

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
Campus Rio Verde
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

NÍVEIS DE FIBRA SOLÚVEL E INSOLÚVEL PARA AVES DE CRESCIMENTO LENTO NA FASE INICIAL DE CRIAÇÃO

Autora: Nayanne Rodrigues de Oliveira
Orientadora: Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

Rio Verde – GO
Abril – 2019

NÍVEIS DE FIBRA SOLÚVEL E INSOLÚVEL PARA AVES DE CRESCIMENTO LENTO NA FASE INICIAL DE CRIAÇÃO

Autora: Nyanne Rodrigues de Oliveira
Orientadora: Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos

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

Rio Verde – GO
Abril – 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OOL48n Oliveira, Nyanne Rodrigues de
Níveis de fibra solúvel e insolúvel para aves de
crescimento lento na fase inicial de criação /
Nyanne Rodrigues de Oliveira; orientadora Fabiana
Ramos dos Santos; co-orientadora Cibele Silva
Minafra. -- Rio Verde, 2019.
48 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Aves caipiras. 2. Histomorfometria intestinal.
3. PNA's. 4. Polpa cítrica. 5. Sabugo de milho. I.
Ramos dos Santos, Fabiana, orient. II. Silva
Minafra, Cibele, co-orient. III. Título.

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


**NÍVEIS DE FIBRA SOLÚVEL E INSOLÚVEL
PARA AVES DE CRESCIMENTO LENTO NA
FASE INICIAL DE CRIAÇÃO**


Autora: Nyanne Rodrigues de Oliveira
Orientadora: Fabiana Ramos dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 26 de abril de 2019.


Prof.^a Dra. Lia Raquel de Souza
Santos Borges
Avaliadora externa
IF Goiano/RV


Prof.^a Dra. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/RV


Prof.^a Dra. Fabiana Ramos dos Santos
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Aos meus pais, Divino Rodrigues Nunes
e Joselice de Oliveira S. Rodrigues, e ao
meu marido Márcio Rosa

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo que me proporcionou na vida.

Aos meus pais, Divino e Joselice, que me ensinaram a nunca desistir dos meus sonhos, e mesmo distantes estiveram ao meu lado durante todo esse percurso, e por serem os melhores pais que eu poderia ter.

Ao meu esposo Márcio, pela paciência, amor, carinho e companheirismo.

A minha orientadora Dr.^a Fabiana Ramos dos Santos, agradeço imensamente por todos os anos de orientação, pelos conselhos, ensinamentos e oportunidades, e por ter acreditado no meu potencial.

Agradecimento especial a Maura, Isadora, Carol, Samylla, Geyniane, Dheyne, Arthur, Liliane, Fernando, Alison, Lorryne, Stéfane, Elísio, Nayara, Wanderson e Nulciene, que me auxiliaram na condução do ensaio de campo e análises de laboratório, vocês foram essenciais nessa jornada, sem vocês eu não teria conseguido.

Ao Sr. Nilton e Carlos, funcionário do setor de avicultura e técnico do laboratório de nutrição animal, pela ajuda, amizade e carinho na execução nas tarefas de campo e laboratório.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Zootecnia do IFGoiano - Campus Rio Verde, Fabiana, Cibele, Ana Paula, Adriano, Kátia Cylene e Marco Antônio pelos conhecimentos transmitidos durante esses dois anos de mestrado.

A Cargill, pela doação do glúten de milho para a fabricação das rações experimentais.

A Fundação de Amparo a Pesquisa de Goiás (FAPEG), pela bolsa concedida para realização do meu Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro a pesquisa.

Aos membros da minha banca e suplentes, pela disponibilidade e colaboração.

As funcionárias da Pós-Graduação Viviane, Pâmela e Renata.

A todos vocês o meu muito obrigado!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Nayanne Rodrigues de Oliveira, filha de Divino Rodrigues Nunes e Joselice de Oliveira Silva Rodrigues, nasceu em 13 de março de 1993 na cidade de Uruana – Goiás. Iniciou sua formação profissional no primeiro semestre de 2012, quando ingressou no curso superior de Zootecnia do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, concluindo seus estudos no segundo semestre de 2016. No primeiro semestre de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, concluindo em abril de 2019.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	v
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Fibra na alimentação animal	2
2.2 Níveis de fibra na dieta e desenvolvimento do trato gastrintestinal de frangos	3
2.3 Fibra e digestibilidade de nutrientes	5
2.4 Nível de fibra e desempenho de frangos de crescimento rápido	7
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO I – ARTIGO CIENTÍFICO	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	15
RESULTADOS	19
DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais de 1 a 35 dias de idade.....	16
Tabela 2. Consumo (de ração (CR), ganho de peso (GP), peso médio (PM) e conversão alimentar CA) de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).....	19
Tabela 3. Desdobramento da interação para ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) aos 7 dias de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos.....	20
Tabela 4. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).....	20
Tabela 5. Coeficiente de metabolizabilidade (%) da matéria seca (CMAMS), proteína bruta (CMAPB) e fibra em detergente neutro (CMAFDN) para frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).....	21
Tabela 6. Desdobramento da interação para fibra em detergente neutro (FDN) para frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (10 a 13 dias de idade).....	22
Tabela 7. Comprimento do trato gastrointestinal (CTGI), peso proventrículo+moela (P+M), peso intestino delgado (ID), peso intestino grosso (IG), peso pâncreas (PA) e peso fígado (FI) de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).....	23
Tabela 8. Desdobramento da interação para peso proventrículo + moela (sete dias), pâncreas (sete e 14 dias), intestino delgado (14, 21 e 28 dias), fígado (14 dias) e intestino grosso (28 dias) de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação.....	24
Tabela 9. Altura de vilos (V, μm), profundidade de cripta (C, μm) e relação vilos : cripta (V/L) do duodeno de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).....	26

Tabela 10. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm) e relação vilo : cripta (V/C) do ceco de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).....27

Tabela 11. Desdobramento da interação para vilo aos 21 dias e 28 dias de idade do ceco de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo com níveis distintos na fase inicial de criação.....28

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo	Descrição
%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
CA	Conversão Alimentar
C	Cripta
Cm	Centímetro
CMA	Coefficiente de metabolização aparente
CMAMS	Coefficiente de metabolização aparente da matéria seca
CMAFDN	Coefficiente de metabolização aparente da fibra em detergente neutro
CMAPB	Coefficiente de metabolização aparente da matéria seca
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
CTGI	Comprimento do trato gastrointestinal
CR	Consumo de ração
DBF	Baixo teor de fibra
DPM	Desvio padrão da média
EM	Energia Metabolizável Aparente
FD	Fibra dietética
FDN	Fibra em detergente neutro
FI	Fígado
G	Gramas
GP	Ganho de peso
H	Hora
H ₂	Hidrogênio molecular
ID	Intestino delgado
IG	Intestino Grosso
Kcal	Quilocalorias
KG	Quilogramas
M	Minuto

Mcal	Megacaloria
Mg	Miligramas
MS	Matéria seca
PA	Pâncreas
PB	Proteína bruta
PC	Polpa cítrica
pH	Potencial hidrogeniônico
P+M	Proventrículo+Moela
PNAs	Polissacarídeos não amiláceos
PV	Peso vivo
SB	Sabugo de milho
TD	Trato digestório
TGI	Trato gastrintestinal
U.I.	Unidade internacional
V	Vilosidades
V/C	Relação altura do vilo: profundidade de cripta
W	Watts

1. INTRODUÇÃO

O consumidor brasileiro vem se voltando pouco a pouco para o mercado de produtos alternativos, este fato exige que o setor produtivo avícola acompanhe tais preferências e adapte-se aos sistemas de produção não convencionais.

É fácil identificar a importância deste segmento, uma vez que é cultural em diversos estados brasileiros, o consumo de aves “caipiras”. Exercendo importante aspecto social, já que envolve o trabalho pequenos agricultores, principalmente mulheres e jovens, gerando renda e contribuindo para a permanência destas famílias no meio rural. Assim, estratégias nutricionais que visem contribuir para viabilidade econômica da atividade são de extrema importância.

A fibra alimentar tem sido considerada como um diluente ou como um fator antinutricional nas dietas de aves (Gonzalez-Alvarado et al., 2010). No que diz respeito ao teor de fibras nas dietas de aves, tem-se recomendado fornecer às aves dietas com baixo teor de fibras, pois em quantidades elevadas há aumento na velocidade de trânsito da digesta e a redução na ingestão, digestibilidade de nutrientes (Mateos et al., 2012; Serena et al., 2007; Jiménez-Moreno et al., 2009), prejudicando o desempenho das aves.

Entretanto, pesquisas com linhagens de rápido crescimento demonstram efeitos benéficos dos níveis de fibra sobre o desenvolvimento do sistema digestório das aves, reposta imunológica e desempenho (Gonzalez-Alvarado et al., 2007). Assim, espera-se que ao fornecer diferentes fontes de fibra para aves de crescimento lento na fase inicial de criação (1 a 28 dias de idade) há maior desenvolvimento dos órgãos tornando estes animais mais adaptados quando tiverem acesso ao piquete para pastagem (após os 28 dias de idade), em que terão acesso às dietas com teores mais elevados de fibra (Sklan et al., 2003; Hetland et al., 2003; Amerah et al., 2009).

Também, ressalta-se que devido a elevada idade de abate das aves de crescimento lento (85 dias) o custo de produção destes animais pode chegar a 2 ou 3 vezes superior ao do frango convencional (ABNT, 2015). Dessa forma, como essas aves apresentam menor exigência em comparação aos frangos convencionais, a formulação de rações com maior teor de fibra e menor densidade nutricional pode ser economicamente viável.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fibra na alimentação animal

Segundo Montagne et al. (2003) a fibra da dieta (FD) é definida como classe heterogênea de componentes que não são hidrolisados pelas enzimas de animais monogástricos e representam o substrato para a fermentação microbiana na parte distal do intestino. A FD representa os polissacarídeos não amiláceos (PNA) (exemplo pentosanas, β -gluconas, arabinoxilanas e oligossacarídeos) que são intrinsecamente relacionados com não carboidratos como lignina, proteína, ácidos graxos e ceras presentes predominantemente na parede celular das células vegetais (Bach Knudsen, 2001).

