMER *et al.*, 2015; PLUMSTEAD *et al.*, 2007). Com isso, além de liberar o fósforo ligado a este composto, a enzima pode ter disponibilizado parte do cálcio indisponível e, conseqüentemente, melhorando a mineralização da casca dos ovos dos animais alimentados com FMO mais fitase de forma individual ou combinada com a xilanase, isto se refletindo sobre a espessura de casca e índices de ovoscopia. Trabalhos como o de Englmaierová *et al.* (2017) e Lim *et al.* (2003) também mostraram melhorias na qualidade da casca (espessura e resistência) graças ao aumento da disponibilização de P e Ca devido a suplementação de fitase, ao passo que Pongmanee *et al.* (2020) verificou aumentos na digestibilidade de Ca e P, em dietas reduzidas nestes dois minerais, quando suplementou esta enzima nas dietas.

O aumento na UH com a inclusão do FMO está relacionado a um aumento na altura do albúmen e peso dos ovos. A *Moringa oleifera* apresenta grande potencial de ser utilizada como alimento proteico nas dietas animais, visto que, segundo Alikwe and Omotosho (2013), todos os aminoácidos essenciais podem ser encontrados, em concentrações adequadas, quando se compara as exigências desses nutrientes para vários animais de produção. Além disso apresenta diversos compostos fitoestrógenos, tais como estigmasterol, sitosterol e kampesterol, que podem ser utilizados como percussores de esteroides sexuais tais como o estrógeno (ABOU-

ELEZZ et al., 2012; LIU et al., 2014; MUTIARA et al., 2013). Além disso, segundo discussão de Valdivié-Navarro et al. (2020), a moringa é uma fonte rica em aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), estes sendo indispensáveis para o crescimento e produção de animais não ruminantes, estando envolvidos, em poedeiras, em melhorias na produção, peso dos ovos e na relação albúmen/gema. Diante dessas informações e dos resultados encontrados, o estrógeno pode ter estimulado as glândulas epiteliais e tubulares da mucosa do magnum a produzir mais albumina (TETEHE et al., 2016), isto, somado ao conteúdo adicional de aminoácidos proporcionado nas dietas com a inclusão do farelo, pode ter contribuído para os aumentos na altura do albúmen denso, peso dos ovos e consequentes melhorias nos índices de UH.

A *Moringa oleifera* apresenta carotenos e xantofilas (luteína, zeaxantina, cantaxantina, citranaxantina e capsantina) em sua composição, sendo estes os pigmentos amarelos e vermelhos presentes em muitas plantas e com capacidade de intensificarem a coloração dos produtos avícolas (MOYO et al., 2011; OLUGBEMI et al., 2010). Além disso alguns trabalhos tem demonstrado que o aumento da intensidade de cor das gemas dos ovos em dietas contendo enzimas pode ser devido a melhor disponibilidade de componentes solúveis em gorduras, tais como vitaminas e carotenoides, devido a redução na viscosidade observada com a utilização dessas proteínas (AIMONEN e UUSI-RAUVA, 1991; ÇİFTCI et al., 2003; PIRGOZLIEV et al., 2010). A presença de maiores quantidades destes compostos nas dietas que continham o FMO pode justificar o aumento da intensificação de cor da gema. Sabe-se que a coloração desta estrutura é um item importante de satisfação dos consumidores, estes tendo preferência para gemas de cor variando de amarelo dourada à alaranjada (HASIN et al., 2006). Outros estudos utilizando FMO também observaram aumentos na intensificação da cor das gemas dos ovos e atribuíram isso ao conteúdo adicional de compostos carotenóides presente na planta (TESFAYE et al., 2014; VALDIVIÉ et al., 2016).

Os compostos bioativos presentes na *Moringa oleifera* têm chamado a atenção dos nutricionistas com o intuito de prover produtos com características diferenciadas aos consumidores, pois parecem exercer diversos efeitos dentro do organismo animal, tais como ação antioxidante, antimicrobiana, prebiótico, imunomoduladoras e de diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo (GUASSI et al., 2000; SIDDHURAJU e BECKER, 2003; TEIXEIRA et al., 2014). Quando a este último aspecto já foi relatado que as folhas desta planta apresentam em sua composição cerca de 90mg/g de β -sitosterol (RAJANANDH; KAVITHA, 2010a). Este é um esteroide vegetal com capacidade de reduzir os níveis plasmáticos de colesterol através da redução da quantidade de LDL circulante (GHASI et al., 2000). Logo, levando em consideração o nível de inclusão de FMO nas dietas (5%), estima-se que havia 50g de FMO por quilo de

ração e que esta quantidade fornecia, de acordo com o nível de β -sitosterol acima relatado, cerca de 4500mg do composto. Considerando o consumo médio diário de ração de 110g, verifica-se que as aves estavam ingerindo, em média, 495mg de β -sitosterol por dia. Isto pode explicar as reduções observadas nos níveis de colesterol e LDL e, conseqüentemente, os aumentos nos de HDL séricos dos animais.

O processo de absorção do colesterol envolve algumas enzimas e transportadores. A proteína NPC1L1 (Niemann-Pick C1-Like 1 protein) transporta o colesterol do lúmen para o enterócito sendo posteriormente convertido a estér de colesterol pela enzima ACAT2 (Acetyl-CoA acetyltransferase), por fim este é encapsulado pela MTB (Microsomal triglyceride transfer protein) em quilomícos que é absorvido e cai no sistema linfático. O colesterol não esterificado retorna ao lúmen intestinal, para excreção, pelos transportadores ABCG 5 e 8 (ATP-binding cassette sub Family G 2 e 8) (LEI et al., 2017). Estes mesmos pesquisadores relatam que a atividade hipocolesterêmica β -sitosterol pode ser atribuída a inibição de genes de transportadores e enzimas chaves no processo de absorção do colesterol e verificaram que este esterol foi efetivo em diminuir a atividade da NPC1L1, ACAT2 e MTB no enterócito de hamsters. Esta atividade pode ter ocorrido também nas aves, no entanto, mais pesquisas precisam ser conduzidas para se verificar a ação molecular deste composto nessa categoria animal, visto que os resultados da literatura são inconsistentes. Em trabalho com poedeiras comerciais, Olugbemi et al. (2010) verificaram diminuições crescentes na concentração de colesterol sanguíneo quando incluiu folhas de Moringa oleífera nos níveis de 5% e 10%. Em contrapartida, Tesfaye et al. (2014), não encontraram diferenças no colesterol sérico de galinhas poedeiras de 22° a 44° de idade alimentadas com 5% de FMO na ração, já Alnidawi et al. (2016) verificaram quedas nas concentrações sanguíneas de colesterol total, LDL, HDL e VLDL quando alimentou frangos de corte com 5% de inclusão de FMO.

Conclui-se que o FMO pode ser utilizado no nível de 5% na dieta de poedeiras e que a suplementação de xilanase em associação com a fitase afetou positivamente o desempenho e qualidade de ovos das aves no período de pico de postura em comparação aos seus usos individuais. Os níveis de xilanase precisam ser revisados para evitar aumentos no consumo dos animais como o verificado neste trabalho. A Moringa oleífera tem a capacidade, a 5% de inclusão, em diminuir os níveis de colesterol sanguíneo.

5. Referências bibliográficas

ABDEL-WARETH, A. A. A.; LOHAKARE, J. Moringa oleifera leaves as eco-friendly feed

additive in diets of hy-line brown hens during the late laying period. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 1–10, 2021.

ABDOLLAHI, A. *et al.* The effects of the fiber source and xylanase supplementation on production, egg quality, digestibility, and intestinal morphology in the aged laying hen. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, p. 100936, 2021.

ABOU-ELEZZ, K. F. M. *et al.* The nutritional effect of Moringa oleifera fresh leaves as feed supplement on Rhode Island Red hen egg production and quality. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n. 5, p. 1035–1040, 2012.

ABREU, M. T. *et al.* Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, n. 1, p. 17–24, 2018.

ADEOLA, O.; BEDFORD, M. R. Exogenous dietary xylanase ameliorates viscosity-induced anti-nutritional effects in wheat-based diets for White Pekin ducks (*Anas platyrinchos domesticus*). **British Journal of Nutrition**, v. 92, n. 1, p. 87–94, 2004.

AIMONEN, E. M. J.; UUSI-RAUVA, E. Replacement of Barley by Oats and Enzyme Supplementation in Diets for Laying Hens: 2. Interior Quality and Chemical Composition of Eggs. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 41, n. 2, p. 193–205, 1991.

ALIKWE, P. C. .; OMOTOSHO, M. S. An evaluation of the proximate and phytochemical composition of Moringa oleifera leaf meal as potential feedstuff for non ruminant livestock. **Agrosearch**, v. 13, n. 1, p. 17–27, 2013.

ALLEN, J. M. *et al.* Effects of peptide YY and neuropeptide Y on gastric emptying in man. **Digestion**, v. 30, n. 4, p. 255–262, 1984.

ALMEIDA, M. *et al.* Blood indicators of colostomized broilers , which intake Moringa oleifera forage meal . Technical note Indicadores sanguíneos de pollos de ceba colostomizados , que consumieron harina de forraje de Moringa oleifera . Nota técnica. v. 54, n. 1, p. 1–8, 2020.

ALNIDAWI, N. A. A. *et al.* Moringa Oleifera Leaves in Broiler Diets: Effect on Chicken Performance and Health. **Food Science and Quality Management**, v. 58, n. 1, p. 40–48, 2016.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 50, n. 3, p. 366–375, 2009.

ANTARA, I. K. J. *et al.* Effects of *Moringa oleifera* leaf and probiotics mixed fermented extract on the egg production and cholesterol contents in egg of laying hens. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v. 6, n. 5, p. 6–12, 2019.

APPERSON, K. D.; CHERIAN, G. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1228–1234, 2017.

ASHOUR, E. A. *et al.* Effect of dietary supplementation with moringa oleifera leaves and/or seeds powder on production, egg characteristics, hatchability and blood chemistry of laying Japanese quails. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 6, p. 1–9, 2020.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1–2, p. 3–20, 2001.

BAURHOO, B.; PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry Science**, 2007. v. 86, n. 6, p. 1070–1078, 2007.

BEDERSKA-ŁOJEWSKA, D. *et al.* Rye non-starch polysaccharides: Their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices - A review. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 2, p. 351–369, 2017.

BELLO, A. **Effects of dietary phosphorus and calcium levels and phytase supplementation on bone metabolism of egg-laying hens.** University of Alberta, Tese de Doutorado, 219p. PhD in Animal Science, 2018.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos.** 2. ed. Viçosa Editora, 2012.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. . . . M.; APPELT, M. D. Utilização de Enzimas na Alimentação Animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259–272, 2005.

CASPARY, W. F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 1992. v. 55, n. 2, p. 299–308, 1992.

CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. **Enzymes in Farm Animal Nutrition.** e-book, p. 145–160, 2001.

CHOCT *et al.* A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 92, n. 1, p. 53–61, 2004.

ÇIFTCI, I.; YENICE, E.; ELEROGLU, H. Use of triticale alone and in combination with wheat or maize: Effects of diet type and enzyme supplementation on hen performance, egg quality, organ weights, intestinal viscosity and digestive system characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 105, n. 1–4, p. 149–161, 2003.

DELMASCHIO, I. B. Enzimas Na Alimentação De Animais Monogástricos - Revisão De Literatura-. **Revista Científica de Medicina Veterinária-UNORP**, v. 2, n. 1, p. 6–20, 2018.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos de Análise de Alimentos: INCT**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Editora Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p, 2012.

DILELIS, F. *et al.* Fósforo digestível de ingredientes para aves: metodologias e atualidades Digestible. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. 1–30, 2020.

ENGELEN, A. J. *et al.* Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, v. 77, n. 3, p. 760–764, 1994.

ENGLMAIEROVÁ, M. *et al.* Limestone particle size and *Aspergillus niger* phytase in the diet of older hens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 16, n. 4, p. 608–615, 2017.

FALLAH, R. *et al.* Effect of Bioplus 2B and Protoxin Probiotics Supplementation on ® Growth Performance, Small Intestinal Morphology and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. **British Journal of Poultry Sciences**, v. 2, n. 2, p. 11–15, 2013.

FALOWO, A. B. *et al.* Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. **Food Research International**, 2018. v. 106, n. 1, p. 317–334, 2018.

FEDNA. FEDNA – **Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal**, 2010. Disponível em: < <http://fundacionfedna.org/ecuaciones/ecuaciones-de-regresion-tablas-fedna-2010-harinas-alfalfa> > acesso em 27 de maio de 2021.

FERREIRA, C. B. *et al.* Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 249–254, 2015.

FERRER, C. *et al.* Dietary lipids modify brush border membrane composition and nutrient transport in chicken small intestine. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 4, p. 1147–1153, 2003.

FORTES, B. D. A. *et al.* Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidrases

- e fitase em rações para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24–32, 2012.
- GOMES, B. K.; CONY, B. S. L.; STELLA, L. Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, p. 8477–8487, 2019.
- GONZALEZ-ORTIZ, G. *et al.* Response of broiler chickens fed wheat-based diets to xylanase supplementation. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2776–2785, 2017.
- HASIN, B. M. *et al.* Marigold and Orange Skin as Egg Yolk Color Promoting Agents. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 10, p. 979–987, 2006.
- HASSAN, H. M. A. *et al.* Effect of different levels of moringa oleifera leaves meal on productive performance, carcass characteristics and some blood parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 11, n. 1, p. 60–66, 2016.
- HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 4, p. 415–422, 2004.
- HETLAND, H.; SVIHUS, B.; CHOCT, M. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, n. 1, p. 38–46, 2005.
- HOSEINI, S. M. *et al.* Effect of L-threonine and NSP-degrading Enzyme on the Performance , Intestinal during the Starter Period. **Poultry Science Journal**, v. 9, n. 1, p. 7–18, 2021.
- JHA, R.; BERROCOSO, J. D. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1441–1452, 2015.
- JIMÉNEZ-MORENO, E. *et al.* Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. **Poultry Science**, v. 89, n. 10, p. 2197–2212, 2010.
- JORGENSEN, H. *et al.* The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 75, n. 3, p. 379–395, 1996.
- KALMENDAL, R.; TAUSON, R. Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophore coccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. **Poultry Science**, v. 91, n. 6, p. 1387–1393, 2012.