No método descrito por Van Soest (1965) a FD é considerada como parte dos componentes remanescentes da extração com solução de detergente neutro, que é conhecida como fibra em detergente neutro (FDN). Segundo este autor, na fração detergente neutro são encontrados frações insolúveis de hemicelulose, celulose e lignina que fazem parte dos PNA.

Os PNA podem ser constituídos por nove principais carboidratos: arabinose e xilose (pentoses), glicose, galactose e manose (hexoses), ramnose e fucose (deoxi-hexoses) e ácidos glucurônico e galacturônico (ácidos urônicos). Um maior número de combinações pode ser encontrado, diante da diversidade de carboidratos que formam os polissacarídeos (Choct, 1997). A lignina, por ser um importante componente estrutural das plantas também está relacionada aos PNA, por causa da maior ou menor complexação entre essas frações, em função do desenvolvimento herbáceo ou da própria morfologia da planta, e por esse motivo é importante analisar estes compostos conjuntamente (Choct, 1997).

Os PNAs são os principais componentes da fibra dietética presente nos cereais, e suas unidades formadoras são conectadas por ligações do tipo beta, tornando-os indigestíveis para animais monogástricos. Além disso, eles podem prejudicar a digestão e absorção dos demais nutrientes dietéticos. A magnitude e as maneiras pelas quais se processam esses eventos dependem de vários fatores, dentre os quais se destacam a origem botânica dos PNA, proporções relativas dos tecidos que recobrem o endosperma no cereal, solubilidade desses polissacarídeos, propriedades físico-químicas, concentração na dieta, espécie e idade do animal (Soufrant, 2001; Wenk, 2001; Montagne et al., 2003).

Segundo Moran Jr. (2006), a fibra exerce influência considerável sobre o funcionamento do intestino delgado e do intestino grosso, por propriedade de solubilidade em água e características físicas. Dentre os efeitos causados pela fibra estão alterações na

viscosidade da digesta, redução na digestão e absorção de nutrientes, alteração no tempo de trânsito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal e mudança na regulação hormonal (Warpechowski et al., 2005; Mourinho, 2006; Rosa; Uttpatel, 2007).

A fibra solúvel, em virtude da alta capacidade de hidratação, tem a característica de aumentar a viscosidade das soluções. Assim, alimentos ricos em fibra solúvel, ao serem ingeridos pela ave, tendem a produzir digesta mais viscosa (Warpechowski et al., 2005). Este incremento na viscosidade é um fator que influencia diretamente o valor nutritivo dos alimentos (Brenes, 1992), uma vez que altera várias características relacionadas ao processo de digestão. Como a quantidade e complexidade estrutural da fibra diferem entre as fontes vegetais, a viscosidade das suas soluções também é extremamente variável (Moran Jr., 2006).

A digesta adquire consistência de gel devido ao aumento da viscosidade e a estrutura formada atua como barreira para a ação hidrolíticas das enzimas, dificultando o contato destas com as diversas frações do alimento. Adicionalmente, há redução do contato do bolo alimentar com as células absorptivas da membrana intestinal, resultando em redução na digestão e absorção dos nutrientes. Assim, além do fato da fibra apresentar baixa digestibilidade para aves, também, níveis elevados de fibra solúvel interferem sobre a digestibilidade de todos os componentes da dieta, pois em um meio viscoso, as gorduras, carboidratos e proteínas estão menos disponíveis às enzimas (Ferreira, 1994; Philip et al., 1995; Santos Jr. et al., 2004; Brito, 2008; Hartini; Choct, 2010).

2.2 Níveis de fibra na dieta e desenvolvimento do trato gastrintestinal de frangos

Pesquisas destacam os efeitos benéficos da fibra sobre o metabolismo e comportamento animal, com potencial para melhorar a digestibilidade dos nutrientes, dependendo, das propriedades físico-químicas das frações fibrosas, do nível de inclusão e fonte das fibras e idade das aves (González-Alvarado et al., 2007).

Quando há redução da fibra bruta da dieta, o tamanho e o conteúdo da moela são afetados pela falta de estimulação que é provocada pela presença de partículas maiores e que posteriormente compromete o desenvolvimento do trato gastrintestinal (Hetland; Choct; Svihus, 2004). Alterações na composição da dieta das aves podem afetar a relação da taxa de passagem dos alimentos, tamanho dos órgãos, crescimento microbiano e saúde do trato gastrintestinal pela diminuição de substratos para manter a microbiota intestinal (Hetland; Svihus, 2001).

Segundo González-Alvarado et al. (2007), a inclusão moderada de 3% de casca de soja ou casca de aveia na dieta de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade resultou no aumento de peso do trato digestório, moela, ceco e redução do pH da digesta na moela. Ainda segundo os autores, o emprego moderado de fibra nas dietas pode melhorar o desempenho de frangos de corte nas primeiras semanas de vida em razão da redução do pH na moela que melhora a utilização dos nutrientes.

Clemente (2015) usando três níveis de fibra dietética (3,0; 3,5 e 4,0%) e três níveis de energia metabolizável (2900; 3000 e 3100 kcal/kg de ração) em dietas para frangos de corte, verificou que o nível de 3% de fibra na dieta, aumentou o peso do fígado, independente dos níveis de energia metabolizável utilizados. Este resultado pode ser explicado pelo consumo de ração com menor teor de fibra que elevou a atividade hepática em função do maior consumo de nutrientes prontamente disponíveis.

Krás (2010) em seu estudo, utilizou dietas de baixa e alta fibra (aumento de 7,7% de FDN em relação a dieta de baixa fibra) com três grupos de animais (frangos de crescimento lento recebendo ração *ad libitum*; frangos de corte recebendo ração *ad libitum* e frangos de corte recebendo consumo de ração pareado com dos frangos de crescimento lento). Os autores não observaram variação dos órgãos digestórios em função do nível de fibra da dieta, porém, as aves de crescimento lento com consumo *ad libitum* apresentaram maior peso do trato digestório (TD) que os demais grupos. Estas respostas são explicadas, pelo menor peso vivo (PV) alcançado pela linhagem ao final do experimento resultando em maior proporção do trato digestório em relação ao peso corporal.

Jorgensen et al. (1996), trabalhando com níveis de fibra de 0, 187 e 375 g/Kg de dieta observaram que o comprimento do intestino, particularmente o comprimento e o peso dos cecos, aumentaram com o maior nível de fibra. Clemente (2015) verificou que os pesos do ceco e do intestino grosso foram aumentados com a elevação dos níveis de fibra (3,0; 3,5 e 4,0%). Segundo o autor esse aumento está relacionado com a elevação da atividade fermentativa da fração fibrosa, visto que esta é a principal função destes órgãos nas aves. Os pesquisadores verificaram ainda, que uso de fibra dietética de até 4% melhora o pH da moela e aumenta o comprimento total do intestino até os 21 dias de idade dos frangos de corte o que pode ser indicativo de melhorias na capacidade digestiva e absorptiva destas aves.

2.3 Fibra e digestibilidade de nutrientes

As aves domésticas possuem menor tempo de trânsito da digesta em relação aos mamíferos por terem o trato gastrintestinal mais curto. Fatores nutricionais, genéticos, ambientais, idade do animal, nível de consumo e granulometria da ração afetam direta ou indiretamente a taxa de passagem no trato gastrintestinal das aves e conseqüentemente a digestibilidade dos nutrientes (Dahlke, 2000).

Os cereais e os legumes, atualmente utilizados em dietas para aves, na maioria das vezes apresentam quantidades significativas de fibra. Além da fibra proveniente da dieta, a instalação das aves diretamente sobre a cama favorece a ingestão de materiais fibrosos (Hetland et al., 2004).

A inclusão de níveis moderados de fibra na dieta tem sido uma alternativa para melhorar o desempenho das aves sem utilização de promotores de crescimento (González-Alvarado et al., 2007). A presença de fibra na dieta melhora a digestibilidade de amido e gordura, provavelmente através da estimulação da atividade da moela, aumentando o refluxo da digesta do duodeno para a moela, aumentando a secreção de α -amilase e ácidos biliares (Hetland; Svihus; Krogdahl, 2003).

A moela é um órgão que tem como importante função reduzir o tamanho das partículas, as quais permanecem neste compartimento até atingir o diâmetro que lhes permitam ultrapassar o esfíncter da moela e continuar pelo trato gastrintestinal. A atrofia da moela pode reduzir o refluxo do quimo para o duodeno, podendo ser prejudicial aos processos digestivos e possível redução do desempenho produtivo (Hetland; Svihus; Krogdahl, 2003). A intensificação da atividade da moela tem sido associada com a estimulação de secreções pancreáticas, resultando em aumento da concentração de amilase, que conseqüentemente melhora a digestão do amido, sendo este metabolizado, gerando glicose para o metabolismo energético (Hetland; Svihus; Krogdahl, 2003).

As funções químicas e mecânicas da moela associadas ao maior tempo de retenção do alimento resultam em melhoria na digestibilidade dos nutrientes e favorecem o desempenho produtivo das aves. A digestibilidade do amido pode ser melhorada pela maior atividade da moela, que resulta em partículas mais finas e, além disso, promove atuação na regulação do fluxo da digesta para o intestino delgado (Hetland; Svihus, 2001).

Para Jorgensen et al. (1996), a digestibilidade dos PNAs é menor em aves, quando comparada a outras espécies de não ruminantes como suínos, devido a sua menor capacidade fermentativa, a nível intestinal, de polímeros de fibra.

Hetland et al. (2004) afirmam que a fração insolúvel da fibra não possui importância significativa na composição da microflora intestinal das aves, visto que a fermentação bacteriana em seus cecos não é responsável pela degradação extensiva deste componente. Os mesmos autores destacam que fração insolúvel da fibra é responsável pelo aumento do bolo fecal e da taxa de passagem no trato gastrointestinal.

Dietas diluídas com alto teor de fibra provoca o aumento no consumo das aves, para compensar o menor aporte energético (Lee et al., 1971). Warpechowski e Ciocca (2002) afirmam que o aumento do consumo de dietas para frangos de corte pode estar relacionado com a elevação na taxa de passagem da digesta pela maior quantidade de fibra insolúvel. Neste contexto, Warpechowski (1996), trabalhando com aumento do teor de fibra com inclusão 15% de palha de trigo nas rações de reprodutores de corte machos pesados, observou diminuição do tempo de trânsito da digesta. O menor tempo de trânsito resulta no menor contato do alimento com as enzimas digestivas e isso pode deprimir a digestibilidade dos nutrientes.

Além do tempo de trânsito, outro fator que pode contribuir para a menor digestibilidade das dietas formuladas com elevado teor de fibras é a viscosidade da digesta. Segundo Hetland et al. (2004), enquanto a fração insolúvel da fibra é considerada um componente diluente quando presente nas dietas de animais monogástricos, a fração solúvel da fibra pode aumentar a viscosidade da digesta no intestino delgado das aves provocando a diminuição na digestibilidade e absorção dos demais nutrientes.

Choct et al. (1995), trabalhando com glicanase comercial em dietas à base de trigo de baixa ou normal energia metabolizável aparente (EMA) para frangos de corte, observaram que os frangos que receberam a dieta de baixa EMA, sem glicanase, apresentaram maior viscosidade da digesta e a menor digestibilidade da proteína ou do amido. Estes resultados sugerem que a maior viscosidade provocada pela presença de maior quantidade de PNA na digesta está relacionada com a menor EMA apresentada por determinados trigos.

Embora a fibra seja considerada um fator antinutricional, alguns autores ressaltam aspectos benéficos da utilização da fibra em níveis moderados na dieta de aves (Krás, 2010; Picoli, 2013; Clemente, 2015).

Hartini et al. (2002), trabalhando com dietas com diferentes teores de fibra dietética (dieta comercial (trigo), dieta de fibra insolúvel alta (sorgo+duas partes de farelo de trigo e uma de trigo), dieta de fibra solúvel elevada (cevada) e dieta de fibra solúvel e enzima) verificaram inibição do canibalismo em aves de postura, exceto para dieta comercial. Segundo os autores, o aumento da taxa de passagem da digesta provoca o desaparecimento dos

nutrientes no lúmen intestinal e leva as aves a passarem maior parte do tempo comendo e não bicando umas as outras. Segundo os mesmos autores, com níveis moderados de fibra insolúvel na dieta, tende a aumentar a digestibilidade do amido.

A concentração de moderados teores de fibra na dieta de aves, ainda pode contribuir para a modulação da população microbiana intestinal. Segundo Józefiak (2004), os ácidos graxos de cadeia curta produzidos no ceco a partir da fermentação microbiana da fração solúvel da fibra podem inibir o crescimento de populações de bactérias patogênicas, além de fornecer energia extra para a ave, após a absorção desses componentes.

2.4 Nível de fibra e desempenho de frangos de crescimento rápido

Diante dos efeitos da inclusão de fibras alimentares sobre o desenvolvimento digestivo e aproveitamento de nutrientes, é possível inferir que a elevação dos níveis de fibra na dieta pode comprometer o desempenho das aves.

Corroborando com esta afirmativa, Saki et al. (2011) ao trabalharem com diferentes relações de pectina e celulose para frangos de corte, observaram que houve maior consumo de ração, diminuição no ganho de peso e, conseqüentemente piora na conversão alimentar ao utilizar 2% de celulose e 1% de pectina em relação ao tratamento controle nas dietas de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

Da mesma forma, Pinheiro et al. (2008) verificaram que o maior nível de fibra na dieta (17,47% de FDN) afetou de forma negativa a digestibilidade ileal e total dos nutrientes por frangos de corte em crescimento, assim como também provocou diminuição de ganho de peso, piora na conversão alimentar e aumento no peso dos cecos.

Piora no desempenho das aves também foi observada por Picoli (2013) que verificaram que a restrição alimentar qualitativa comprometeu o ganho de peso das aves. Os pesquisadores observaram ainda que a adição dos fenos de alfafa e “coast cross” na dieta, piorou a conversão alimentar, além de promover alteração dos órgãos do trato gastrointestinal e efeitos deletérios na morfometria intestinal, porém manteve a pigmentação da carne do peito.

Em contrapartida, a inclusão de níveis moderados de fibra pode incrementar o desempenho das aves. González-Alvarado et al. (2007), utilizando a inclusão moderada de até 3% de casca de aveia ou de casca de soja na dieta basal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, observaram aumento na retenção aparente da maioria dos nutrientes no trato digestório, maior ganho de peso e a melhora na conversão alimentar.

Ao avaliarem os efeitos da inclusão de casca de aveia na dieta de frangos de corte de linhagem comercial, Hetland et al. (2003) relataram que houve aumento da digestibilidade dos nutrientes da ração e melhora na conversão alimentar, associados com a maior atividade da moela. Por outro lado, Krás (2010) trabalhando com dieta com baixo teor de fibra (DBF) e dieta com alto teor de fibra (aumento de 7,7% de FDN em relação a DBF) fornecidas para aves de crescimento lento (Isa Label) e rápido (Cobb) e observou que quanto maior o teor de fibra na dieta pior é o desempenho independente da linhagem.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G., 2009. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, 50(3), 366–375. doi:10.1080/00071660902865901

Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2015. NBR 16389: Avicultura – Produção, abate, processamento e identificação do frango caipira, colonial ou capoeira. Rio de Janeiro.

Bach Knudsen, K.E., 2001. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90: 3-20.

Brenes, A., 1992. Influencia de la adición de enzimas sobre el valor nutritivo de las raciones en la alimentación aviar. *Selecciones Avícolas*, v.22, p.787-794.

Brito, M.S., Oliveira, C.F.S., Silva, T.R.G., Lima, R.B., Morais, S.N., Silva, J.H.V., 2008. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.2, n.4, p.111-117.

Choct, M., Hughes, R.J., Trimble, R.P., 1995. Non-starch polysaccharidedegrading enzymes increase the performance of broiler chickens fed wheat of low apparent metabolizable energy. *The Journal of Nutrition*, v.125, p.485-492.

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

Clemente, A.H.S., 2015. Níveis de fibra dietética e energia metabolizável em rações para frangos de corte. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 62f.

Dahlke, F., 2000. Tamanho de partícula do milho e forma física da ração para frangos de corte e seus efeitos sobre o desempenho, dinâmica intestinal e rendimento de carcaça. 110f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Ferreira, WM., 1994. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. In: XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais... Maringá: SBZ, p. 85 – 113.

Gonçalves, FM., Anciute, MA., Ribeiro, EM., Lopes, MS., Corrêa, MN., Del Pino, FAB., Montagner, P., Gentili, FP., Rutz, FE., Zanusso, JT., 2010. Níveis séricos de enzimas hepáticas em poedeiras comerciais no pré-pico e pico de produção de ovos. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 38, p. 311-314.

González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Lazaro, R.; Mateos, GG., 2007. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, v.86, p.1705-1715.

González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Gonzalez-Sanchez, D., Lázaro, R.; Mateos, G. G. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science Technologic*. v. 162, p. 37-46.

Hartini, S., Choct, M., Hinch, G., Kocher, A., Nolan, JV., 2002. Effects of light intensity during rearing, beak trimming and dietary fiber sources on mortality, egg production and performance of ISA brown laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*. 11: 104-110.

Hartini, S., Choct, M., 2010. The effect of non-starch polysaccharides derived from different grains of performance and digestive activity in laying hens. *Journal of Indonesian Tropical Animal Agriculture*, v. 35, n. 2, p. 95 – 100.

Hetland, H., Svihus, B., 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *BritishPoultry Science*, v. 42, p. 354–36.

Hetland, H., Svihus, B., Krogdahl, A., 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science*, 44(2), 275–282.doi:10.1080/0007166031000124595

Hetland, H., Choct, M., Svihus, B., 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poult. Sci.* 60: 415-422.

Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, JM., González-Serrano, A., Lázaro, R., Mateos, GG., 2009. Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poult. Sci.*, 88 (12): 2562-2574

Jorgensen, H., Zhao, X., Bach Knudsen, KE., Eggum, OB., 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 75: 379-395.

Józefiak, D., Rutkowski, A., Martin, SA., 2004. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.113, p.1-15.

Krás, RV., 2010. Efeito do nível de fibra da dieta, da linhagem e da idade sobre desempenho, balanço energético e o metabolismo da digesta em frangos de corte. 2010. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Lee, PJW., Gulliver, AL., Morris, TR., 1971. A quantitative analysis of the literature concerning the restricted feeding of growing pullets. *British Poultry Science*, London, v.12, p.413-437.

Mateos, G. G., Jimenez-Moreno, E., Serrano, M. P., Lazaro, R. P., 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21(1), 156–174. doi:10.3382/japr.2011-00477.

Montagne, L., Pluske, J.R., Hampson, DJ., 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.108, p.95-117.

Moran JR., ET., 2006. Anatomy, microbes, and fiber: Small versus Large Intestine. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 15, p. 154 – 160.

Mourinho, FL., 2006. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche. 2006. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Paraná.

Philip, JS., Gilbert, HJ., Smithard, RR., 1995. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. *British Poltry Science*, v.36, p.599-605.

Picoli, KP., 2013. Restrição alimentar e uso de alimentos alternativos na dieta de frangos de corte de crescimento lento. Tese (Doutorado). 2013.140f. Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

Pinheiro, CC., Rego, JCC., Ramos, TA., Silva, BKR., Warpechowski, MB., 2008. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte consumindo dietas formuladas com diferentes níveis de fibra e suplementadas com enzimas exógenas. *Ciência Animal Brasileira*. 9: 984-996.