KARTHIKESAN, K.; PARI, L.; MENON, V. P. Antihyperlipidemic effect of chlorogenic acid and tetrahydrocurcumin in rats subjected to diabetogenic agents. **Chemico-Biological Interactions**, v. 188, n. 3, p. 643–650, 2010.

KEENAN, M. J. *et al.* A microarray study indicates high-amylose resistant starch increases hormones and improves structure and function of the GI tract. **Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics**, v. 5, n. 1, p. 26–44, 2012.

KNUDSEN, BACH, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1–2, 2001.

LEI, L. *et al.* Dietary β -sitosterol is more potent in reducing plasma cholesterol than sesamin in hypercholesterolemia hamsters. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 7, p. 1–9, 2017.

LIM, H. S.; NAMKUNG, H.; PAIK, I. K. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. **Poultry Science**, v. 82, n. 1, p. 92–99, 2003.

LIMA, M. R. *et al.* Enzimas Exógenas Na Alimentação De Aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 4, p. 99–110, 2007.

LIU, H. N. *et al.* Effects of dietary supplementation of quercetin on performance, egg quality, cecal microflora populations, and antioxidant status in laying hens. **Poultry Science**, v. 93, n. 2, p. 347–353, 2014.

LU, W. *et al.* Evaluation of Moringa oleifera leaf in laying hens: Effects on laying performance, egg quality, plasma biochemistry and organ histopathological indices. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, n. 4, p. 658–665, 2016.

MACAMBIRA, G. M. *et al.* Chemical and nutritional characterization of moringa oleifera leaves for broilers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 70, n. 2, p. 570–578, 2018.

MAESSCHALCK, C. DE *et al.* Effects of Xylo-oligosaccharides on broiler chicken performance and microbiota. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 81, n. 17, p. 5880–5888, 2015.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted Moringa oleifera leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 63,

n. 1–4, p. 211–228, 1996.

MARDEWI, N. K. *et al.* Effect of Moringa (*Moringa oleifera*) Leaf Meal Supplementation in Broiler Chicken Ration on Weight of Internal Organs, HDL and Triglyceride Levels. **SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)**, v. 1, n. 2, p. 46–51, 2017.

MBIKAY, M. Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: A review. **Frontiers in Pharmacology**, v. 3, p. 1–12, 2012.

MÉNDEZ, Y. *et al.* Bromatological characterization of *Moringa oleifera* foliage in different development stages Caracterización bromatológica del follaje de *Moringa oleifera* en diferentes estadios de desarrollo. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 52, n. 3, p. 1–10, 2018.

MIRZAIE, S. *et al.* Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. **Poultry Science**, v. 91, n. 2, p. 413–425, 2012.

MORENO-MENDOZA, Y. *et al.* Effect of moringa leaf powder and agave inulin on performance, intestinal morphology, and meat yield of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 100, n. 2, p. 738–745, 2021.

MOYO, B. *et al.* Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 60, p. 12925–12933, 2011.

MUTIARA, T.; TITI, E. S.; ESTIASIH, W. Effect lactagogue moringa leaves (*Moringa oleifera Lam*) powder in rats. **Journal of basic and applied scientific Research**, v. 3, n. 4, p. 430–434, 2013.

NKUKWANA, T. T. *et al.* Effect of *Moringa oleifera* leaf meal on growth performance, apparent digestibility, digestive organ size and carcass yield in broiler chickens. **Livestock Science**, v. 161, n. 1, p. 139–146, 2014.

OCHI, E. B. *et al.* Effect of moringa (*Moringa oleifera Lam*) seeds on the performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, n. 8, p. 66–73, 2015.

OLUGBEMI, S. T.; LEKULE, S. K.; P., And L. F. *Moringa oleifera* leaf meal as a hypocholesterolemic agent in laying hen diets. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, n. 4, p. 1–7, 2010.

OLUGBEMI, T. S.; MUTAYOBA, S. K.; LEKULE, F. P. Moringa oleifera leaf meal as a hypocholesterolemic agent in laying hen diets. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, n. 4, p. 1–7, 2010.

ONUNKWO, D. N.; GEORGE, O. S. Effects of Moringa Oleifera Leaf Meal on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Broiler Birds. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science Ver. II**, v. 8, n. 3, p. 2319–2372, 2015.

PIRGOZLIEV, V. *et al.* Effect of rearing temperature on physiological measures and antioxidant status of broiler chickens fed stevia (*Stevia rebaudiana* B.) leaf meal and exogenous xylanase. **Current Research in Biotechnology**, 2021. v. 3, n. May, p. 173–181, 2021.

PIRGOZLIEV, V.; BEDFORD, M. R.; ACAMOVIC, T. Effect of dietary xylanase on energy, amino acid and mineral metabolism, and egg production and quality in laying hens. **British Poultry Science**, v. 51, n. 5, p. 639–647, 2010.

PLUMSTEAD, P. W. *et al.* Effects of phosphorus level and phytase in broiler breeder rearing and laying diets on live performance and phosphorus excretion. **Poultry Science**, v. 86, n. 2, p. 225–231, 2007.

PONGMANEE, K.; KÜHN, I.; KORVER, D. R. Effects of phytase supplementation on eggshell and bone quality, and phosphorus and calcium digestibility in laying hens from 25 to 37 wk of age. **Poultry Science**, v. 99, n. 5, p. 2595–2607, 2020.

RAJANANDH, M. G.; KAVITHA, J. Quantitative estimation of β -Sitosterol, total phenolic and flavonoid compounds in the leaves of Moringa oleifera. **International Journal of PharmTech Research**, v. 2, n. 2, p. 1409–1414, 2010a.

RAJANANDH, M. G.; KAVITHA, J. Quantitative estimation of β -sitosterol, total phenolic and flavonoid compounds in the leaves of Moringa oleifera. **International Journal of PharmTech Research**, v. 2, n. 2, p. 1409–1414, 2010b.

ROJAS, R. I. Y. M. *et al.* Assessment of a phytase included with lactic acid on productive parameters and on deposition of phosphorus, calcium, and zinc in laying hens fed with sorghum–soybean-meal-based diets. **Journal of Applied Animal Research**, v. 2119, n. 1, p. 314–321, 2018.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG, 2017.

SANTIN, E. *et al.* Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 10, n. 3, p. 236–244, 2001.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 8, p. 2144–2155, 2003.

SILVA, J. C. R. Uso da *Moringa Oleífera* na Alimentação de Frango de Corte e Galinhas Poedeiras. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, 2018, 86p Tese de Doutorado, Departamento de Zootecnia (Recife, PE).

SINGH, A. *et al.* Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize-soybean based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 177, n. 3–4, p. 194–203, 2012.

SMITS, C. H. M. *et al.* Dietary carboxymethylcellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, v. 127, n. 3, p. 483–487, 1997.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - Towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, n. 2, p. 217–221, 1996.

SOUSA *et al.* Fiber source and xylanase on performance, egg quality, and gastrointestinal tract of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, n. e20170286, p. 1–10, 2019.

STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J.; CARVALHO, M. R. B. DE. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 255–26, 2010.

SUN, Q. *et al.* Effects of dietary essential oil and enzyme supplementation on growth performance and gut health of broilers challenged by *Clostridium perfringens*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, n. 2015, p. 234–244, 2015.

SVIHUS, B. *et al.* Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. **British Poultry Science**, v. 45, n. 1, p. 55–60, 2004.

TAVENARI, F. C. *et al.* Polissacarídeos não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Etrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 673–689, 2008.

TAYLOR, A. E. *et al.* The effects of phytase and xylanase supplementation on performance and egg quality in laying hens. **British Poultry Science**, v. 59, n. 5, p. 554–561, 2018.

TESFAYE, E. B. *et al.* Cassava root chips and Moringa oleifera leaf meal as alternative feed ingredients in the layer ration. **Journal of Applied Poultry Research**, 2014. v. 23, n. 4, p. 614–624., 2014.

TETEH, A. *et al.* Moringa oleifera leave: Hydro-alcoholic extract and effects on growth performance of broilers. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 7, p. 401–405, 2013.

TETEH *et al.* Effects of moringa oleifera leaf on laying rate, egg quality and blood parameters. **International Journal of Poultry Science**, 2016. v. 15, n. 7, p. 277–282, 2016.

TETEH *et al.* Effect of Moringa oleifera leaves on feed transit and morphometric parameters of the digestive tract of layer pullets and laying hens. **European Poultry Science**, v. 81, n. 1, p. 1–11, 2017.

THAMMARUTWASIK, P. *et al.* Prebiotics – A Review. **Songklanakarín Journal of Science and Technology**, v. 31, n. 4, p. 401–408, 2009.

TUNNICLIFFE, J. M. *et al.* Chlorogenic acid differentially affects postprandial glucose and glucose-dependent insulinotropic polypeptide response in rats. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 36, n. 5, p. 650–659, 2011.

UNI, Z. *et al.* Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. **British Poultry Science**, v. 41, n. 4, p. 410–415, 2000

VAHJEN, W. *et al.* Comparison of a xylanase and a complex of non starch polysaccharide-degrading enzymes with regard to performance and bacterial metabolism in weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 90–102, 2007.

VALDIVIÉ-NAVARRO, M. *et al.* Review of Moringa oleifera as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, n.2, p. 1–9, 2020.

VALDIVIÉ, M.; MESA, O.; RODRÍGUEZ, B. Use of diets with Moringa oleifera (stems +

- leaves) meals in laying hens Utilización de dietas con harina de *Moringa oleifera* (tallos + hojas) en gallinas ponedoras. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 50, n. 3, p. 445–454, 2016.
- VARGAS, R. C. *et al.* Complexo multienzimático em dietas de poedeiras comerciais. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 16, n. 1, p. 61–69, 2017.
- VIVEROS, A. *et al.* Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 873, n. 1–3, p. 237–251, 1994.
- WANDERS, A. J. *et al.* Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: A systematic review of randomized controlled trials. **Obesity Reviews**, v. 12, n. 9, p. 724–739, 2011.
- WANG, Z. R. *et al.* Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 84, n. 6, p. 875–881, 2005.
- WESTBROOK, L. A.; CHERIAN, G. Egg quality, fatty-acid composition and gastrointestinal morphology of layer hens fed whole flaxseed with enzyme supplementation. **British Poultry Science**, v. 60, n. 2, p. 146–153, 2019.
- XU, Z. R. *et al.* Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. **Poultry Science**, v. 82, n. 6, p. 1030–1036, 2003.
- YAN, F. *et al.* Effect of carbohydrase and protease on growth performance and gut health of young broilers fed diets containing rye, wheat, and feather meal. **Poultry Science**, v. 96, n. 4, p. 817–828, 2017.
- YASON, C. V.; SUMMERS, B. A.; SCHAT, K. A. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology. **American Journal of Veterinary Research**, v. 48, n. 6, p. 927–938, 1987.
- ZHANG, G. Q. *et al.* Purification, characterization, and cloning of a novel phytase with low pH optimum and strong proteolysis resistance from *Aspergillus ficuum* NTG-23. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 11, p. 4125–4131, 2010.

CAPÍTULO 3

***Moringa oleifera* em dietas suplementadas com xilanase e fitase sobre tamanho relativo e peso do intestino, glândulas anexas, sistema reprodutor e morfologia intestinal de poedeiras comerciais no período de pico de postura**

CAPÍTULO 3

***Moringa oleifera* em dietas suplementadas com xilanase e fitase sobre tamanho relativo e peso do intestino, glândulas anexas, sistema reprodutor e morfologia intestinal de poedeiras comerciais no período de pico de postura**

RESUMO

As folhas de *Moringa oleifera* (FMO) apresentam grande potencial para serem utilizadas como alimento alternativo na dieta de aves, no entanto possuem limitação de uso devido a presença de polissacarídeos não-amiláceos, fitatos, dentre outros. O fornecimento das folhas em associação com enzimas exógenas pode influenciar no peso, tamanho e morfologia do intestino, glândulas anexas e sistema reprodutor de galinhas poedeiras. Sendo assim, objetivou-se estudar a influência do FMO em dietas suplementadas com e sem as enzimas xilanase e fitase, associadas ou não, e seus efeitos sobre tamanho e peso dos órgãos do TGI, sistema reprodutor e glândulas anexas, bem como sob as características morfológicas do intestino delgado das galinhas destinadas a produção de ovos durante o período de pico de postura. Foram utilizadas 288 aves de postura da linhagem Dekalb White com 32 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (presença e ausência de farinha de folhas de *Moringa oleifera* x 4 formas de suplementação enzimática) totalizando oito tratamentos com seis repetições de seis aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle, a base de milho e farelo de soja, e uma dieta com suplementação de 5% de FMO seguida de três formas de suplementação enzimática (xilanase, fitase e mix das duas enzimas). A xilanase, sozinha ou associada com a fitase, teve um papel importante na diminuição do tamanho relativo do intestino delgado e cecos, assim como proporcionou melhorias na morfologia intestinal através do aumento da altura de vilosidades, profundidade de criptas, relação altura de vilosidades:profundidade de criptas, comprimento de mucosa e largura das vilosidades, caracterizando assim, melhorias nos processos de digestão e absorção de nutrientes. Conclui-se que o FMO exercem diversos efeitos no intestino, tais como aumento do tamanho do intestino e glândulas anexas além de influenciarem as características morfométricas intestinais. A ação da xilanase, com degradação de fatores antinutrientes, como os PNAs, parece reestabelecer a saúde intestinal das aves o que pode levar a melhor desempenho das poedeiras.