Rosa, AP., Uttpatel, R., 2007. Uso de enzimas nas dietas para frangos de corte. In: VIII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2007, Chapecó. Anais... Chapecó: Núcleo Oeste de Médicos Veterinários, p. 102 – 115.

Saki, AA., Hematti Matin, HR., Zamani, P., Tabatabai, MM., Vatanchian, M., 2011. Various ratios of pectin to cellulose affect intestinal morphology, DNA quantitation, and performance of broiler chickens. *Livestock Science*, Oxford, v. 139, p. 237–244.

Santos Jr, AA., Ferket, PR., Grimes, JL., Edens, FW., 2004. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. *International Journal of Poultry Science*, v.3, n.1, p.33-45.

Souffrant, WB., 2001. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.90, n. 1, p. 93-102.

Van Soest, PJ., Wine, RH., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Ass. Off. Anal. Chem.* 50: 50- 55.

Warpechowski, MB., 1996. Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de matrizes machos pesados intactos, cecectomizados e fistulados no íleo terminal. Dissertação (Mestrado). 1996. 118f. Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Warpechowski, MB., Ciocca, MLS., 2002. Effect of dietary insoluble fiber on retention of solid and liquid phases of digest of intact, cecectomized and ileum fistulated broiler. In: *Poultry Science Association Meeting, Newark, 2002. Proceedings 91th PSA Meeting.* Abstract 324. Newark: PSA. p.76.

Warpechowski, MB., Pinheiro, CC., Cioca, MLS., 2005. Propriedades físico-químicas da fibra em detergente neutroerentes palhas de trigo. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 3, p. 38 – 41.

Wenk, C., 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.90, n. 1, p. 21-33.

CAPÍTULO I – ARTIGO CIENTÍFICO

Níveis de fibra solúvel e insolúvel para aves de crescimento lento na fase inicial de criação

RESUMO

A criação de frangos de crescimento lento ou “caipiras” tem evoluído nos últimos anos no Brasil. Com isso, têm-se realizadas várias pesquisas com o objetivo de melhorar o aproveitamento nutricional e índices produtivos. Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de fibras solúvel e insolúvel na dieta sobre a produção e desenvolvimento digestivo de frangos de crescimento lento na fase inicial de criação. Utilizou-se 400 pintos, machos da linhagem Isa Label com um dia de idade. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial $2 \times 2 + 1$ (fibra solúvel e insolúvel; nível de inclusão de 2 e 4% da fonte de fibra e um tratamento controle), com oito repetições de 10 aves por parcela. Avaliou-se o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, desenvolvimento digestivo, aproveitamento nutricional das dietas e histomorfometria intestinal. A adição de sabugo de milho nas rações melhorou o ganho de peso e conversão alimentar das aves aos sete e 21 dias de idade. Com relação às características de carcaça, apenas os níveis de gordura abdominal foram positivamente afetados pela inclusão de fibra na dieta. Apesar da inclusão de fibra ter reduzido o comprimento total do trato gastrointestinal, verificou-se que independente da fonte, a adição de fibra à dieta proporcionou maiores pesos relativos de proventrículo+moela, intestino delgado, intestino grosso e fígado. A inclusão de 4% sabugo de milho foi mais efetiva no aumento do peso do proventrículo+moela do que para o desenvolvimento de outros órgãos do trato gastrointestinal como o intestino delgado e pâncreas. Verificou-se que os efeitos positivos da adição de fibra sobre o desenvolvimento intestinal foram mais pronunciados ao utilizar a fonte solúvel (polpa cítrica). O uso de 2% de polpa cítrica na dieta dos pintos de crescimento lento aumentou a altura das vilosidades cecais. Porém, efeitos positivos da adição de sabugo de milho sobre a altura das vilosidades cecais foram verificados quando esta fonte foi incluída em níveis de 4% na dieta. A inclusão de 4% de sabugo de milho na ração melhora o desempenho, metabolização dos nutrientes e desenvolvimento do proventrículo+moela de aves de crescimento lento. Entretanto, a adição polpa cítrica na dieta melhora o desenvolvimento morfológico e histomorfológico do intestino de frangos de crescimento lento na fase inicial de criação.

Palavras – chave: Aves caipiras, Histomorfometria intestinal, PNA's, Polpa cítrica, Sabugo de milho.

Levels of soluble and insoluble fiber for slow-growing birds at the initial stage of breeding

ABSTRACT

The creation of slow-growing chickens or "poultry" has evolved in recent years in Brazil. Several researches have been carried out to improve nutritional utilization and productive indexes. The objective of this study was to evaluate the soluble and insoluble fibers inclusion effect in diet on production and digestive development of slow-growing chickens in the breeding initial phase. A total of 400 male, one-day-old Isa Label males were used. The treatments were distributed in a completely randomized design in a 2 x 2 +1 factorial arrangement (soluble and insoluble fiber, inclusion level of 2 and 4% of the fiber source and a control treatment), with eight replicates of 10 birds per plot. Performance, carcass yield and cuts, digestive development, diets nutritional use and intestinal histomorphometry were evaluated. The corn cob addition in rations improved the birds weight gain and feed conversion at seven and 21 days of age. Regarding the carcass characteristics, only abdominal fat levels were positively affected by fiber inclusion in diet. Although fiber inclusion reduced the overall length of the gastrointestinal tract, it was found that, independently of the source, the fiber addition to diet provided higher relative weights of proventriculus + gizzard, small intestine, large intestine and liver. The 4% corn cob inclusion was more effective in increasing the proventriculus + gizzard weight than for the development of other organs of the gastrointestinal tract such as the small intestine and pancreas. It was found that the positive effects of fiber addition on intestinal development were more pronounced when using the soluble source (citrus pulp). The use of 2% citrus pulp in diet of slow growing chicks increased the cecal villi height. However, positive effects of adding corncob to the cecal villi height were verified when this source was included at 4% levels in diet. The 4% corn inclusion in the ration improves performance, nutrient metabolism and proventriculus + gizzard development of slow growing chickens. However, the citrus pulp addition in diet improves the morphological and intestine histomorphological development of slow - growing chickens in the rearing initial phase.

Key words: Poultry, Intestinal histomorphometry, PNA 's, Citrus pulp, Corncob.

INTRODUÇÃO

Entre os sistemas de produção alternativa de aves destacam-se a produção de frangos e ovos orgânicos assim como, a produção de aves “caipiras”. Para atender as características peculiares destes sistemas recomenda-se a utilização de linhagens de aves de crescimento lento, popularmente conhecidas como frangos “caipiras melhorados”.

As linhagens de crescimento lento possuem desenvolvimento corporal tardio (Santos et al., 2005) e menores exigências nutricionais em comparação com as linhagens convencionais. Pesquisas demonstraram que estas linhagens podem apresentar diferenças no desenvolvimento do sistema digestório e no aproveitamento nutricional dos alimentos em relação ao frango de corte convencional (Santos et al., 2015 a, b). Portanto, para a eficiente criação das linhagens de crescimento lento devem ser estabelecidos manejos nutricionais que atendam suas especificidades.

Pouco se conhece sobre os efeitos do fornecimento precoce de fontes de fibras alimentares para aves de crescimento lento. Experimentos realizados com frangos de corte convencionais demonstraram que as fibras atuam como diluentes dos níveis nutricionais das rações, e pode ocasionar perdas no desempenho das aves (Hetland et al., 2004). Porém, pesquisas recentes destacam os efeitos benéficos da fibra sobre o metabolismo e comportamento animal, com potencial para melhorar a digestibilidade dos nutrientes, dependendo, das propriedades físico-químicas das frações fibrosas, do nível de inclusão, fonte das fibras e idade das aves (González-Alvarado et al., 2010; Mateos et al., 2012; Jiménez-Moreno et al., 2016; Jiménez-Moreno et al., 2019).

Fontes de fibras solúveis como as presentes na polpa cítrica que contém pectinas que possuem a capacidade de aumentar a viscosidade da digesta no trato gastrintestinal e impedir a absorção de nutrientes. Por outro lado, Sadeghi et al. (2015) relatam que aves que consumiram ração com elevados níveis de fibra solúvel (30g/kg) apresentaram hipertrofia muscular intestinal e promoção da imunidade humoral das aves. Da mesma forma, a inclusão de fontes de fibra insolúvel na dieta, como a presente no sabugo de milho pode exercer efeito positivo sobre o desenvolvimento e funcionalidade da moela, aumentando a atividade de maceração e retenção do alimento no órgão (Hetland et al., 2003; Amerah et al., 2008) resultando no acréscimo da superfície de contato dos nutrientes com as secreções gástricas, propiciando maior tempo de ação das enzimas digestivas melhorando a digestibilidade e a absorção dos nutrientes (Mateos et al., 2012).

Dependendo do tipo e teor de fibra (solúvel e insolúvel), idade das aves e qualidade nutricional dos polissacarídeos não amiláceos (PNAs) ingeridos, as fibras podem atuar de formas distintas no metabolismo das aves afetando também o desenvolvimento e a integridade morfofuncional da mucosa do intestino (Brito et al., 2008).

É importante ressaltar que entre as características do sistema de produção de aves “caipiras”, implica-se que as aves de crescimento lento devem ter acesso à área de pastejo, ou seja, ao consumo de alimentos com elevado teor fibroso a partir dos 28 dias de idade (ABNT, 2015).

Dessa forma, considerando os efeitos benéficos que níveis moderados de fibra podem exercer sobre o desenvolvimento do sistema digestório e conseqüentemente desempenho de frangos convencionais, é possível que o fornecimento precoce de diferentes fontes de fibra (solúvel ou insolúvel) torne os animais jovens fisiologicamente mais preparados para o consumo dos alimentos fibrosos e contribuam para a redução dos custos de produção e bem-estar das aves de crescimento lento.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito dos níveis de inclusão de fibras solúvel e insolúvel na dieta de frangos de crescimento lento, sobre o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, desenvolvimento digestivo, aproveitamento nutricional das dietas e histomorfometria intestinal.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e ambiente de criação

Foi conduzido um ensaio experimental com frangos de crescimento lento no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Goiás utilizando 400 pintos, machos da linhagem Isa Label com um dia de idade e peso inicial $41 \text{ g} \pm 0,68 \text{ g}$. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do IFGoiano (CEUA/IFGoiano) sob o protocolo nº 8966250118/2018.