Palavras chaves: alimento alternativo, carboidrases, intestino, histologia, polissacarídeos não-amiláceos.

Moringa oleifera in diets supplemented with xylanase and phytase on relative size and weight of intestine, adnexal glands, reproductive system and intestinal morphology of commercial laying hens at peak laying period

ABSTRACT

The leaves of *Moringa oleifera* (FMO) have great potential to be used as an alternative food in the diet of birds, however they have limited use in poultry diets due to the presence of non-starch polysaccharides (NSPs) and phytates. The supply of leaves in association with exogenous enzymes can influence the weight, size and morphology of the intestine, adnexal glands and reproductive system of laying hens. Therefore, this study aimed to study the influence of FMO in diets supplemented with and without xylanase and phytase enzymes, associated or not, and their effects on the size and weight of GIT organs, reproductive system and adnexal glands, as well as on the morphological characteristics of the small intestine of layer hens destined for egg production during the peak laying period. A total of 288 laying hens of the 32-week-old Dekalb White lineage were used, distributed in a completely randomized design in a 2 x 4 factorial arrangement (presence and absence of *Moringa oleifera* leaf meal x 4 forms of enzymatic supplementation) totaling eight treatments with six replicates of six birds per experimental unit. The treatments consisted of a control diet, based on corn and soybean meal, and a diet supplemented with 5% moringa leaf flour followed by three forms of enzymatic supplementation (xylanase, phytase and a mix of the two enzymes). Xylanase, alone or associated with phytase, played an important role in decreasing the relative size of the small intestine and cecum, as well as providing improvements in intestinal morphology through increased villous height, crypt depth, villous height:depth ratio of crypts, mucosal length and villi width, thus characterizing improvements in the processes of digestion and absorption of nutrients. It is concluded that NSPs present in FMO exert several effects on the intestine, such as increasing the size of the intestine and adnexal glands, in addition to influencing the intestinal morphometric characteristics. The action of xylanase, with degradation of these nutrients, seems to restore the intestinal health of the birds, which can lead to better performance in laying hens.

Key words: alternative food, carbohydrases, intestine; histology, non-starch polysaccharides.

1. Introdução

Plantas são as fontes alimentares mais utilizadas na formulação de dietas para aves, sendo o milho e o farelo de soja os principais alimentos que compõe as rações para estes animais. Ingredientes vegetais apresentam em sua composição quantidades variáveis dos chamados polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) que formam a estrutura externa da parede celular vegetal com função primordial de proteção (BEDERSKA-ŁOJEWSKA *et al.*, 2017). Estas fibras apresentam ligações glicosídicas (β 1-4 e β 1-6) resistente a degradação por enzimas sintetizadas pelo organismo dos animais, mas passíveis de hidrolise por enzimas produzidas por microrganismos (FORTES *et al.*, 2012; SMITS e ANNISON, 1996) .

O efeito desses compostos no trato gastrointestinal (TGI) das aves depende da solubilidade de cada molécula. Os PNAs solúveis apresentam grande capacidade de retenção de água, podendo aumentar a viscosidade e volume da digesta, diminuir o trânsito intestinal, além de comprometer a associação de enzimas e substratos, prejudicando a digestão de proteínas, gorduras e carboidratos (ADEOLA e BEDFORD, 2004; JHA e BERROCOSO, 2015; NITRIYOVÁ *et al.*, 2009; TAHIR *et al.*, 2008; TARVENARI *et al.*, 2008). Já os PNAs insolúveis aceleram o trânsito intestinal, diminuindo o tempo de permanência da digesta em contato com as enzimas digestivas endógenas, além de encapsular os nutrientes dentro da parede celular vegetal, os tornando indisponíveis para o aproveitamento das aves (CAO *et al.*, 2003; MATEOS *et al.*, 2012; SMITS e ANNISON, 1996; TAJEDA e KIM, 2021; TARVENARI *et al.*, 2008).

Plantas herbáceas tem recebido grande atenção com o objetivo de melhorar o desempenho e estado de saúde de poedeiras comerciais (ABDEL-WARETH e LOHAKARE, 2021). Nesse cenário, as folhas de *Moringa oleifera* apresentam grande potencial de utilização na nutrição avícola em função de suas características nutricionais como elevado teor proteico, cálcio, fósforo, flavonoides, ácido ascórbico, alfa tocoferol, polifenóis, glicosídeos e compostos fenólicos (ANWAR *et al.*, 2007; HASSAN *et al.*, 2016; MAKKAR e BECKER, 1996; MARDEWI *et al.*, 2017; MOYO *et al.*, 2011; NKUKWANA *et al.*, 2014; RAJANANDH e KAVITHA, 2010; SIDDHURAJU e BECKER, 2003).

No entanto, graças ao alto teor PNAs presente neste alimento, o seu uso na nutrição avícola ainda é limitado. Macambira *et al.* (2018) verificaram que a maior parte dos compostos fibrosos presentes nas folhas de *Moringa oleifera* pertencem à fração solúvel. Formados pelas frações de hemicelulose (xiloglucanos, xilanos, arabinoxilanos, β glucanos, dentre outros), gomas e pectinas, estes componentes tem grande capacidade de absorção de água, resultando em aumento da viscosidade e volume da digesta, comprometimento a associação de enzimas e

substratos, redução do trânsito intestinal, alterações na secreção de suco pancreático e outros mecanismos secretores do TGI, aumento no tamanho de fígado, pâncreas e intestinos, graças a maior presença de substrato não digerido no lúmen intestinal (ABDOLLAHI et al., 2021; ADEOLA e BEDFORD, 2004; JHA e BERROCOSO, 2015; TAVENARI et al., 2008; VAHJEN et al., 2007 WANG et al., 2005). Além disso, têm a capacidade de comprometer as características morfológicas intestinais com redução de largura e tamanho de vilosidades, menor profundidade de criptas e relação altura de vilosidade:profundidade de criptas (BAURHOO et al., 2007; HETLAND et al., 2004; SANTIN et al., 2001 VIVEROS et al., 1994; WANG et al., 2005). Ainda, as folhas de *Moringa oleifera* apresentam quantidades significativas de fitato, que complexa e indisponibiliza diversos minerais, como fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco, se ligando também a proteínas, fibras e outros nutrientes.

Enzimas exógenas, principalmente carboidrases e fitases, representam alternativas promissoras que permitem maior utilização de alimentos fibrosos em dietas para aves (APPERSON e CHERIAN, 2017; ROJAS *et al.*, 2018; SOUZA et al., 2019; TAYLOR *et al.*, 2018). Apesar de existirem trabalhos que tenham verificado a influência das folhas de *Moringa oleifera* sobre a morfologia intestinal em frangos de corte (KHAN et al., 2017; MORENO-MENDOZA et al., 2021; NKUKWANA et al., 2014) , não foram encontrados trabalhos com poedeiras comerciais acerca desse tópico. Por outro lado, não é de nosso conhecimento pesquisas que tenham estudado os efeitos da associação de carboidrases, em dietas contendo esta hortaliça, sobre as características morfológicas do intestino em aves. Logo, os resultados deste estudo se caracterizam em uma nova abordagem quanto a utilização desta espécie vegetal tão promissora na alimentação de aves destinadas a produção de ovos.

Sendo assim, a hipótese do trabalho foi averiguar se a utilização do farelo de folhas de *Moringa oleifera* (FMO) em dietas suplementadas com enzimas exógenas influenciaria positivamente nas características morfológicas do intestino delgado, tamanho dos órgãos do TGI, glândulas anexas e sistema reprodutor de galinhas poedeiras no período de pico de postura. Portanto, objetivou-se estudar a influência do FMO em dietas suplementadas com e sem as enzimas xilanase e fitase, associadas ou não e seus efeitos sobre tamanho e peso dos órgãos do TGI, sistema reprodutor e glândulas anexas, bem como sobre as características morfológicas do intestino delgado das galinhas destinadas a produção de ovos durante o período de pico de postura.

2. Material e métodos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) sob número de licença 21/2018.

2.1. Produção do farelo de folhas de *Moringa oleífera* e análises bromatológicas

Para obtenção do FMO foram utilizadas folhas e pecíolos de *Moringa oleífera* coletados com intervalo entre cortes de 45 dias, visando combinar produção de matéria verde e valor nutricional das folhas. As plantas foram cortadas a uma altura de aproximadamente 60 cm do solo. Após o corte, toda a produção foi moída em forrageira e em seguida alojada em galpão para secar até estabilização do peso. O material foi então moído em moinho tipo vertical para obtenção do farelo de folhas.

Amostras do FMO e rações experimentais foram coletadas e enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para a determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), de acordo com as metodologias propostas por Detmann et al. (2012). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas segundo metodologia proposta por Van Soest (1967). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (IKA, modelo C-200). A composição determinada do FMO encontra-se na Tabela 11.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizadas 288 aves de postura da linhagem Dekalb White com 32 semanas de idade e peso médio inicial de 1,520 kg, as quais foram alojadas em gaiolas com dimensões de 1,00 x 0,40 x 0,45m, equipadas com calha para coleta dos ovos, comedouro tipo calha e bebedouro tipo copo. As aves foram pesadas no início do período experimental para a obtenção da uniformidade entre as parcelas experimentais. Em seguida, os animais tiveram a sua produção de ovos acompanhada, por unidade experimental, por um período de 14 dias. Após uniformização do peso e da produção de ovos, os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente entre as unidades experimentais e criadas durante 18 semanas ou 140 dias.

As aves foram submetidas a 17 horas de luz, sendo 12 h de luz natural e 5h de luz artificial. Os parâmetros ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, foram mensurados diariamente via Data Logger (HOBO, modelo U12-001), assim como através termohigrômetro (Incoterm Digital, modelo 7666.02.0.00) instalado na posição central no galpão, na altura do dorso das aves, durante todo o experimento. As médias de temperatura e umidade relativa do

ar ficaram em 25,79°C e 69,92%. A figura 11 mostra a variação de temperatura e umidade relativa durante período experimental.

Tabela 11 – Composição química da Farinha de folhas de Moringa oleífera (na matéria natural).

Nutrientes		Aminoácidos Totais (%) ²	
Matéria seca, %	89,95	Metionina	0,324
Proteína bruta, %	20,23	Cistina	0,228
Fibra em detergente Neutro, %	39,76	Metionina + Cistina	0,554
Fibra em Detergente ácido, %	19,11	Lisina	0,995
Matéria Mineral, %	12,05	Treonina	0,822
Extrato etéreo, %	8,43	Triptofano	0,392
Energia Bruta (kcal/kg)	4623	Arginina	1,058
Energia Metabolizável (kcal/kg) ¹	3014	Isoleucina	0,822
		Leucina	1,595
		Valina	1,032
		Histidina	0,403
		Fenilalanina	0,999
		Glicina	0,956
		Serina	0,791
		Prolina	0,917
		Alanina	1,159
		Ácido Aspártico	1,634
		Ácido Glutâmico	2,166
		Glicina + Serina	1,747
		Aminoácidos digestíveis (%) ³	
		Metionina	0,251
		Lisina	0,617
		Metionina + Cistina	0,349
		Treonina	0,509
		Arginina	0,677

¹Valor estimado por Silva (2018); ²Valores de AA totais estimados a partir de Macambira et al. (2018); ³Valores estimados considerando digestibilidade de 62, 75, 63, 62 e 64%, respectivamente, para os aminoácidos Lisina, Metionina, Metionina + Cistina, Treonina e arginina da alfafa (FEDNA, 2010).

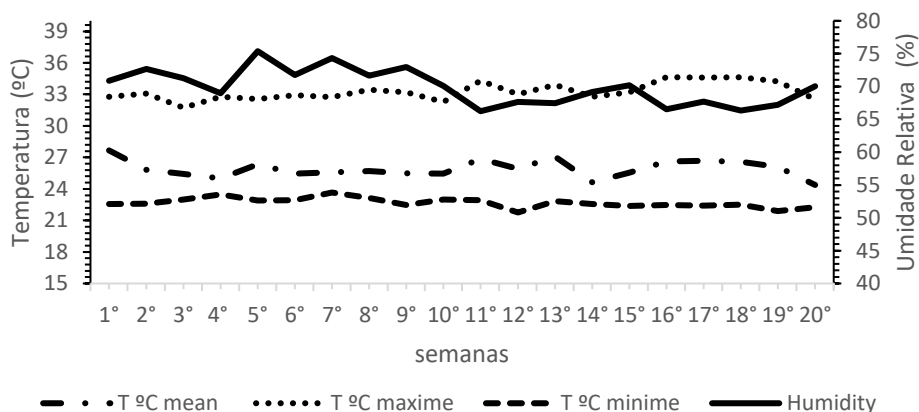


Figura 11: Variação de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimentais.

2.3. Delineamento e dietas experimentais

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4 (suplementação ou não de 5% de farinha de folhas de Moringa oleífera x quatro formas de suplementação enzimática) totalizando oito tratamentos. A xilanase utilizada foi a Econase XT 25P (AB Vista, Flórida), enzima bacteriana expressa em *Trichoderma* sp. com atividade de 160,000 BXU de endo 1,4-b-xilanase por grama. Já a fitase suplementada foi a Quantum-Blue 5 G (AB Vista, Flórida), enzima isolada a partir de *Echerichia coli* com atividade de 300 FTU. Uma unidade de xilanase de bétula (BXU) pode ser definida com a quantidade de enzima capaz de liberar 1nmol de xilano de bétula, medidos em equivalentes de xilose, nas condições do ensaio (AB Enzymes, Germany). Já o FTU, ou unidade de fitase ativa, é a quantidade de enzima necessária para a liberação de 1µmol de fósforo inorgânico, por minuto, a partir de um substrato de 0,0051 mol/L de fitato de sódio a pH 5,5 e 37°C (ENGELN *et al.*, 1994).