O período experimental foi de 35 dias. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$ (fibra solúvel e insolúvel; nível de inclusão de 2 e 4% da fonte de fibra e um tratamento controle), com oito repetições de 10 aves por repetição. Sabugo de milho foi utilizado como fonte de fibra insolúvel e a polpa cítrica como fibra solúvel. A dieta controle (baixa fibra) foi formulada à base de milho e farelo de soja e as dietas de média e alta fibra compostas pela inclusão de 2 e 4% das fontes de fibra.

A parcela experimental foi constituída por gaiolas metabólicas dispostas em baterias de oito gaiolas em arame galvanizado com dimensões 0,90 m x 0,60 m x 0,40 m, equipadas com comedouros e bebedouros tipo calha, lâmpada halógenas de 70W para aquecimento e bandejas metálicas para coleta de excretas. As aves permaneceram sob iluminação constante (natural e artificial). A temperatura ambiental média registrada durante o período experimental foi de $26^{\circ}\text{C} \pm 3,06$. A água e a ração foram fornecidas *ad libitum* durante todo período experimental. O índice de mortalidade verificado foi de 1,25% para os tratamentos controle, 2% de sabugo de milho e 2% de polpa cítrica, já o tratamento 4% de polpa cítrica foi verificado 2,5% de mortalidade.

Dietas experimentais

As dietas experimentais foram processadas na fábrica de ração do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde – Goiás. As rações isoenergéticas e isonutrientes (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja para atender as demandas nutricionais de frangos de desempenho regular segundo Rostagno et al. (2011), por não ter na literatura exigências nutricionais para frangos de crescimento lento.

A composição nutricional determinada da polpa cítrica e sabugo de milho utilizados nesta pesquisa foi a seguinte: matéria seca 91,62 e 95,30%, proteína bruta 7,29 e 2,59%, matéria mineral 3,04 e 1,93%, extrato etéreo 2,12 e 0,46%, fibra em detergente neutro 18,28 e 80,29%, fibra em detergente ácido 12,37 e 39,45%, respectivamente.

Tabela 1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais de 1 a 35 dias de idade.

Ingredientes (Kg)	Controle	Polpa Cítrica		Sabugo de milho	
		2%	4%	2%	4%
Milho grão (7,86%)	65,5556	62,0119	58,4385	61,6019	58,2000
Farelo de soja (45%)	25,4182	25,7164	26,0200	26,0229	26,0934
Glúten 60%	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000	4,5000
Polpa cítrica	0,0000	2,0000	4,0000	0,0000	0,0000
Sabugo de milho	0,0000	0,0000	0,0000	2,0000	4,0000
Fosfato bicálcico	1,5631	1,5714	1,5807	1,5689	1,5800
Calcário	0,9905	0,9605	0,9600	0,9521	0,9410
Núcleo*	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500
Sal comum	0,4657	0,4667	0,4665	0,4663	0,4664
L-Lisina HCL	0,4268	0,4278	0,4259	0,4164	0,4227
DL-Metionina	0,2461	0,2526	0,2609	0,2501	0,2600
L-Treonina	0,0840	0,0906	0,0976	0,0863	0,0962

Óleo de soja	0,0000	1,2522	2,5000	1,3851	2,5098
L-Triptofano	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1805
Níveis nutricionais calculados					
EMAn (Mcal/Kg)	2,9800	2,9800	2,9800	2,9800	2,9800
Proteína bruta (%)	20,0000	20,0000	20,0000	20,0000	20,0000
Lisina digestível (%)	1,1410	1,1410	1,1410	1,1410	1,1410
Metionina+cistina digestível (%)	0,8220	0,8220	0,8220	0,8220	0,8220
Metionina digestível (%)	0,4450	0,4450	0,4450	0,4450	0,4450
Treonina digestível (%)	0,7420	0,7420	0,7420	0,7420	0,7420
Triptofano digestível (%)	0,1940	0,1940	0,1940	0,1940	0,1940
Cálcio (%)	0,8600	0,8600	0,8600	0,8600	0,8600
Fósforo disponível (%)	0,3840	0,3840	0,3840	0,3840	0,3840
Sódio (%)	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100

*Prémix (Níveis mínimos de garantia): Manganês 933 mg/Kg - Zinco 7333 mg/Kg - Cobre 3343 mg/Kg - Ferro 9550 mg/Kg - Iodo 160 mg/Kg - Selênio 45 mg/Kg - Vitamina A 1000000 U.I./Kg - Vitamina D3 200000 U.I./Kg - Vitamina E 2000 U.I./Kg - Vitamina K3 320 mg/Kg - Vitamina B1 200 mg/Kg - Vitamina B2 640 mg/Kg - Vitamina B3 4000 mg/Kg - Vitamina B5 2000 mg/Kg - Vitamina B6 300 mg/Kg - Vitamina B12 2400 mcg/Kg - Vitamina C 10,6 g/Kg - Ac. Fólico 100 mg/Kg - Botina 13,3 mg/Kg - Colina 45,2 g/Kg - Metionina 295 g/Kg - Etoxiquin 500 mg/Kg - BHA 400 mg/Kg - Bacillus Subtillis 2x10e10 UFC/Kg - Monensina 16 g/Kg.

Avaliação do desempenho

Foram avaliados os seguintes índices zootécnicos: consumo de ração, conversão alimentar, ganho de peso aos 7, 14, 21, 28 dias de idade. Para correção do índice de conversão alimentar, a data e o número de mortes foram registrados (Sakomura e Rostagno, 2016).

Aos 35 dias de idade, uma ave por tratamento e repetição experimental foi abatida por deslocamento cervical. Foi mensurado o rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa) e percentual de gordura abdominal.

Avaliação do aproveitamento nutricional

Para a determinação do coeficiente de metabolização aparente da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro das rações experimentais foi utilizado o método de coleta total de excretas nas idades dos 10 aos 13 e 32 aos 35 dias de idade. Foi mensurado o consumo de ração e a produção total de excretas neste período e sob cada gaiola foi instalada uma bandeja de alumínio coberta com plástico para o recebimento das excretas que foram coletadas às 8h e 15h em cada dia, acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados por repetição e congeladas para posterior análise de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro segundo Silva e Queiroz (2002).

Morfometria de órgãos digestórios e histomorfometria intestinal

Para avaliar a morfometria gastrointestinal, histomorfometria intestinal aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade uma ave com peso próximo à média obtida por tratamento e repetição foi abatida por deslocamento cervical e eviscerada.

Para avaliar a morfometria gastrointestinal foram feitas medições dos órgãos digestivos (comprimento total TGI, peso proventrículo+moela, intestino delgado e grosso, fígado e pâncreas)

Os segmentos do duodeno e ceco com aproximadamente 4,0 cm de comprimento foram cuidadosamente coletados para a análise histomorfométrica. Os segmentos foram lavados em água destilada, identificados, armazenados em solução de formol tamponado por 24 horas e, em seguida mantidos em álcool 70%, até a confecção das lâminas.

Para a montagem das lâminas, os cortes intestinais foram desidratados em série crescente de etanol, diafanizados em xilol e incluídos em parafina. Posteriormente realizados cortes multisseriados de 5µm de espessura, destes foram escolhidos seis cortes de cada segmento, que foram dispostos em lâmina de vidro, corados em hematoxilina-eosina e cobertos com lamínula de vidro e bálsamo do Canadá.

As análises morfométricas da mucosa intestinal foram feitas pelas imagens obtidas em aumento de 4x com o auxílio de um microscópio óptico e digitalizadas em um *software* Image Pro Plus® para análise de imagens. As variáveis estudadas foram altura das vilosidades intestinais (VI), profundidade de criptas (CR) (30 leituras por lâminas de cada animal) e a relação vilo/cripta (VI/CR).

Análise de dados

Foram realizadas as análises de normalidade utilizando os testes de Shapiro-Wilk respectivamente. Para retirada de dados dispersantes, utilizou-se o teste de Boxplot, em seguida os dados foram submetidos à análise de variância. A comparação entre o tratamento controle e as dietas com diferentes fontes e níveis de fibra foram realizados utilizando do teste F para contrastes ortogonais a 5% de probabilidade. Para a comparação dos dados obtidos de fatores qualitativos (níveis e fontes de fibra) foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram avaliados, utilizando como ferramenta estatística o software livre R-Project.

RESULTADOS

Desempenho, rendimento de carcaça e cortes

De maneira geral, o desempenho semanal das aves alimentadas com as diferentes fontes e níveis de fibra foram semelhantes ao obtido com animais que consumiram a dieta controle, exceto consumo de ração aos sete dias e conversão alimentar aos 21 dias de idade que foram piores para as aves que consumiram dietas com diferentes fontes e níveis de fibra (Tabela 2).

O uso de sabugo de milho como fonte de fibra melhorou o PM das aves aos sete e a CA dos frangos aos 21 dias de idade em 8,3 e 10,2%, respectivamente.

Não houve interação significativa ($p>0,05$) para fontes e níveis de fibra para nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas, exceto para ganho de peso e conversão alimentar das aves aos sete dias de idade. Com o desdobramento da interação (Fonte x Níveis de fibra) na Tabela 3, nota-se GP e CA similares para aves que consumiram ração com 2% de inclusão de sabugo de milho ou polpa cítrica. Porém, a adição de 4% de fibra proveniente da polpa cítrica resultou na redução do GP em 14,3% e piora na CA de 9,9% em relação às aves que consumiram dietas contendo sabugo de milho.

Tabela 2. Consumo (de ração (CR), ganho de peso (GP), peso médio (PM) e conversão alimentar CA) de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).

Controle vs Tratamento s	P. Cítrica		S. Milho		DPM ¹	Fontes de Fibra		Níveis de Fibra		
	Controle	2%	4%	2%		4%	PC	SB	2%	4%
7 dias de idade										
CR(Kg)*	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,008	0,11	0,11	0,11	0,11
GP (Kg)	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,002	0,07 b	0,08 a	0,08	0,08
PM (Kg)	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,002	0,11 b	0,12 a	0,12	0,12
CA (Kg)	1,38	1,35	1,44	1,35	1,31	0,024	1,39 a	1,33 b	1,35	1,37
14 dias de idade										
CR (Kg)	0,27	0,27	0,26	0,27	0,27	0,005	0,26	0,27	0,27	0,26
GP (Kg)	0,22	0,22	0,20	0,21	0,22	0,006	0,21	0,21	0,22	0,21
PM (Kg)	0,26	0,26	0,24	0,25	0,26	0,006	0,25	0,26	0,26	0,25
CA (Kg)	1,25	1,22	1,24	1,25	1,22	0,019	1,23	1,24	1,23	1,23
21 dias de idade										
CR (Kg)	0,47	0,45	0,43	0,47	0,47	0,017	0,72	0,70	0,71	0,72
GP (Kg)	0,47	0,45	0,43	0,46	0,47	0,011	0,44	0,46	0,46	0,45
PM (Kg)	0,51	0,50	0,47	0,50	0,51	0,011	0,48	0,50	0,50	0,49
CA (Kg)*	1,44	1,61	1,71	1,49	1,49	0,048	1,66 a	1,49 b	1,55	1,60
28 dias de idade										
CR (Kg)	1,38	1,38	1,37	1,35	1,38	0,013	1,38	1,37	1,37	1,37
GP (Kg)	0,79	0,76	0,73	0,76	0,78	0,023	0,74	0,77	0,76	0,75

PM (Kg)	0,83	0,80	0,77	0,81	0,82	0,023	0,78	0,81	0,80	0,79
CA (Kg)	1,72	1,81	1,84	1,74	1,79	0,039	1,83	1,77	1,78	1,82
35 dias de idade										
CR (Kg)	2,31	2,28	2,29	2,29	2,31	0,023	2,29	2,30	2,29	2,30
GP (Kg)	1,15	1,14	1,08	1,11	1,17	0,033	1,11	1,14	1,13	1,12
PM (Kg)	1,19	1,18	1,12	1,15	1,21	0,033	1,15	1,18	1,17	1,16
CA (Kg)	2,02	2,09	2,04	2,04	2,00	0,043	2,07	2,02	2,07	2,02

*Contraste significativo a 5% de probabilidade entre tratamento controle vs adição de fontes e níveis de fibra.

¹Desvio Padrão da Média. Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Tabela 3. Desdobramento da interação para ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) aos 7 dias de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos.

Nível	GP 7 dias		CA 7 dias	
	Polpa cítrica	Sabugo	Polpa cítrica	Sabugo
2%	0,079 Aa	0,081 Aa	1,35 Ab	1,35 Aa
4%	0,072 Bb	0,084 Aa	1,44 Ba	1,31 Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O rendimento de carcaça e dos cortes das aves alimentadas com diferentes fontes e níveis de fibra foram semelhantes ao obtido com animais que consumiram a dieta controle, porém, a inclusão de fibra na dieta resultou na redução da gordura abdominal em 25,2%. Não houve interação significativa ($p > 0,05$) para fontes e níveis de fibra para nenhuma das variáveis de carcaça avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).

Rendimento (%)	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa	Gordura abdominal*
Controle vs Fontes e Níveis de Fibra					
Controle	69,55	18,82	11,40	10,94	1,62
P. Cítrica 2%	70,28	19,14	11,49	10,44	1,47
P. Cítrica 4%	70,14	19,47	11,41	10,49	1,24
S. Milho 2%	69,75	18,41	11,16	10,15	1,19
S. Milho 4%	71,08	18,80	11,33	11,19	0,96
DPM ¹	0,672	0,354	0,202	0,291	0,154
Fontes de Fibra					
P. Cítrica	70,21	19,30	11,47	10,47	1,36
S. Milho	70,42	18,60	11,24	10,67	1,07
Níveis de Fibra					
2%	70,02	18,78	11,32	10,30	1,33

4% 70,61 19,13 11,39 10,84 1,10

*Contraste significativo a 5% de probabilidade entre tratamento controle vs adição de fontes e níveis de fibra.

¹Desvio Padrão da Média.

Metabolização Aparente de nutrientes

O coeficiente de metabolização aparente (CMA) dos nutrientes obtidos com aves alimentadas com diferentes fontes e níveis de fibra foi semelhante ao obtido com animais que consumiram a dieta controle, exceto o CMA da MS dos 10 aos 13 dias de idade que reduziu em 2,62% com a inclusão de fibra na dieta (Tabela 5).

As aves que consumiram dietas contendo sabugo de milho resultaram em maior CMA da PB dos 10 aos 13 dias de idade e menor CMA da FDN dos 32 aos 35 dias de idade. Maior CMA da MS foi obtida pelos pintos que consumiram dieta com 2% de fibra, independente da fonte utilizada.

Não houve interação para o coeficiente de metabolização aparente dos nutrientes das rações avaliadas ($p > 0,05$), exceto para a FDN no período de 10-13 dias (Tabela 5). Ao desdobrar a interação nota-se que sob o nível de 2% de inclusão de sabugo de milho e polpa cítrica o CMA da FDN são similares. Porém, a adição de 4% de fibra proveniente do sabugo de milho resultou no aumento do CMA da FDN em 4,75% em relação às dietas contendo polpa cítrica. Ao comparar os níveis de inclusão da polpa cítrica, observou-se que a adição de 2% de fibra na dieta resultou em maior CDA da FDN, já os níveis de inclusão de sabugo de milho foram semelhantes (Tabela 6).

Tabela 5. Coeficiente de metabolizabilidade (%) da matéria seca (CMAMS), proteína bruta (CMAPB) e fibra em detergente neutro (CMAFDN) para frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).

	Coeficientes de metabolização aparente (CMA, %)					
	MS *	PB	FDN	MS	PB	FDN
	Controle vs Fontes e Níveis de Fibra					
	10-13 dias de idade			32-35 dias de idade		
Controle vs Fontes e Níveis de Fibra						
Controle	74,09	54,27	82,32	84,74	74,70	35,99
P. Cítrica 2%	72,78	45,56	83,31	85,43	72,97	40,56
P. Cítrica 4%	71,17	50,04	80,53	84,47	70,61	37,17
S. Milho 2%	73,01	58,82	82,11	84,59	78,95	34,16
S. Milho 4%	71,64	56,64	84,36	84,01	73,09	34,99
DPM ¹	0,520	2,806	0,956	0,601	2,351	2,758

Fontes de Fibra						
P. Cítrica	71,98	47,80 b	81,92	84,98	71,77	39,80 a
S. Milho	72,33	57,73 a	83,24	84,32	75,75	34,01 b
Níveis de Fibra						
2%	72,90 a	52,19	82,71	85,01	75,96	37,36
4%	71,41 b	53,34	82,45	84,24	71,85	36,08

*Contraste significativo a 5% de probabilidade entre tratamento controle vs adição de fontes e níveis de fibra.
¹Desvio Padrão da Média. Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Tabela 6. Desdobramento da interação para fibra em detergente neutro (FDN) para frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (10 a 13 dias de idade).

Nível	CMAFDN (%)	
	Polpa cítrica	Sabugo
2%	83,31 Aa	82,11Aa
4%	80,53 Bb	84,36 Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Morfometria do trato gastrintestinal

A adição de diferentes fontes e níveis de fibra na ração proporcionou aumento do peso relativo do proventrículo + moela em todas as semanas de criação, intestino delgado (14, 21 e 28 dias), intestino grosso (14 dias) e fígado (28 dias), enquanto a alimentação dos animais com a dieta controle resultou em aumento do comprimento do trato gastrintestinal (sete dias) e peso do fígado (14 dias) (Tabela 7).

O uso de sabugo de milho como fonte de fibra insolúvel resultou em maior % de P + M em todas as idades avaliadas. Porém, a inclusão desta fonte de fibra resultou em menor peso relativo do fígado (14 dias de idade), intestino delgado (21, 28 e 35 dias de idade) e intestino grosso (28 e 35 dias de idade). Com exceção para o peso relativo do intestino grosso aos 14 dias e fígado aos 14 e 28 dias de idade, observou-se que a inclusão de 4% de fibra na dieta resultou em maior P+M aos sete e ID aos 28 dias de idade.

Em relação ao peso relativo dos órgãos, houve interação significativa ($p > 0,05$) para proventrículo + moela e pâncreas (sete dias), intestino delgado e fígado (14 dias), intestino delgado (21 dias) e intestino delgado, grosso e pâncreas (28 dias) (Tabela 7). Ao desdobrar a interação (Fonte x Níveis de fibra) verifica-se que não há diferenças no desenvolvimento dos órgãos supracitados no nível de 2% de inclusão, independente da fonte de fibra utilizada. Entretanto, a inclusão de 4% de polpa cítrica ou sabugo de milho proporcionou resultados

com comportamentos distintos nas diferentes idades de avaliação. A inclusão de 4% de PC resultou em maior percentual de ID aos 14, 21 e 28 dias de idade e IG (28 dias de idade) enquanto, maiores valores de P +M (sete dias de idade) e menores percentuais de pâncreas (sete e 28 dias de idade), ID e fígado (14 dias de idade) foram verificados nos animais que consumiram rações contendo 4% de sabugo de milho (Tabela 8).

Tabela 7. Comprimento do trato gastrintestinal (CTGI), peso proventrículo+moela (P+M), peso intestino delgado (ID), peso intestino grosso (IG), peso pâncreas (PA) e peso fígado (FI) de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).