Os tratamentos consistiram em: dieta controle sem suplementação enzimática (**C**); dieta controle com suplementação de 75 g/ton de xilanase (**CX**); dieta controle com suplementação de 60g/ton de fitase (**CF**); dieta controle com suplementação de 75g/ton de xilanase e 60g/ton de fitase (**CMIX**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa sem suplementação enzimática (**M**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa com suplementação de 75g/ton de xylanase (**MX**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa com suplementação de 60g/ton de fitase (**MF**); dieta com 5% de inclusão de farelo de folhas de Moringa com suplementação de 75g/ton de xylanase e 60g/ton de fitase (**MMIX**).

A Tabela 12 mostra a composição centesimal dos ingredientes e a composição nutricional calculada e determinada das rações experimentais. As rações foram formuladas de acordo com a composição de alimentos presente nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos desenvolvidas por Rostagno *et al.* (2017), exceto para o FMO que teve seu perfil nutricional analisado. O teor de energia metabolizável aparente de 3014 kcal/kg, para o FMO, foi determinado por Silva (2018) em ensaio de metabolismo com poedeiras. Dados de aminoácidos de referência determinados por Macambira *et al.* (2018) e estimações dos aminoácidos digestíveis considerando digestibilidade de 62%, 75%, 63%, 62% e 64% para a Lisina, Metionina, Metionina + Cistina, Treonina e Arginina da alfafa, respectivamente (FEDNA, 2010) foram utilizados para a formulação das dietas. Foram atendidas todas as exigências nutricionais das aves, de acordo com o manual da linhagem utilizada. Foi realizada a valorização do perfil nutricional para as dietas que continham as enzimas xilanase e fitase em

Tabela 12: Composição percentual e valores nutricionais calculados e determinados das rações para poedeiras Dekalb White utilizadas neste experimento.

Ingredientes	Tratamentos							
	C	CX	CF	CXF	M	MX	MF	MXF
Milho	55,210	55,210	55,210	55,210	52,385	52,385	52,385	52,385
Farelo de Soja	28,390	28,390	28,390	28,390	26,235	26,235	26,235	26,235
Óleo de Soja	3,783	2,759	3,783	2,759	3,933	2,912	3,936	2,912
Fosfato bicálcico	2,280	2,349	1,732	1,732	2,275	2,343	1,727	1,727
Calcário	9,328	9,548	9,824	9,957	9,114	9,334	9,612	9,742
Sal comum	0,261	0,311	0,311	0,311	0,267	0,317	0,317	0,317
DL-Metionina 99%	0,282	0,282	0,282	0,282	0,293	0,293	0,293	0,293
L-Lisina HCl 78,8%	0,043	0,043	0,043	0,043	0,070	0,070	0,070	0,070
Bicarbonato de sódio	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina 98,5%	0,069	0,069	0,069	0,069	0,079	0,079	0,079	0,079
Xilanase	-	0,0075	-	0,0075	-	0,0075	-	0,0075
Fitase	-	-	0,0060	0,0060	-	-	0,0060	0,0060
<i>Moringa oleifera</i>	-	-	-	-	5,000	5,000	5,000	5,000
Inerte	-	0,681	-	0,883	-	0,684	-	0,886
Composição nutricional calculada								
Energia metabolizável (kcal/kg)	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850
Proteína bruta (%)	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500	17,500
Fibra (%)	2,758	2,757	2,757	2,757	3,361	3,360	3,360	3,360
Cálcio (%)	4,300	4,300	4,249	4,300	4,300	4,300	4,300	4,300
Sódio (%)	0,180	0,200	0,200	0,200	0,180	0,200	0,200	0,200
Fósforo disponível (%)	0,420	0,430	0,430	0,430	0,420	0,430	0,430	0,430
Lisina digestível (%)	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860	0,860
Triptofano digestível (%)	0,201	0,200	0,200	0,201	0,186	0,186	0,186	0,186
Treonina digestível (%)	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
Metionina + Cistina digestível (%)	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757
Leucina digestível (%)	1,391	1,391	1,391	1,391	1,297	1,300	1,300	1,300
Valina Digestível (%)	0,711	0,711	0,711	0,711	0,661	0,661	0,661	0,661
Composição nutricional analisada								
Matéria seca (%)	90,347	90,125	90,544	90,337	91,670	91,021	91,665	91,001
Proteína bruta (%)	17,432	17,578	17,521	17,415	17,512	17,585	17,599	17,545
Fibra em detergente neutro (FDN) (%)	23,555	23,461	23,530	23,345	25,407	25,411	25,400	25,378
Fibra em detergente ácido (FDA) (%)	6,210	6,256	6,195	6,188	7,399	7,369	7,421	7,306
Cinzas (%)	16,000	16,007	15,832	15,760	16,242	16,198	15,926	15,934

¹Níveis de garantia do premix vitamínico: vitamina A (min): 9.000.000UI/kg, vitamina D3 (min): 1.600.000UI/kg, vitamina E (min): 14.000UI/kg, vitamina K3 (min) 1.500mg/kg, vitamina B1 (min): 1.000mg/kg, vitamina B (min): 4.000mg/kg, vitamina B6 (min): 1.800mg/kg, vitamina B 12 (min): 12.000mcg/kg, ácido fólico (min): 300mg/kg, ácido pantotênico (min): 8.280mg/kg, biotina (min): 50mg/kg, niacina (min): 30g/kg, selênio (min): 250mg/kg. ²Níveis de garantia do premix mineral: ferro (min): 60g/kg, cobre (min): 18g/kg, manganês (min): 120g/kg, zinco (min):120g/kg e iodo (min): 2000 mg

100kcal e 0,15% de fósforo disponível, respectivamente. Para melhor observação da ação das mesmas sobre componentes das rações, todos os ingredientes foram mantidos estáveis, variando apenas as quantidades de óleo de soja e fosfato bicálcico adicionados.

2.4. Órgãos do trato gastrointestinal, glândulas anexas e sistema reprodutor

Na 50ª semana duas aves por parcela experimental foram eutanasiadas por deslocamento cervical para a mensuração do peso dos órgãos e víceras do trato gastrointestinal (fígado, moela, intestino delgado, intestino grosso, cecos e pâncreas), sistema reprodutor (ovário e oviduto) e baço, bem como também comprimento dos intestinos (delgado e grosso). Para a obtenção dos dados de peso foi-se utilizada balança de precisão de 0,01g, enquanto que para as medidas de comprimento usou-se de uma fita métrica. Os resultados de peso foram expressos em peso absoluto (g) e a medição em comprimento (cm).

2.5. Morfologia intestinal

Amostras de 4cm das seções do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), foram coletadas, lavadas com solução salina e imersas em formol tamponado a 10%. Após estes procedimentos os tecidos foram desidratados em uma série de álcoois com concentrações crescentes (10%, 80%, 90% e 100%), imersos em xilol e embebidos em parafina. Foram realizados três cortes histológicos a 5mm em micrômetro e corados em hematoxilina e eosina.

A altura de vilosidades foi medida a partir do seu ápice até a base, enquanto que a profundidade de cripta foi mensurada desde a base da cripta até a base da vilosidade. A relação vilo-cripta foi calculada pela razão entre vilosidades e criptas. O comprimento da mucosa foi medido desde a base da cripta até o ápice da vilosidade. A largura das vilosidades também foram mensuradas. Para cada segmento e variável analisada foram realizadas 10 medidas.

2.6. Análise estatística

A gaiola com seis aves foi considerada como unidade experimental e para cada tratamento haviam seis gaiolas, totalizando 48 unidades experimentais. Os dados foram submetidos a análise de homocedasticidade e homogeneidade das variâncias. A ANOVA unidirecional foi realizada utilizando o procedimento GLM do SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2012). Foi analisado a influência dos fatores individuais e interação sobre as variáveis. Na presença de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na equação abaixo é apresentado o modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + FMO_i + enzima_j + (FMO \times enzima)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, a; j = 1, \dots, b; k = 1, \dots, n$$

Onde: y_{ijk} = observação k no nível i do fator FMO e nível j do fator enzima; μ = média geral; FMO_i = efeito do nível do fato i do fator FMO; $enzima_j$ = efeito do nível do fator j do fator enzima; $(FMO \times enzima)_{ij}$ = o efeito da interação entre o nível i do fator FMO e o nível j do fator enzima e ε_{ijk} = erro aleatório com média 0; variância σ^2 ; a = número de níveis do fator FMO e b = número de níveis do fator enzima; n = número de observações para cada combinação FMO x enzima.

3. Resultados

3.1. Órgãos do trato gastrointestinal, glândulas anexas e sistema reprodutor

De acordo com a Tabela 13, houve interação entre os fatores para as variáveis de peso do fígado, pâncreas, bem como para o comprimento do intestino delgado e cecos.

Para o peso da moela foi observado apenas efeito individual do FMO, onde poedeiras apresentaram moelas mais pesadas. Não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$) (fatores individuais ou interação) para o peso do intestino delgado, grosso, cecos e baço, assim como também para o comprimento do intestino grosso.

Como pode ser visto na Figura 12 a suplementação de xilanase e sua combinação com a fitase foi responsável, na presença da *Moringa oleifera*, em proporcionar diminuições significativas no peso do fígado das aves ($p < 0,05$). Quando o FMO não estava presente, não houve efeito das enzimas suplementadas individualmente sobre esta variável, no entanto quando estas foram combinadas as aves tenderam a apresentar fígados menos pesados ($p < 0,05$)

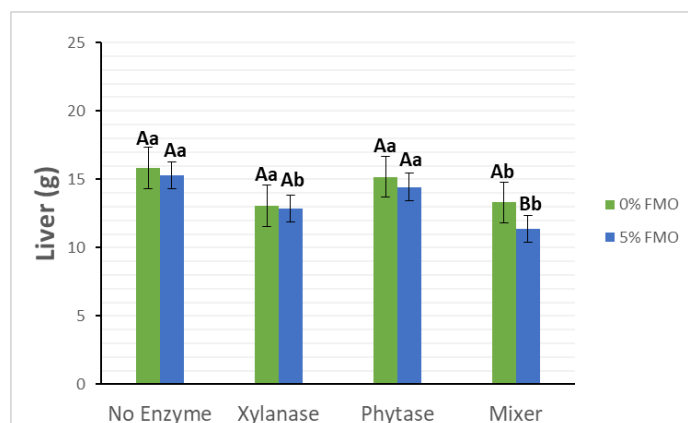


Figura 12: interação FMO x enzimas para peso do fígado. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo

Tabela 13: Efeitos dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis peso e comprimento dos órgãos do sistema digestivo e reprodutor de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas com enzimas.

<i>Moringa</i>	<i>Enzima</i>	Fígado (g)	ID (g)	IG (g)	Cecos (g)	ID (cm)	IG (cm)	Cecos (cm)	Pâncreas (g)	Moela (g)	Ovário (g)	Oviduto (g)	Baço (g)
5% FMO		14,591	21,130	6,906	4,576	121,250	25,517	16,000	1,414	11,422 ^a	18,522	26,652	1,314
0% FMO		14,737	19,374	6,920	4,550	130,175	24,308	17,100	1,207	9,508 ^b	19,763	27,876	1,298
	Sem	15,063	20,441	6,280	4,528	134,083	25,167	17,167 ^A	1,147 ^B	9,828	19,902	27,135	1,538
	Xilanase	14,460	19,889	5,912	3,552	121,633	25,117	14,801 ^B	2,747 ^A	10,097	19,534	25,615	1,594
	Fitase	13,802	21,850	6,496	4,872	124,400	25,500	18,300 ^A	1,146 ^B	10,713	19,575	25,619	1,439
	Mix	12,332	19,329	5,759	3,895	122,733	23,566	14,783 ^B	2,704 ^A	10,181	19,564	26,156	1,515
Desdobramentos													
5% FMO	Sem Enzima	15,292 ^{Aa}	19,010	6,898	4,838	133,000 ^{Aa}	25,667	18,500 ^{Aa}	3,012 ^{Aa}	10,802	20,680	25,563	1,557
	Xilanase	12,868 ^{Ab}	18,777	6,045	3,995	108,600 ^{Bc}	24,400	14,102 ^{Bb}	1,830 ^{Ab}	12,036	20,968	25,680	1,613
	Fitase	14,443 ^{Aa}	21,242	7,566	4,851	123,600 ^{Ab}	26,600	18,200 ^{Aa}	3,182 ^{Aa}	11,058	19,880	25,266	1,522
	Mix	11,368 ^{Bb}	18,468	5,615	3,912	109,800 ^{Bc}	25,400	14,042 ^{Bb}	1,830 ^{Ab}	11,062	20,572	25,200	1,504
0% FMO	Sem Enzima	15,833 ^{Aa}	21,873	6,661	4,218	135,166 ^{Aa}	24,667	17,722 ^{Aa}	1,193 ^{Ba}	8,936	20,124	25,708	1,520
	Xilanase	13,053 ^{Aa}	21,000	6,290	3,983	124,667 ^{Ab}	25,883	16,123 ^{Ab}	1,101 ^{Ba}	9,427	19,830	26,616	1,613
	Fitase	15,172 ^{Aa}	21,458	6,425	4,888	135,000 ^{Aa}	24,400	18,301 ^{Aa}	1,110 ^{Ba}	10,368	20,270	25,972	1,522
	Mix	13,305 ^{Ab}	20,190	5,904	4,141	125,667 ^{Ab}	22,333	16,012 ^{Aa}	1,226 ^{Ba}	9,200	20,555	25,616	1,613
Fontes de variação		<i>p</i>-valor											
Moringa		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,019	NS	NS	NS
Enzima		NS	NS	NS	NS	0,043	NS	0,003	0,032	NS	NS	NS	NS
Moringa x Enzima		0,043	NS	NS	NS	0,015	NS	0,023	0,049	NS	NS	NS	NS

*Nos fatores individuais, letras minúsculas e maiúsculas comparam as médias dentro do fator enzima ou moringa, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos desdobramentos, *Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos "Sem Moringa" e "Moringa", letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo. Valores seguidos de letras maiúsculas e minúsculas diferentes, na coluna, não diferem estatisticamente dentro e entre os grupos, respectivamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.*

A xilanase suplementada associada ao FMO, seja de forma individual ou combinada com o fitase, diminuiu significativamente o comprimento do intestino delgado ($P < 0,05$). Os animais alimentados com as rações sem enzimas, independentemente da presença ou não do FMO, apresentaram intestinos mais longos (figura 13). Dietas apenas com fitase também proporcionaram intestinos mais longos. Efeitos semelhantes foram observados para o comprimento dos cecos ($p < 0,05$) (figura 14).

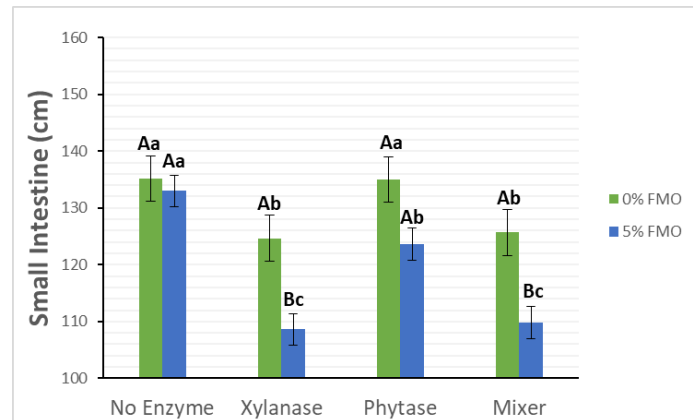


Figura 13: interação FMO x enzimas para o comprimento do intestino delgado. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo

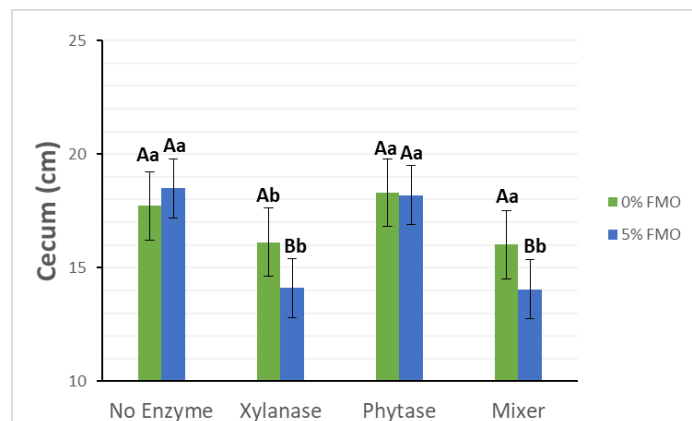


Figura 14: interação FMO x enzimas para o comprimento dos cecos. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

A inclusão de FMO resultou em aumento do peso pâncreas conforme pode ser observado na figura 15. Galinhas poedeiras que receberam rações contendo *Moringa oleifera* suplementadas com xilanase, não importando o uso individual ou combinado da mesma, apresentaram menor peso da glândula quando comparadas às aves que não receberam enzimas ou apenas fitase ($p < 0,05$).

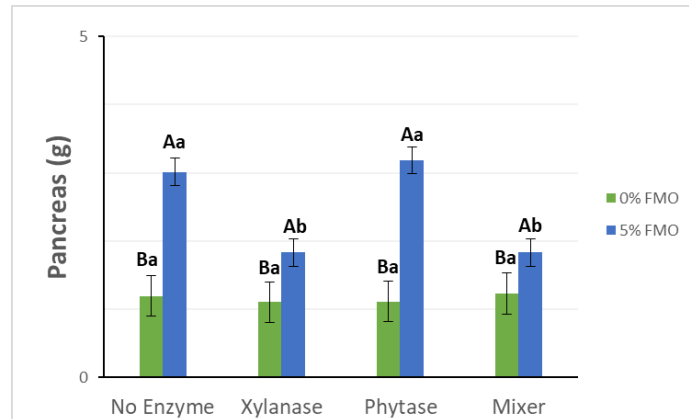


Figura 15: interação FMO x enzimas para o peso do pâncreas. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

3.2. Morfologia intestinal

A Tabela 14 mostra os resultados da morfologia intestinal de galinhas de poedeiras alimentadas com rações contendo *Moringa oleifera* suplementadas com enzimas exógenas. Houve efeito de interação para todas as variáveis estudadas nos três segmentos no intestino analisados.

3.2.1. Duodeno

A Figura 16 esquematiza os efeitos de interação para as variáveis altura de vilosidades (AV) e profundidade de criptas (PC) do duodeno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

Observa-se que a xilanase associada ao FMO incrementou a AV do duodeno seja de forma individual ou combinada com a fitase ($p < 0,05$). Por outro lado, a fitase, nas rações com o farelo de folhas, levou a diminuição da AV deste segmento do intestinal ($p < 0,05$). Efeito oposto foi encontrado para a suplementação de fitase na ração referência ($p < 0,05$). Efeito similar foi observado para PC onde a xilanase, suplementada de forma individual ou combinada, foi responsável pelo incremento PC do duodeno das aves ($p < 0,05$). Na ausência do FMO a xilanase levou a maior da AV e PC ($p < 0,05$), no entanto não da mesma forma quando este alimento foi incluído nas rações

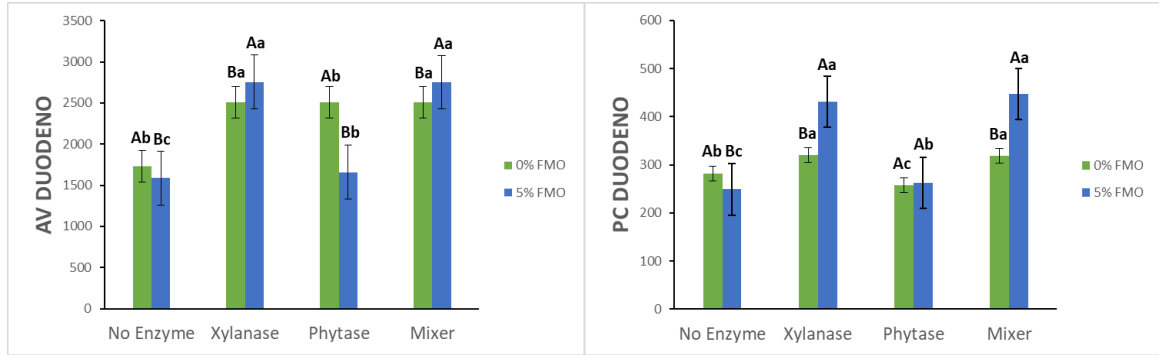


Figura 17: interação FMO x enzimas para a AV e PC do duodeno. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

A Figura 17 esquematiza os efeitos de interação para as variáveis relação vilosidade:cripta (V:C) e comprimento de mucosa (CM) do duodeno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

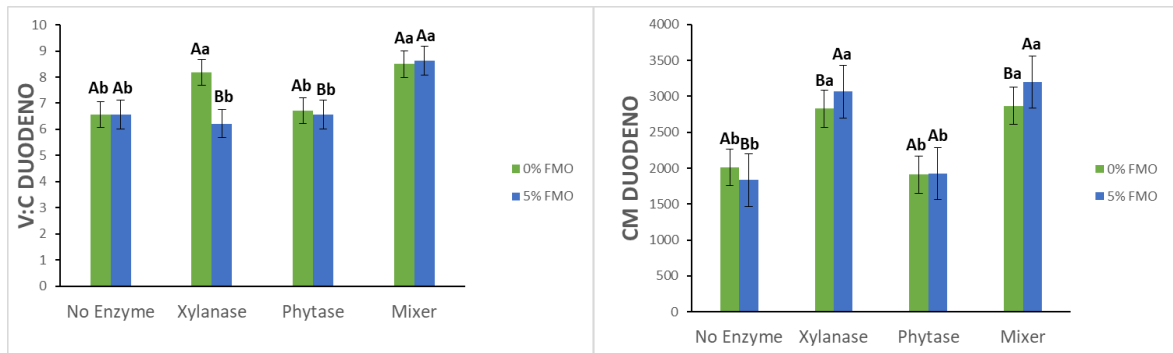


Figura 17: interação FMO x enzimas para a V:C e CM do duodeno. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

Incrementos na relação V:C ($p < 0,05$) foram encontrados quando o mix foi suplementado nas rações que continham FMO em comparação as suplementações individuais das enzimas, no entanto, não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) do mix na dieta controle. Animais alimentados com rações referência suplementadas com as enzimas de forma individual apresentam maior relação V:C ($p < 0,05$). Poedeiras que receberam FMO mais a xilanase de forma individual ou combinada obtiveram mucosas com maiores comprimentos ($p < 0,05$), mesma tendência foi observada para as rações controle suplementadas com essa enzima, mas não na mesma proporção ($p < 0,05$). Por outro lado, a fitase parece não ter exercido influência sobre esta variável entre os tipos de rações estudadas ($p > 0,05$).

A Figura 18 esquematiza os efeitos de interação para a variável relação largura de vilosidades (L:V) do duodeno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

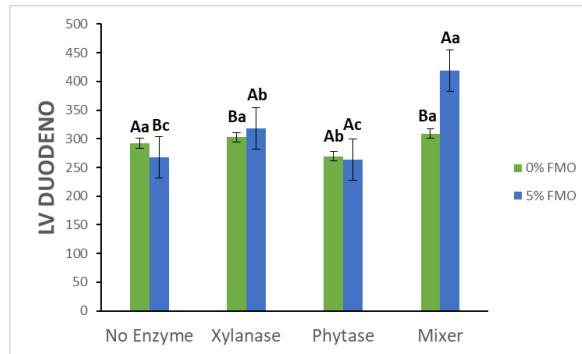


Figura 18: interação FMO x enzimas para a LM do duodeno. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

Vilosidades mais largas foram encontradas quando as aves receberam rações contendo FMO e xilanase ($p>0,05$) (individual ou combinada). A fitase sozinha não teve efeito sobre esta característica intestinal, ao passo que o FMO, na ausência das enzimas, levou a vilosidades com largura menor.

3.2.2. Jejunio

A Figura 19 apresenta os efeitos de interação para as variáveis altura de vilosidades (AV) e profundidade de criptas (PC) do jejuno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

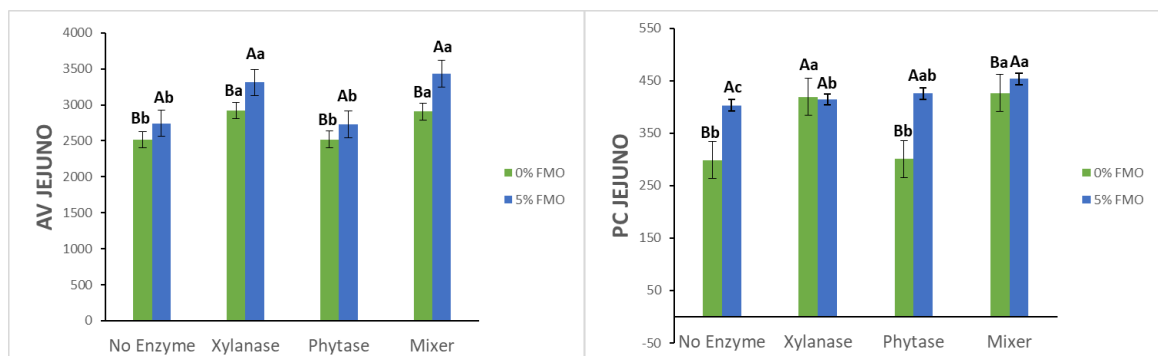


Figura 19: interação FMO x enzimas para a AV e PC do jejuno. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

A xilanase foi responsável pelo aumento da AV ($p<0,05$) do jejuno nas dietas com FMO, estes efeitos não diferiram quando a enzima foi suplementada individualmente ou combinada. A fitase sozinha também foi capaz de incrementar a AV desse segmento intestinal ($p<0,05$), mas não na mesma proporção. Somente a *Moringa oleifera*, na ausência de enzimas foi respon-

Tabela 14: Efeitos dos fatores individuais e desdobramentos para as variáveis peso e comprimento dos órgãos do sistema digestivo e reprodutor de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo moringa e suplementadas com enzimas.