Controle vs Tratamentos	P. Cítrica		S. Milho		DPM ¹	Fontes de Fibra		Níveis de Fibra		
	Controle	2%	4%	2%		4%	PC	SB	2%	4%
7 dias de idade										
CTGI (cm)*	93,57	85,57	88,86	83,29	84,29	2,96	87,21	83,79	84,43	86,57
P+M (%)*	7,94	8,36	8,37	8,69	10,30	0,36	8,36 b	9,50 a	8,52 b	9,33 a
ID (%)	8,10	7,85	7,69	7,59	7,31	0,39	7,77	7,45	7,72	7,50
IG (%)	1,26	1,52	1,49	1,76	1,15	0,18	1,51	1,45	1,64	1,32
PA (%)	0,23	0,25	0,27	0,26	0,21	0,01	0,26	0,24	0,26	0,24
FI (%)	4,33	4,27	3,83	3,86	4,10	0,23	4,05	3,98	4,07	3,96
14 dias de idade										
CTGI (cm)	105,83	107,17	110,00	99,17	98,17	2,37	108,58a	98,67b	103,17	104,08
P+M (%)*	5,58	5,86	5,80	6,80	6,78	0,27	5,78 b	6,75 a	6,26	6,28
ID (%)*	4,86	5,57	6,22	5,17	4,77	0,18	5,89 a	4,97 b	5,37	5,49
IG (%)*	0,93	1,30	1,22	1,40	1,05	0,07	1,26	1,22	1,35 a	1,13 b
PA (%)	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,01	0,23	0,23	0,23	0,23
FI (%)*	3,01	3,48	3,28	3,10	1,02	0,10	3,38 a	2,06 b	3,29 a	2,15 b
21 dias de idade										
CTGI (cm)	115,00	113,00	120,25	118,00	118,75	2,99	116,63	118,38	115,50	119,50
P+M (%)*	4,47	4,55	5,10	5,87	5,86	0,20	4,82 b	5,87 a	5,21	5,48
ID (%)*	3,62	4,01	4,52	3,83	3,70	0,15	4,26 a	3,77 b	3,92	4,11
IG (%)	0,90	0,77	0,85	0,81	0,83	0,04	0,81	0,82	0,79	0,84
PA (%)	0,33	0,33	0,33	0,35	0,29	0,03	0,33	0,32	0,34	0,31
FI (%)	2,73	2,76	2,68	2,56	2,59	0,10	2,72	2,58	2,66	2,64
28 dias de idade										
CTGI (cm)	136,25	136,88	140,75	137,38	129,88	3,24	138,81	133,63	137,13	135,31
P+M (%)*	4,07	4,21	4,61	5,24	5,18	0,19	4,41 b	5,21 a	4,72	4,89
ID (%)*	3,39	3,45	4,92	3,87	3,09	0,12	4,18 a	3,48 b	3,66 b	4,01 a
IG (%)	0,81	0,90	1,07	0,94	0,79	0,06	0,99 a	0,87 b	0,92	0,93
PA (%)	0,28	0,25	0,30	0,30	0,22	0,02	0,28	0,26	0,27	0,26
FI (%)*	2,22	2,45	2,41	2,48	2,22	0,07	2,43	2,35	2,47 a	2,32 b
35 dias de idade										
CTGI (cm)	138,88	134,38	140,38	141,25	141,13	3,99	137,38	141,19	137,81	140,75
P+M (%)*	3,56	3,70	3,62	4,37	4,52	0,17	3,66 b	4,45 a	4,04	4,07
ID (%)	2,51	2,64	2,91	2,48	312,54	0,10	2,78 a	2,47 b	2,56	2,69
IG (%)	0,75	0,74	0,69	0,61	0,66	0,03	0,71 a	0,64 b	0,67	0,68

PA (%)	0,23	0,19	0,21	0,18	0,19	0,02	0,20	0,19	0,19	0,20
FI (%)	1,85	1,85	1,96	1,90	1,82	0,09	1,90	1,86	1,87	1,89

*Contraste significativo a 5% de probabilidade entre tratamento controle vs adição de fontes e níveis de fibra.

¹Desvio Padrão da Média. Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Tabela 8. Desdobramento da interação para peso proventrículo + moela (sete dias), pâncreas (sete e 14 dias), intestino delgado (14, 21 e 28 dias), fígado (14 dias) e intestino grosso (28 dias) de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação.

Nível	Proventrículo+Moela		Pâncreas		Intestino Delgado		Fígado	
	7 dias de idade				14 dias de idade			
	P. Cítrica	S. Milho	P. Cítrica	S. Milho	P. Cítrica	S. Milho	P. Cítrica	S. Milho
2%	8,36 Aa	8,69 Ab	0,25 Aa	0,26 Aa	5,57 Ab	5,17 Aa	3,48 Aa	3,10 Aa
4%	8,37 Ba	10,30 Aa	0,27 Aa	0,21 Bb	6,22 Aa	4,77 Bb	3,28 Aa	1,02 Bb
Nível	Intestino Delgado		Intestino Delgado		Intestino Grosso		Pâncreas	
	21 dias de idade		28 dias de idade		28 dias de idade			
	P. Cítrica	S. Milho	P. Cítrica	S. Milho	P. Cítrica	S. Milho	P. Cítrica	S. Milho
2%	4,01 Ab	3,83 Aa	3,45 Ab	3,87 Aa	0,90 Ab	0,94 Aa	0,25 Aa	0,29 Aa
4%	4,52 Aa	3,70 Ba	4,92 Aa	3,09 Bb	1,07 Aa	0,79 Ba	0,31 Aa	0,23 Bb

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. P+M: proventrículo + moela; PA: pâncreas; ID: intestino delgado; FI: fígado; IG: intestino grosso; P. Cítrica: polpa cítrica; S. Milho: sabugo de milho.

Histomorfometria intestinal

A histomorfometria do duodeno das aves alimentadas com diferentes fontes e níveis de fibra foram semelhantes ao obtido com animais que consumiram a dieta controle, porém houve redução na relação vilos:cripta aos sete dias de idade e aumento da profundidade da cripta aos 14 dias em 15,54% com a inclusão de fibra na dieta (Tabela 9).

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) para histomorfometria do duodeno (Tabela 9). Porém, aos 35 dias de idade maiores alturas de vilos foram mensuradas nas aves que consumiram rações contendo polpa cítrica. Também, aos sete e 35 dias de idade, verificou-se que a inclusão na ração com polpa cítrica resultou em maior relação vilos:cripta. Por outro lado, maior profundidade de cripta foi obtida pelos animais que consumiram sabugo de milho aos sete dias de idade. Independente da fonte avaliada, o nível de inclusão de 4% proporcionou maior altura de vilos aos 28 dias de idade (Tabela 9).

Os dados semanais da histomorfometria do ceco das aves alimentadas com diferentes fontes e níveis de fibra foram semelhantes ao obtido com animais que consumiram a dieta controle, exceto a relação vilos:cripta das aves aos 28 dias de idade que foi negativamente afetada pela inclusão de fibra na dieta (Tabela 10).

Houve interação ($p < 0,05$) para fontes e níveis de fibra apenas para altura de vilo aos 21 e 28 dias e profundidade de cripta aos 21 dias de idade (Tabela 11). Nota-se que conforme verificado para as variáveis de desempenho e morfometria do TGI sob o nível de 2% de inclusão, de polpa cítrica ou sabugo de milho, a altura das vilosidades cecais são similares aos 21 dias de idade. Porém, aos 28 dias de idade das aves, o uso de 2% de polpa cítrica na dieta resultou em aumento de 24,48% na altura das vilosidades cecais em relação às aves que consumiram dietas contendo sabugo de milho.

A adição de 4% de fibra proveniente do sabugo de milho resultou no aumento das vilosidades em 22,50% e 16,25%, respectivamente aos 21 e 28 dias de idade, em relação às aves que consumiram dietas contendo 4% de polpa cítrica. (Tabela 11).

Tabela 9. Altura de vilo (V, μm), profundidade de cripta (C, μm) e relação vilo:cripta (V/L) do duodeno de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).

	V, μm	C, μm	V/C*	V, μm	C, μm *	V/C	V, μm	C, μm	V/C	V, μm	C, μm	V/C	V, μm	C, μm	V/C
Controle vs Fontes e Níveis de Fibra															
Dias de idade	7 dias			14 dias			21 dias			28 dias			35 dias		
Controle	715,00	147,45	5,12	888,28	139,02	6,28	976,26	183,55	5,32	981,48	195,09	4,88	845,26	170,12	4,85
P. Cítrica 2%	741,35	147,39	5,13	962,98	170,71	5,60	1016,53	212,71	4,85	900,62	197,13	4,44	947,47	194,33	5,10
P. Cítrica 4%	656,75	149,17	4,54	982,84	164,03	5,85	985,69	193,42	5,19	1113,86	210,69	5,11	1154,23	191,21	5,40
S. Milho 2%	706,09	171,12	3,89	958,33	154,70	5,83	964,15	190,37	5,13	993,44	201,22	4,79	881,57	186,70	4,84
S. Milho 4%	692,28	169,17	3,86	987,50	153,07	6,49	963,72	196,52	4,98	1096,99	214,85	5,16	869,16	179,39	4,80
DPM ¹	34,29	8,40	0,21	43,58	7,86	0,44	48,73	10,43	0,28	60,97	13,37	0,29	42,11	9,22	0,21
Fontes de Fibra															
P. Cítrica	699,06	148,28 b	4,84a	972,91	167,37	5,73	1001,11	203,07	5,02	1007,24	203,91	4,78	977,93 a	192,77	5,25 a
S. Milho	699,19	170,15 a	3,88b	972,92	153,88	6,16	963,93	193,45	5,06	1045,21	208,04	4,98	881,61 b	183,04	4,82 b
Níveis de Fibra															
2%	723,73	159,26	4,51	960,66	162,70	5,71	990,34	201,54	4,99	947,03 b	199,18	4,62	914,52	190,51	4,97
4%	674,52	159,17	4,20	985,17	158,55	6,17	974,71	194,97	5,08	1105,42 a	212,77	5,14	945,03	185,30	5,10

* Médias do controle e tratamentos diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade. ¹Desvio Padrão da Média. Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Tabela 10. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm) e relação vilo:cripta (V/C) do ceco de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação (1 a 35 dias de idade).