<i>Moringa</i>	<i>Enzima</i>	Duodeno					Jejuno					Íleo				
		AV (μm)	PC (μm)	V:C (μm)	CM (μm)	LV (μm)	AV (μm)	PC (μm)	V:C (μm)	CM (μm)	LV (μm)	AV (μm)	PC (μm)	V:C (μm)	CM (μm)	LV (μm)
5% FMO		2187,400 ^a	317,379 ^a	7,217	2504,780	316,658	3054,760 ^a	423,973 ^a	7,471 ^b	3478,740 ^a	373,811 ^a	3810,400 ^a	468,865	8,454 ^a	4281,190 ^a	413,949 ^a
0% FMO		2111,790 ^b	292,901 ^b	7,490	2426,260	293,298	2715,940 ^b	361,108 ^b	8,021 ^a	3076,950 ^b	334,813 ^b	3459,750 ^b	467,622	7,535 ^b	3934,620 ^a	373,233 ^b
	Sem	1659,460 ^B	265,001 ^B	6,565 ^B	1923,130 ^B	279,812 ^C	2629,400 ^B	350,577 ^B	7,923 ^A	2979,980 ^B	325,214 ^B	3155,040 ^C	412,904 ^C	8,013 ^B	3570,780 ^C	361,783 ^B
	Xilanase	2630,470 ^A	375,943 ^A	8,703 ^A	2946,410 ^A	310,011 ^B	3116,040 ^A	416,686 ^A	7,738 ^B	3532,720 ^A	310,286 ^B	4052,750 ^A	473,506 ^B	8,694 ^A	4531,550 ^A	418,844 ^A
	Fitase	1654,670 ^B	259,796 ^B	6,637 ^B	1916,440 ^B	266,372 ^C	2624,770 ^B	363,074 ^B	7,866 ^A	2987,650 ^B	335,142 ^B	3393,300 ^B	455,168 ^B	7,533 ^C	3865,040 ^B	381,731 ^B
	Mix	2653,780 ^A	379,821 ^A	8,508 ^A	3033,600 ^A	363,717 ^A	3171,210 ^A	439,824 ^A	7,490 ^C	3611,030 ^A	416,605 ^A	3939,200 ^A	525,045 ^A	7,721 ^C	4464,250 ^A	411,460 ^A
Desdobramentos																
5% FMO																
	Sem	1585,270 ^{Bc}	248,797 ^{Bc}	6,571 ^{Ab}	1834,060 ^{Bb}	267,516 ^{Bc}	2744,720 ^{Ab}	402,585 ^{Ac}	7,036 ^{Bb}	3147,300 ^{Ab}	330,158 ^{Ac}	3370,970 ^{Ab}	382,356 ^{Bc}	7,330 ^{Ac}	3764,090 ^{Ab}	359,663 ^{Ab}
	Xilanase	2753,650 ^{Aa}	431,116 ^{Aa}	6,221 ^{Ab}	3065,170 ^{Aa}	417,542 ^{Aa}	3310,830 ^{Aa}	414,205 ^{Ab}	8,118 ^{Aa}	3725,040 ^{Aa}	459,835 ^{Aa}	4298,960 ^{Aa}	474,395 ^{Aab}	9,329 ^{Aa}	4783,790 ^{Aa}	461,511 ^{Ab}
	Fitase	1659,790 ^{Ab}	261,910 ^{Ab}	6,555 ^{Bb}	1921,700 ^{Ab}	263,114 ^{Ac}	2728,910 ^{Ab}	425,753 ^{Aab}	6,771 ^{Bb}	3154,670 ^{Ab}	394,958 ^{Ab}	3294,370 ^{Bb}	436,210 ^{Bb}	7,784 ^{Ab}	3730,580 ^{Bb}	376,182 ^{Ab}
	Mix	2750,880 ^{Aa}	447,294 ^{Aa}	8,619 ^{Ba}	3198,180 ^{Aa}	418,460 ^{Aa}	3434,580 ^{Aa}	453,350 ^{Aa}	7,843 ^{Aa}	3887,930 ^{Aa}	450,292 ^{Aa}	4277,300 ^{Aa}	569,004 ^{Aa}	9,666 ^{Aa}	4846,300 ^{Aa}	466,368 ^{Aa}
0% FMO																
	Sem	1733,660 ^{Ab}	281,204 ^{Ab}	6,559 ^{Ab}	2012,200 ^{Ab}	292,108 ^{Aa}	2514,090 ^{Bb}	298,569 ^{Bb}	8,809 ^{Aa}	2812,660 ^{Bb}	320,270 ^{Ab}	2939,110 ^{Bc}	438,360 ^{Ab}	6,916 ^{Bc}	3377,470 ^{Bc}	364,327 ^{Ab}
	Xilanase	2507,290 ^{Ba}	320,370 ^{Ba}	8,186 ^{Ba}	2827,660 ^{Ba}	302,480 ^{Ba}	2921,240 ^{Ba}	419,167 ^{Aa}	7,358 ^{Bb}	3340,410 ^{Ba}	380,738 ^{Ba}	3606,540 ^{Ba}	472,766 ^{Aa}	8,165 ^{Ba}	4279,310 ^{Ba}	383,288 ^{Ba}
	Fitase	1649,550 ^{Ab}	257,682 ^{Ac}	6,718 ^{Ab}	1910,140 ^{Ab}	269,631 ^{Ab}	2520,620 ^{Bb}	300,395 ^{Bb}	8,778 ^{Aa}	2820,620 ^{Bb}	335,327 ^{Bb}	3492,230 ^{Ab}	483,605 ^{Aa}	7,157 ^{Bc}	3999,500 ^{Ab}	387,280 ^{Aa}
	Mix	2556,670 ^{Ba}	318,348 ^{Ba}	8,496 ^{Aa}	2869,020 ^{Ba}	308,974 ^{Ba}	2907,830 ^{Ba}	426,298 ^{Ba}	7,137 ^{Bb}	3334,130 ^{Ba}	382,918 ^{Ba}	3601,110 ^{Ba}	481,086 ^{Ba}	7,775 ^{Bb}	4082,200 ^{Ba}	356,553 ^{Bb}
Fontes de variação		<i>p</i> -valor														
Moringa		<0,001	NS	NS	NS	NS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enzima		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Moringa x Enzima		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

*Nos fatores individuais, letras minúsculas e maiúsculas comparam as médias dentro do fator enzima ou moringa, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos desdobramentos, *Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos "Sem Moringa" e "Moringa", letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo. Valores seguidos de letras maiúsculas e minúsculas diferentes, na coluna, não diferem estatisticamente dentro e entre os grupos, respectivamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.*

sável por vilosidades mais longas ($p<0,05$). Aves alimentadas com FMO mais o mix apresentaram criptas mais profundas ($p<0,05$). A fitase acarretou este efeito, mas não diferiu estatisticamente da suplementação individual de xilanase ou sua combinação com esta. O FMO sozinho levou a maior PC ($p<0,05$).

A Figura 20 mostra os efeitos de interação para as variáveis relação vilosidade:cripta (V:C) e comprimento de mucosa (CM) do jejuno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

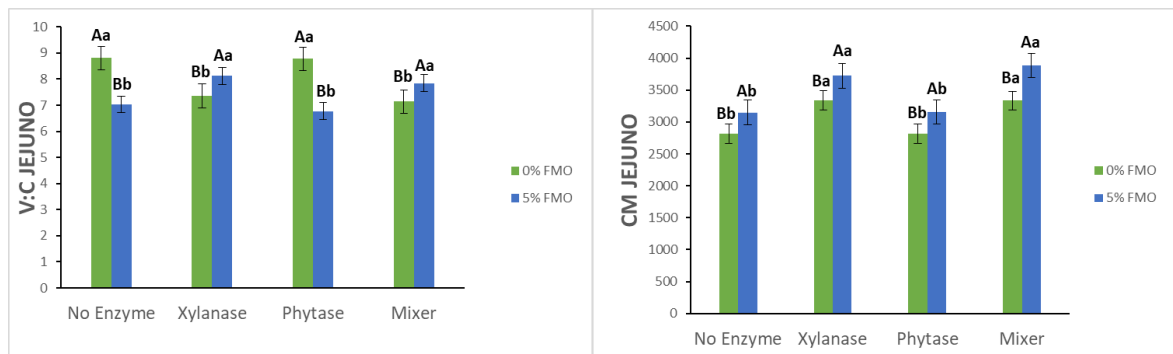


Figura 20: interação FMO x enzimas para a V:C e CM do jejuno. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

Aumentos na relação V:C foram observados para galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo FMO e xilanase (individual ou combinada) ($p<0,05$). A fitase e a *Moringa oleifera* sozinhas foram responsáveis por menor relação V:C do jejuno dos animais ($p<0,05$). De forma similar, a xilanase individualmente ou combinada no mix mais o FMO proporcionou mucosas jejunais mais cumpridas. A fitase e o FMO sozinhos foram capazes de aumentar o CM, mas não na mesma proporção.

A Figura 21 apresenta os efeitos de interação para a variável relação largura de vilosidades (LV) do jejuno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

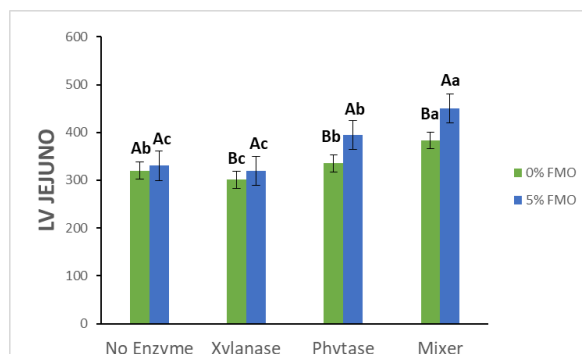


Figura 21: interação FMO x enzimas para a LM do jejuno. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

Vilosidades mais largas foram encontradas para as aves que receberam rações contendo FMO mais xilanase (individual ou combinada) ($p < 0,05$). Nas dietas sem as enzimas não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$).

3.2.3. Íleo

Na Figura 22 os gráficos demonstram os efeitos de interação para as variáveis altura de vilosidades (AV) e profundidade de criptas (PC) do íleo de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

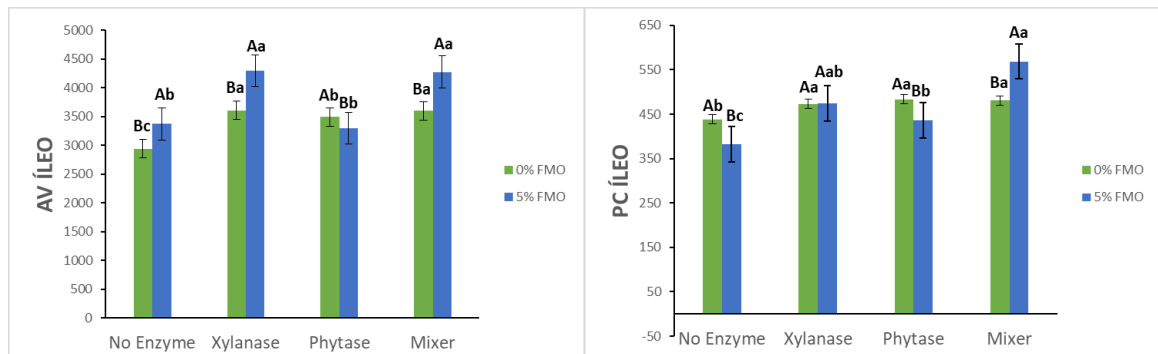


Figura 22: interação FMO x enzimas para a AV e PC do íleo. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

Vilosidades ileais mais altas foram observadas nas aves alimentadas com rações contendo FMO e xilanase (individual ou mix) ($p < 0,05$). A fitase mais o FMO foram responsáveis por vilosidades menores neste segmento do intestino ($p < 0,05$). Quando as enzimas não foram suplementadas, a Moringa incrementou a AV ($p < 0,05$). A combinação enzimática proporcionou criptas mais profundas ($p < 0,05$). A fitase e o FMO sozinhos diminuíram a PC do íleo dos animais. Não foram encontradas diferenças significativas para a suplementação de xilanase ($p > 0,05$).

A Figura 23 esquematiza os efeitos de interação para as variáveis relação vilo:cripta (V:C) e comprimento de mucosa (CM) do íleo de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas. Maior relação V:C foi encontrada para os animais que foram alimentados com dietas contendo FMO suplementadas com xilanase, independentemente de seu uso individual ou combinado ($p < 0,05$). A fitase e o FMO, individualmente, proporcionaram incrementos na relação V:C, mas de forma menos intensa ($p < 0,05$). Similarmente à relação V:C, a xilanase foi responsável por mucosas ileais mais compridas, enquanto a fitase suplementada de forma individual foi capaz de diminuir o CM do íleo das aves ($p < 0,05$). O FMO, quando as enzimas não estavam presentes, aumentou o CM ($p < 0,05$).

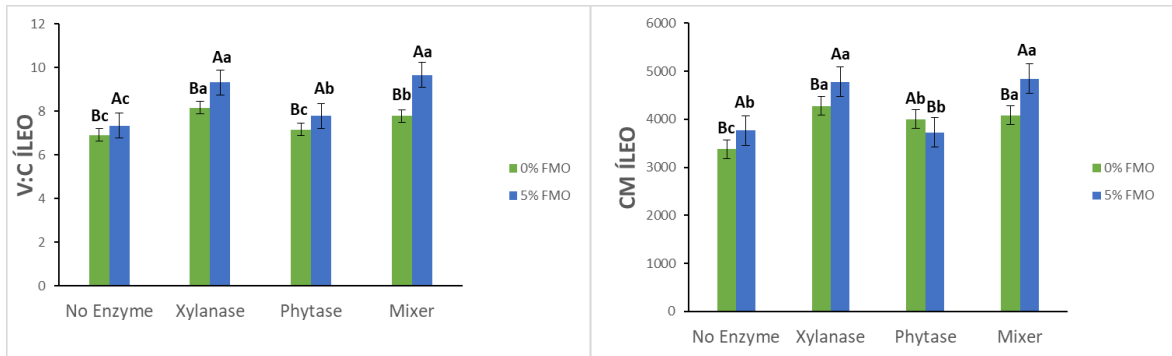


Figura 23: interação FMO x enzimas para a V:C e CM do óleo. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

A Figura 24 esquematiza os efeitos de interação para a variável relação largura de vilosidades (LV) do jejuno de galinhas poedeiras alimentadas com FMO suplementadas com enzimas exógenas.

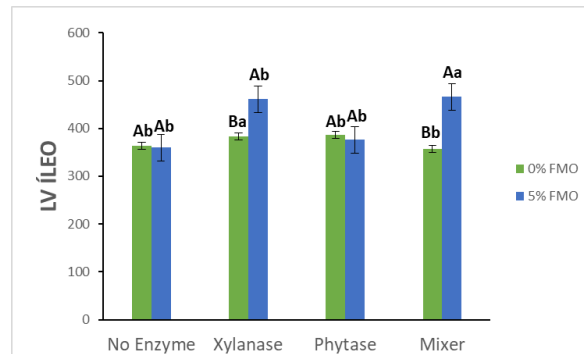


Figura 24: interação FMO x enzimas para a LM do óleo. Letras maiúsculas comparam médias entre os grupos “0% FMO” e “5% FMO”, letras minúsculas comparam as médias dentro do próprio grupo.

Incrementos na LV foram encontradas no óleo das poedeiras que receberam rações contendo FMO e xilanase, mais uma vez, não importando seu uso individual ou combinado ($p < 0,05$). A fitase e a moringa sozinhas não influenciaram a largura das vilosidades neste segmento ($p > 0,05$).

4. Discussão

O fígado é o maior órgão interno do corpo, correspondendo a cerca de 3% do peso corporal de uma galinha, e o seu tamanho está associado com a idade e condição corporal do animal (MARDEWI et al., 2017). Resultados de pesquisas tem mostrado que as folhas de *Moringa oleifera* apresentam atividade antioxidante devido a presença de compostos como flavonoides, ácido ascórbico, alfa-tocoferol, beta caroteno, polifenóis, tiocarbonados, glicosídeos e compostos fenólicos, que podem ser usados como medidas de prevenção contra

lesões fígado (ANWAR et al., 2007; HASSAN et al., 2016; MAKKAR e BECKER, 1996; MARDEWI et al., 2017; SIDDHURAJU e BECKER, 2003). No entanto, apesar de trabalhos já terem mostrado a capacidade do FMO em aumentar o peso do fígado de aves (ONUNKWO e GEORGE, 2015), a maior parte das pesquisas têm encontrado uma não interferência desse alimento sob o tamanho relativo ou atividade deste em frangos de corte e galinhas poedeiras (ASHOUR et al., 2020; LU et al., 2016; MARDEWI et al., 2017; OCHI et al., 2015), resultado este que corrobora os encontrados neste estudo onde não foram verificadas influência do FMO sob o peso relativo do fígado. Para o pâncreas pesquisas já tem demonstrado a capacidade das folhas de *Moringa oleifera* em incrementar seu tamanho, devido, principalmente, a presença de compostos ativos (previamente citados) em aumentar a atividade pancreática e inibir o crescimento de micróbios patogênicos no intestino das aves, com consequentes efeitos positivos sobre o metabolismo e nutrição das galinhas (ANTARA et al., 2019; TETEH et al., 2013).

Por outro lado, os PNAs do milho, farelo de soja e FMO podem explicar a diminuições observadas no tamanho do fígado e pâncreas e comprimento do intestino delgado e cecos das aves quando a xilanase foi suplementada. A constituição básica dos PNAs apresenta celulose, hemicelulose, xilanos, arabinoxilanos, dentre outros (FORTES et al., 2012; SMITS e ANNISON, 1996). Segundo Bach Knsudsen (2001) a quantidade de PNAs totais no milho e farelo de soja estão em torno de 9,70% e 21,70%, respectivamente. Já para o FMO valores encontrados por Macambira *et al.* (2018) mostram que a maior parte desta fração encontrada nas folhas refere-se à fração solúvel deste tipo de fibra, assim como no presente trabalho, e que uma quantidade considerável da fibra do FMO refere-se a hemicelulose e seus constituintes. Os PNAs são reconhecidos por sua capacidade de incrementar o peso e comprimento do intestino em aves (JORGENSEN et al., 1996; SMITS et al., 1997). Geralmente estes animais respondem rapidamente a mudanças no conteúdo de fibra da ração, apresentando modificações no tamanho do intestino e na taxa de passagem. Amerah et al. (2009) observaram aumento no comprimento do intestino delgado de frangos de corte alimentados com trigo integral em comparação com fontes de PNAs insolúveis. De acordo com Khan et al. (2017) o aumento observado no comprimento do intestino de frangos de corte alimentos com FMO ocorre em função do incremento no tempo de permanência da digesta no TGI induzido pelo alto teor de fibra do alimento. Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas no peso do intestino delgado e grosso neste estudo, os aumentos no tamanho no intestino delgado e cecos, nas rações onde o FMO foi incluído, podem estar relacionados ao incremento na quantidade desse tipo de fibra nas rações. Os PNAs, com seus efeitos negativos sobre a digestão e trânsito intestinal, podem ter levado esta porção do trato gastrointestinal a potencializar seus mecanismos

secretores, graças ao incremento nas quantidades de substrato não digerido e, conseqüentemente, maior necessidade de enzimas digestivas, o que desencadeou, assim, aumento do tamanho total intestino e peso das glândulas anexas (ABDOLLAHI et al., 2021; WANG et al., 2005). O aumento da viscosidade causado pelos PNAs solúveis aumenta a secreção de suco pancreático, além de aumentar o espaçamento da barreira mucosa intestinal, o que dificulta o contato das enzimas com os substratos, prejudicando assim a formação de micelas, bem como a digestão de lipídeos, gorduras e carboidratos (MIRZAIE *et al.*, 2012). Segundo Sousa et al. (2019), PNAs solúveis aumenta a atividade metabólica do fígado com maior síntese e secreção de ácidos biliares devido a afinidade deste tipo de fibra a estes compostos, aumentando sua excreção, ocasionando maior atividade hepática para o restabelecimento dos níveis normais destes no trato gastrointestinal, o que pode levar a aumentos no tamanho do fígado.

Ao suplementar xilanase nas rações, os PNAs foram degradados, resultando em diminuição no tamanho relativo das glândulas e intestino delgado e cecos. Outros trabalhos já evidenciaram redução no tamanho do fígado e pâncreas quando houve suplementação de xilanase em dietas contendo alimentos fibrosos para aves (PIRGOZLIEV et al., 2021; WANG et al., 2005). Hoseini et al. (2021) observaram menor comprimento do intestino delgado de aves alimentadas com dietas a base de trigo e suplementadas com carboidrases. Neste trabalho não foram verificados efeitos da fitase na diminuição no peso ou comprimento dos intestinos e glândulas, mostrando que os resultados observados foram, principalmente, devido a suplementação de xilanase, seja ela de forma individual ou combinada.

A moela é um órgão importante no processo de digestão das rações em aves, apresenta músculos fortes e grossos com função principal de digestão mecânica para a moagem e, conseqüente, diminuição do tamanho de partículas dos alimentos (MARDEWI et al., 2017). As folhas de *Moringa oleifera* podem modificar a estrutura anatômica de diferentes partes do trato gastrointestinal das aves devido ao seu conteúdo fibroso (TETEH et al., 2017). Já foi relatado que as aves necessitam de uma quantidade mínima de fibra para manter a função da moela e a atividade do trato gastrointestinal (JIMÉNEZ-MORENO et al., 2010), esta não ultrapassando níveis maiores que 5% segundo recomendações do manual da linhagem utilizada neste estudo. A inclusão de fibra na dieta melhora o desenvolvimento da moela, visto que a presença desses componentes neste segmento incrementa seu desenvolvimento, elevando a motilidade do trato digestório, aumentando a secreção de coliscistoquinina (CCK), melhorando, então, a mistura das enzimas digestivas com a digesta (HETLAND et al., 2005; MACAMBIRA et al., 2018; MATEOS et al., 2012; SVIHUS et al., 2004). O aumento nos níveis de fibra presente nas rações

que continham FMO (tabela 12) e o incremento da atividade do pró-ventrículo para moer estes componentes é explicação plausível que pode justificar o incremento no peso da moela quanto as folhas foram incluídas na dieta. Tete et al. (2017) observaram aumentos significativos no peso da pró-ventrículo, aos 56 dias de idade, quando alimentaram galinhas poedeiras com níveis crescentes de FMO, apesar dos autores nesse trabalho não informar a quantidade de fibra presente nas folhas utilizadas em seu estudo, os níveis determinados de fibra bruta nas rações de postura não ultrapassaram 5%.

A principal função do trato gastrointestinal é de promover a digestão e absorção de nutrientes que serão metabolizados e utilizados nos processos de manutenção, crescimento e produção dos animais. A manutenção da saúde intestinal é de importância primordial quando se deseja obter sistemas produtivos rentáveis e lucrativos, visto que desordens na homeostase do intestino podem causar impactos negativos em áreas como eficiência de produção, bem-estar animal e proteção do meio ambiente (YAN et al., 2017). O duodeno, jejuno e íleo, como parte integrante do intestino delgado, são os locais onde ocorrem a maior parte dos processos digestivos e absorptivos de alimentos e a área de superfície do trato gastrointestinal, suas propriedades morfológicas, funcionais e de permeabilidade do epitélio irão interferir na capacidade de absorção dessa porção do TGI (APPERSON e CHERIAN, 2017; FERRER et al., 2003; WESTBROOK e CHERIAN, 2019). De modo geral características morfológicas tais como AV, PC, relação AV:PC, CM e LV têm sido utilizadas como medidas para se avaliar a capacidade funcional do intestino, de modo que estas podem ser bons indicadores da resposta do trato gastrointestinal aos ingredientes dietéticos.

Os PNAs podem exercer diversos efeitos negativos no trato gastrointestinal das aves, sendo um dos locais de influência a mucosa entérica, com encurtamento e espaçamento das vilosidades, redução da profundidade de criptas, encurtamento da mucosa e aumento no número de células caliciformes no vilo, com conseqüente comprometimento das funções intestinais (HETLAND et al., 2004; VIVEROS et al., 1994). Por outro lado, a utilização de xilanase, ao hidrolizarem esses componentes, tem sido reportada em promover melhorias nos processos digestivos, através da modificação das características morfológicas do intestino (GONZALEZ-ORTIZ et al., 2017; HOSEINI et al., 2021; KALMENDAL e TAUSON, 2012). Os PNAs presentes no FMO podem ter causado comprometimento das características histomorfológicas de todas as secções do intestino delgado das aves, visto que foram observadas diminuições significadas na AV, PC, relação AV:PC, CM e LV do duodeno, jejuno e íleo das poedeiras. A suplementação com xilanase, independentemente da sua utilização individual ou combinada com a fitase, foi responsável por incrementar todas as características analisadas nesse estudo.

Um incremento na AV sugere maior número de enterócitos e células enteroendócrinas, sendo relacionada também a maior expressão das enzimas da borda em escova com consequente melhoria nas funções digestivas e de absorção (CASPARY, 1992; UNI et al., 2000). Segundo Yason et al. (1987) a PC está relacionada principalmente com o processo de renovação de vilosidades e criptas mais profundas caracterizam um processo mais rápido de renovação da mucosa do intestino. Criptas mais profundas e vilosidades curtas estão relacionadas com falhas nos processos de absorção intestinal, associado a comprometimento do desempenho dos animais, de modo que alta relação AV:PC está relacionada a mucosa intestinal bem diferenciada e com alta capacidade de digestão e absorção (MONTAGNE et al., 2003; XU et al., 2003). Vilosidades mais largas estão estritamente relacionadas ao processo de absorção de nutrientes, visto que aumenta-se a superfície de absorção intestinal (APPERSON e CHERIAN, 2017; FALLAH et al., 2013). Diversos trabalhos já tem mostrado efeitos positivos do uso da xilanase em dietas contendo alimentos fibrosos sobre a morfometria intestinal em aves (APPERSON e CHERIAN, 2017; FALLAH et al., 2013; LIU et al., 2012; ROOFCHAEI et al., 2019; WANG et al., 2005; WESTBROOK e CHERIAN, 2019). Apesar de não terem sido realizadas análises da composição de PNAs nesse estudo, os efeitos observados quando se suplementou xilanase em dietas contendo FMO mostram que esta enzima encontrou substrato disponível para sua atuação, atenuando os efeitos negativos destes, incrementando, assim, a saúde intestinal das poedeiras.

No entanto, parece que as folhas de *Moringa oleifera*, a depender do nível de suplementação e do estado de maturação e seção do TGI das aves, parecem exercer influência positiva sobre as características morfológicas do intestino desses animais (KHAN et al., 2017). Estes mesmos pesquisadores observaram aumento na AV e relação AV:PC do jejuno e íleo de frangos de corte alimentados com dietas contendo 1,2% de FMO com comprometimento em inclusões superiores. Deve-se levar em consideração que as galinhas poedeiras, por se tratarem de animais mais velhos e, conseqüentemente, com TGI mais maduro, possuem maior capacidade de digestão de fibras e os efeitos observados neste estudo, onde o FMO, sem a suplementação enzimática, foi capaz de incrementar a AV, PC e CM de jejuno, assim como CM e a relação AV:PC do íleo, mostram que as aves, mesmo quando receberam rações sem suplementação enzimática, parecem tolerar níveis maiores de fibra sem grandes prejuízos aos processos digestivos e absorptivos. Além disso, as folhas de *Moringa oleifera* possuem L-glutamina, uma amina conjugada ao glutamato, que tem papel importante na manutenção da integridade da mucosa intestinal (NUKUKWANA et al., 2015; RAO e SAMA, 2012). Segundo Rao e Sama (2012) a L-glutamina incrementa a taxa de síntese proteica no intestino, diminui

a proteólise dos enterócitos e é utilizada como fonte de energia para a proliferação das células epiteliais intestinais, o que promoveria maior integridade intestinal e, conseqüente, melhoria em sua morfologia. Outros trabalhos encontraram melhores características morfológicas em todas as seções do intestino de aves alimentadas com níveis de inclusão de FMO variando de 1,0 a 5,0% (HEZEVEH *et al.*, 2020; MORENO-MENDONZA *et al.*, 2019; NUKUKWANA *et al.*, 2015).

Os efeitos da fitase sobre a morfologia intestinal neste estudo foram mínimos e pouco esclarecedores, se limitando ao jejuno. Neste segmento, a enzima promoveu aumento na AV, PC e CM nas rações contendo FMO. Valores médios de fitato de 2,5% podem ser encontrados nas folhas dessa planta (VALDIVIÉ-NAVARRO *et al.*, 2020) e se complexa a diversos minerais como fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco, além de outros nutrientes (FALOWO *et al.*, 2018; STECH *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2010). Já foi demonstrado que a suplementação com fitase é efetiva em melhorar as características morfológicas do intestino, principalmente graças a inibição do crescimento de bactérias patogênicas como consequência da diminuição na quantidade de substrato disponível para a metabolização, levando, assim, a menor índice inflamatório e prejuízos a mucosa (AYDIN *et al.*, 2010; BORDA-MOLINA *et al.*, 2019; COOK e BIRD, 1973).

Em resumo, os PNAs presentes nas folhas *Moringa oleifera* exercem diversos efeitos no intestino, tais como aumento do tamanho do intestino e glândulas anexas além de influenciarem as características histomorfológicas intestinais. A ação da xilanase, com degradação desses nutrientes, parece reestabelecer a saúde intestinal das aves o que pode levar a melhor desempenho das poedeiras. Próximos estudos precisam se concentrar na caracterização do perfil dos PNAs presente neste ingrediente.

5. Referências bibliográficas

ABDEL-WARETH, A. A. A.; LOHAKARE, J. *Moringa oleifera* leaves as eco-friendly feed additive in diets of hy-line brown hens during the late laying period. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 1–10, 2021.

ABDOLLAHI, A. *et al.* The effects of the fiber source and xylanase supplementation on production, egg quality, digestibility, and intestinal morphology in the aged laying hen. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, p. 100936, 2021.

ADEOLA, O.; BEDFORD, M. R. Exogenous dietary xylanase ameliorates viscosity-induced

anti-nutritional effects in wheat-based diets for White Pekin ducks (*Anas platyrinchos domesticus*). **British Journal of Nutrition**, v. 92, n. 1, p. 87–94, 2004.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 50, n. 3, p. 366–375, 2009.

ANWAR, F. *et al.* Moringa oleífera: A food plant with multiple medicinal uses. **Phytopheraphy Research**, v. 21, p. 17-25, 2007.

ANTARA, I. K. J. *et al.* Effects of Moringa oleifera leaf and probiotics mixed fermented extract on the egg production and cholesterol contents in egg of laying hens. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v. 6, n. 5, p. 6–12, 2019.

APPERSON, K. D.; CHERIAN, G. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 5, p. 1228–1234, 2017.

ASHOUR, E. A. *et al.* Effect of dietary supplementation with moringa oleifera leaves and/or seeds powder on production, egg characteristics, hatchability and blood chemistry of laying Japanese quails. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 6, p. 1–9, 2020.

AYDIN, A. *et al.* Effects of dietary copper, citric acid, and microbial phytase on digesta pH and ileal and carcass microbiota of broiler chickens fed a low available phosphorus diet. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 4, p. 422-431, 2010.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1–2, p. 3–20, 2001.

BAURHOO, B.; PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 86, n. 6, p. 1070–1078, 2007.

BEDERSKA-ŁOJEWSKA, D. *et al.* Rye non-starch polysaccharides: Their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices - A review. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 2, p. 351–369, 2017.

BORDA-MOLINA, *et al.* Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens. **Poultry science**, v. 98, n. 7, p. 2906-2918, 2019.

CASPARY, W. F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 55, n. 2, p. 299–308, 1992.

CAO, B. H. et al. Effects of dietary cellulose levels on growth, nitrogen utilization, retention time of diets in digestive tract and caecal microflora of chickens. **Asian-australasian journal of animal sciences**, v. 16, n. 6, p. 863-866, 200

COOK, R.H.; BIRD, F.H. Duodenal villus area and epithelial cellular migration in conventional and germ-free chicks. *Poultry Science*, v.52, n.6, p.2276–2280, 1973.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos de Análise de Alimentos: INCT**. [S.l.]: [s.n.], 2012.

ENGELN, A. J. *et al.* Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, v. 77, n. 3, p. 760–764, 1994.

FALLAH, R. *et al.* Effect of Bioplus 2B and Protoxin Probiotics Supplementation on ® Growth Performance, Small Intestinal Morphology and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. **British Journal of Poultry Sciences**, v. 2, n. 2, p. 11–15, 2013.

FALOWO, A. B. *et al.* Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. **Food Research International**, 2018. v. 106, n. 1, p. 317–334, 2018.

FEDNA. FEDNA – **Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal**, 2010. Disponível em: < <http://fundacionfedna.org/ecuaciones/ecuaciones-de-regresion-tablas-fedna-2010-harinas-alfalfa>> acesso em 27 de maio de 2021.

FERRER, C. *et al.* Dietary lipids modify brush border membrane composition and nutrient transport in chicken small intestine. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 4, p. 1147–1153, 2003.

FORTES, B. D. A. *et al.* Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidratos e fitase em rações para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24–32, 2012.

GONZALEZ-ORTIZ, G. *et al.* Response of broiler chickens fed wheat-based diets to xylanase supplementation. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2776–2785, 2017.

HASSAN, H. M. A. *et al.* Effect of different levels of moringa oleifera leaves meal on productive performance, carcass characteristics and some blood parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 11, n. 1, p. 60–66, 2016.

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

HETLAND; SVIHUS, B.; CHOCT, M. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. **Journal of Applied Poultry Research**, 2005. v. 14, n. 1, p. 38–46.

HEZAVEH. *et al.* Single and combined effects of phytase and citric acid on growth performance, nutrient digestibility, bone characteristics, intestinal morphology, and blood components in meat-type quails fed low-phosphorous diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 269, p. 114677, 2020.

HOSEINI, S. M. *et al.* Effect of L-threonine and NSP-degrading Enzyme on the Performance , Intestinal during the Starter Period. **Poultry Science Journal**, v. 9, n. 1, p. 7–18, 2021.

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

JIMÉNEZ-MORENO, E. *et al.* Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. **Poultry Science**, v. 89, n. 10, p. 2197–2212, 2010.

JORGENSEN, H. *et al.* The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 75, n. 3, p. 379–395, 1996.

KHAN *et al.* Effect of Moringa oleifera leaf powder supplementation on growth performance and intestinal morphology in broiler chickens. **Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, n.1, p.114-121, 2017.

KALMENDAL, R.; TAUSON, R. Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophore coccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. **Poultry Science**, 2012. v. 91, n. 6, p. 1387–1393, 2012.

LU, W. *et al.* Evaluation of Moringa oleifera leaf in laying hens: Effects on laying performance, egg quality, plasma biochemistry and organ histopathological indices. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, n. 4, p. 658–665, 2016.

MACAMBIRA, G. M. *et al.* Chemical and nutritional characterization of moringa oleifera leaves for broilers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 70, n. 2, p.

570–578, 2018.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 63, n. 1–4, p. 211–228, 1996.

MARDEWI, N. K. *et al.* Effect of *Moringa* (*Moringa oleifera*) Leaf Meal Supplementation in Broiler Chicken Ration on Weight of Internal Organs, HDL and Triglyceride Levels. **SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)**, v. 1, n. 2, p. 46–51, 2017.

MATEOS, G. G. *et al.* Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 1, p. 156-174, 2012.

MIRZAIE, S. *et al.* Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. **Poultry Science**, v. 91, n. 2, p. 413–425, 2012.

MORENO-MENDOZA, Y. *et al.* Effect of moringa leaf powder and agave inulin on performance, intestinal morphology, and meat yield of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 100, n. 2, p. 738–745, 2021.

MOYO, B. *et al.* Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 60, p. 12925–12933, 2011.

NITRAYOVÁ, S. *et al.* Effect of xylanase on apparent ileal and total tract digestibility of nutrients and energy of rye in young pigs. **Archives of Animal Nutrition**, v.63, n.4, p.281-291, 2009.

NKUKWANA, T. T. *et al.* Effect of *Moringa oleifera* leaf meal on growth performance, apparent digestibility, digestive organ size and carcass yield in broiler chickens. **Livestock Science**, v. 161, n. 1, p. 139–146, 2014.

NKUKWANA *et al.* Intestinal morphology, digestive organ size and digesta pH of broiler chickens fed diets supplemented with or without *Moringa oleifera* leaf meal. **South African Journal of Animal Science**, v.45, n.4, p.362-371, 2015.

OCHI, E. B. *et al.* Effect of moringa (*Moringa oleifera* Lam) seeds on the performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, n. 8, p. 66–73, 2015.

ONUNKWO, D. N.; GEORGE, O. S. Effects of Moringa Oleifera Leaf Meal on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Broiler Birds. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science Ver. II**, v. 8, n. 3, p. 2319–2372, 2015.

PIRGOZLIEV, V. *et al.* Effect of rearing temperature on physiological measures and antioxidant status of broiler chickens fed stevia (*Stevia rebaudiana* B.) leaf meal and exogenous xylanase. **Current Research in Biotechnology**, v. 3, n. May, p. 173–181, 2021.

RAJANANDH, M. G. e KAVITHA, J. Quantitative estimation of β -sitosterol, total phenolic and flavonoid compounds in the leaves of Moringa oleifera. **International Journal of PharmTech Research**, v. 2, n. 2, p. 1409–1414, 2010.

RAO, R., e SAMAK, G. Role of glutamine in protection of intestinal epithelial tight junctions. **Journal of Epithelial Biology & Pharmacology**, n.5, Suppl 1-M7, p.47-54, 2012.

ROJAS, R. I. Y. M. *et al.* Assessment of a phytase included with lactic acid on productive parameters and on deposition of phosphorus, calcium, and zinc in laying hens fed with sorghum–soybean-meal-based diets. **Journal of Applied Animal Research**, v. 2119, n. 1, p. 314–321, 2018.

ROMERO, L. F. *et al.* Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and AMEn in young broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.181, v.1-4, p.35-44, 2013.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: [s.n.], 2017.

SANTIN, E. *et al.* Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 10, n. 3, p. 236–244, 2001.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 8, p. 2144–2155, 2003.

SILVA, J. C. R. Uso da *Moringa Oleífera* na Alimentação de Frango de Corte e Galinhas Poedeiras. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, 2018, 86p Tese de Doutorado, Departamento de Zootecnia (Recife, PE).

SMITS, C. H. M. *et al.* Dietary carboxymethylcellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, v. 127, n. 3, p. 483–487, 1997.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - Towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, n. 2, p. 217–221, 1996.

SOUSA, L. S. *et al.* Fiber source and xylanase on performance, egg quality, and gastrointestinal tract of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, n. e20170286, p. 1–10, 2019.

STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J.; CARVALHO, M. R. B. DE. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 255–262, 2010.

SVIHUS, B. *et al.* Causes for improvement in nutritive value of broiler chicken diets with whole wheat instead of ground wheat. **British Poultry Science**, v. 45, n. 1, p. 55–60, 2004.

TAHIR, M. *et al.* An effective combination of carbohydrases that enables reduction of dietary protein in broilers: Importance of hemicellulase. **Poultry Science**, v.87, n.4, p.713-718, 2008.

TEJEDA, O. J; KIM, W. K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 461, 2021.

TAVENARI, F. C. *et al.* Polissacarídeos não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Etrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 673–689, 2008.

TAYLOR, A. E. *et al.* The effects of phytase and xylanase supplementation on performance and egg quality in laying hens. **British Poultry Science**, v. 59, n. 5, p. 554–561, 2018.

TETEH, A. *et al.* Moringa oleifera leave: Hydro-alcoholic extract and effects on growth performance of broilers. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 7, p. 401–405, 2013.

TETEH *et al.* Effect of Moringa oleifera leaves on feed transit and morphometric parameters of the digestive tract of layer pullets and laying hens. **European Poultry Science**, v. 81, n. 1, p. 1–11, 2017.

UNI, Z. *et al.* Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. **British Poultry Science**, v. 41, n. 4, p. 410–415, 2000.

- VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of animal Science**, 26, n.1, p.119-128, 1967.
- VAHJEN, W. *et al.* Comparison of a xylanase and a complex of non starch polysaccharide-degrading enzymes with regard to performance and bacterial metabolism in weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 90–102, 2007.
- VALDIVIÉ-NAVARRO, M. *et al.* Review of Moringa oleifera as forage meal (leaves plus stems) intended for the feeding of non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, n.2, p. 1–9, 2020.
- VIVEROS, A. *et al.* Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 873, n. 1–3, p. 237–251, 1994.
- WANG, Z. R. *et al.* Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 84, n. 6, p. 875–881, 2005.
- WESTBROOK, L. A.; CHERIAN, G. Egg quality, fatty-acid composition and gastrointestinal morphology of layer hens fed whole flaxseed with enzyme supplementation. **British Poultry Science**, v. 60, n. 2, p. 146–153, 2019.
- XU, Z. R. *et al.* Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. **Poultry Science**, v. 82, n. 6, p. 1030–1036, 2003.
- YAN, F. *et al.* Effect of carbohydrase and protease on growth performance and gut health of young broilers fed diets containing rye, wheat, and feather meal. **Poultry Science**, v. 96, n. 4, p. 817–828, 2017.
- YASON, C. V.; SUMMERS, B. A.; SCHAT, K. A. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology. **American Journal of Veterinary Research**, v. 48, n. 6, p. 927–938, 1987.
- ZHANG, G. Q. *et al.* Purification, characterization, and cloning of a novel phytase with low pH optimum and strong proteolysis resistance from *Aspergillus ficuum* NTG-23. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 11, p. 4125–4131, 2010.

6. Agradecimentos

Expressamos nossos agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa e à AB Vista pela doação das enzimas utilizadas.

Considerações finais

De acordo com os resultados encontrados o FMO pode ser utilizado na alimentação de poedeiras comerciais ao nível de 5% e que sua combinação com as enzimas xilanase e fitase, de forma combinada, é efetiva em melhorar as características de desempenho das aves. A utilização de fitase, em dietas contendo *Moringa oleifera*, melhora a qualidade da casca dos ovos, resultados expressos em melhores espessuras da casca a escore de ovoscopia. As folhas também tem capacidade, no nível de inclusão estudado, em intensificar a cor das gemas e diminuir os níveis de colesterol sanguíneo dos animais. Por outro lado, a xilanase, ao degradar os PNAs presentes no ingrediente foi efetiva em reestabelecer a saúde do trato digestório, resultados observados em melhorias das características morformétricas do intestino, além de ter proporcionado uma diminuição no comprimento dos intestinos e peso das glândulas anexas. Com isso recomenda-se a inclusão do ingrediente, no nível estudado, mais suplementação combinada das duas enzimas.