	V, μm	C, μm	V/C	V, μm	C, μm	V/C	V, μm	C, μm	V/C	V, μm	C, μm	V/C*	V, μm	C, μm	V/C
Controle vs Fontes e Níveis de Fibra															
Dias de idade	7 dias			14 dias			21 dias			28 dias			35 dias		
Controle	186,63	51,22	3,66	158,48	64,14	2,55	219,64	71,37	3,10	226,13	59,50	4,01	232,10	56,73	4,20
P. Cítrica 2%	190,40	60,77	3,43	144,14	64,47	2,26	238,33	71,98	3,14	240,98	64,72	3,63	220,07	54,06	4,10
P. Cítrica 4%	196,25	65,11	3,06	156,65	60,92	3,03	212,64	66,26	3,26	221,91	62,13	3,71	212,35	57,48	3,75
S. Milho 2%	166,62	58,51	2,89	173,19	62,74	3,11	243,66	64,18	3,81	193,58	60,78	3,35	231,43	57,46	4,08
S. Milho 4%	169,48	48,03	3,53	187,74	66,07	2,86	260,49	73,35	3,60	257,96	59,44	3,96	218,90	59,59	3,70
DPM ¹	12,78	4,61	0,25	9,58	3,80	0,29	9,60	3,65	0,23	10,34	2,38	0,13	10,94	2,42	0,31
Fontes de Fibra															
P. Cítrica	193,32	62,94 a	3,24	150,40 b	62,69	2,64	225,49 b	69,12	3,71 a	231,44	63,43	3,67	216,21	55,77	3,73
S. Milho	168,05	53,27 b	3,21	180,47 a	64,40	2,98	252,07 a	68,77	3,20 b	225,77	60,11	3,66	225,16	58,53	3,89
Níveis de Fibra															
2%	178,51	59,64	3,16	158,66	63,61	2,68	241,00	68,08	3,48	217,28 b	62,75	3,49 b	225,75	55,76	3,90
4%	182,87	56,57	3,29	172,20	63,49	2,94	236,57	69,81	3,43	239,93 a	60,79	3,84 a	215,62	58,54	3,73

* Médias do controle e tratamentos diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade. ¹Desvio Padrão da Média. Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Tabela 11. Desdobramento da interação para vilo aos 21 dias e 28 dias de idade do ceco de frangos de crescimento lento alimentados com polpa cítrica e sabugo de milho com níveis distintos na fase inicial de criação.

Nível	Vilo 21 dias		Cripta 21 dias		Vilo 28 dias	
	Polpa cítrica	Sabugo	Polpa cítrica	Sabugo	Polpa cítrica	Sabugo
2%	238,33 Aa	243,66 Aa	71,98 Aa	64,18 Aa	240,98 Aa	193,58 Bb
4%	212,64 Ba	260,49 Aa	66,26 Aa	73,35 Aa	221,909 Ba	257,98 Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

DISCUSSÃO

A inclusão de fibra na dieta afetou o desempenho de frangos de crescimento lento, mas os efeitos dependeram da fonte de fibra, nível e do período considerado.

Conforme observado a adição de sabugo de milho nas rações melhorou o GP e CA das aves aos 7 e 21 dias de idade, respectivamente. A fibra alimentar tem sido considerada como um diluente ou como um fator antinutricional nas dietas de aves (Gonzalez-Alvarado et al., 2010), porém a inclusão de quantidades moderadas de fibra pode ter efeito positivo no ganho de peso de frangos de corte, viscosidade da digesta, digestibilidade melhorada do amido e conversão alimentar das aves (Hetland e Svihus, 2001; Hetland et al., 2003; Shakouri et al., 2006; Mateos et al. 2012; Kheravii et al. 2016).

Efeitos sobre o desempenho de frangos convencionais semelhantes aos obtidos com aves de crescimento lento nesta pesquisa foram observados na literatura, em que ingestão de rações contendo níveis moderados (valores variando entre 20 a 50g/kg) de fibra insolúvel, provenientes da casca de aveia, casca de soja, casca de girassol ou aparas de madeira também proporcionaram melhorias no ganho de peso dos pintos de corte na fase inicial de criação (González-Alvarado et al., 2007; González-Alvarado et al., 2010; Guzman et al., 2013; Jimenez-Moreno et al., 2016;). Incrementos na conversão alimentar pela inclusão de fibra insolúvel na dieta também foram observados por Gonzalez-Alvarado et al., (2007); Amerah et al., (2009); Guzman et al., (2013); Jimenez-Alvarado et al., (2013).

Segundo os autores, a explicação para que fontes de fibra insolúvel melhorem o GP e CA de pintos na fase inicial de criação podem ser atribuídos ao fato que ao diluir a dieta com fibra, os animais tendem a aumentar o consumo de ração, que por sua vez, é refletido no aumento do peso do animal (Guzman et al., 2013; Jimenez-Alvarado et al., 2013). Também, em outra hipótese, sugere-se que as aves são capazes de manter o ganho de peso normal quando alimentadas com dietas diluídas com fibra insolúvel pelo aumento da capacidade de

digestão e/ou tempo de passagem da digesta pelo sistema digestivo (Hetland e Svihus, 2001). No entanto, variações na taxa de passagem dependem não somente do tipo, mas também do tamanho da partícula da fibra, uma vez que, partículas mais finas aumentam a taxa de passagem e partículas grossas acumulam-se na moela decrescendo a taxa de passagem (Hetland et al., 2004). Consequentemente, o maior consumo de ração pelas aves pode ser pelo esvaziamento intestinal mais rápido (Shakouri et al., 2006). Porém, neste trabalho verificou-se que a inclusão de sabugo de milho não afetou o consumo de ração em nenhum dos períodos avaliados. Dessa forma, reforça-se a teoria de que melhoria na conversão alimentar dos pintos alimentados com rações contendo esta fonte de fibra possa ter sido causada pelos incrementos no aproveitamento nutricional da dieta, conforme observado para o CMA da PB ou FDN.

Os efeitos da fibra alimentar sobre o aproveitamento nutricional de aves ainda é um tema controverso. Iji et al. (2001) e Opalinski et al., (2006), afirmam que a inclusão de fibras solúveis e insolúveis, tornam a digestão do alimento um grande desafio nutricional para as aves, que irão consumir mais ração e ter baixo aproveitamento nutricional. Isso acontece pela hidratação dos polissacarídeos não amiláceos que eleva a viscosidade da digesta e impede a digestibilidade dos nutrientes por meio das enzimas, reduzindo a absorção dos nutrientes ao longo do trato digestivo.

Entretanto, a ingestão de rações contendo fibra insolúvel (casca de aveia) em 25g/kg também proporcionou maior digestibilidade da proteína bruta dos pintos de corte (Jimenez-Moreno et al., 2013). Segundo Jimenez-Moreno et al., (2011) o aumento do CDA dos nutrientes observados com a inclusão de quantidades moderadas de fibra insolúvel é relacionado com a melhoria na função moela e na estrutura do mucosa do intestino delgado.

Os resultados obtidos reforçam que o uso de fibra insolúvel (sabugo de milho) contribui mais positivamente para melhoria da digestibilidade nutricional para os pintos de crescimento lento do que as fontes solúveis (polpa cítrica). Corroborando com o observado neste estudo, Jimenez-Moreno et al., (2013) demonstraram que a inclusão de fibra solúvel proveniente da polpa de beterraba na ração reduziu o CMA da MS, em comparação com a dieta controle.

Embora os níveis e fontes de fibra tenham afetado o peso relativo dos órgãos digestórios, com relação às características de carcaça, apenas os níveis de gordura abdominal foram positivamente afetados. Segundo Freitas et al., (2014) a deposição de gordura é diretamente proporcional com a quantidade de energia para síntese e, portanto, para maximizar a deposição diária de proteína e minimizar a deposição de gordura é necessário evitar a ingestão excessiva de energia.

Por outro lado, é relatado que o aumento da fração de fibra alimentar pode diminuir a utilização de nutrientes, e, conseqüentemente, reduzir a energia metabolizável da ração, diminuindo a taxa de crescimento das aves (Bedfor, 1995). Não foi verificado aos 35 dias de idade, redução do peso corporal que justificassem a menor deposição de gordura abdominal nas aves alimentadas com a inclusão de diferentes fontes e níveis de fibra. Porém, é importante ressaltar que as aves de crescimento lento, apresentam menor exigência energética em relação aos frangos convencionais (Mendonça et al., 2008) e desta forma, mesmo que as dietas com inclusão de fibra possam ter proporcionado redução da energia disponível da ração, a quantidade fornecida foi suficiente para manter o desempenho do animal sem onerar a gordura abdominal. Vale ressaltar que, o mercado consumidor de aves de crescimento lento exige carcaças com teor de gordura reduzido e, portanto, a inclusão de fibra na ração pode ser alternativa nutricional para diminuir o conteúdo de gordura na carcaça, sem afetar o desempenho da ave.

Os efeitos da fibra sobre o desenvolvimento do trato gastrintestinal variaram com o tipo e nível de fibra. Apesar da inclusão de fibra ter reduzido o comprimento total do TGI em relação ao obtido com animais alimentados com a dieta controle, verificou-se que independente da fonte, a adição de fibra à dieta proporcionou maiores pesos relativos de P+M, ID, IG e fígado. Gonzáles-Alvarado et al. (2007) descreveram aumento do tamanho do intestino com a utilização de fibra casca de girassol na ração. De acordo com os pesquisadores, isso ocorre pela maior atividade desse órgão induzida por presença de fibra, na tentativa de melhorar a digestão e absorção da dieta com alta viscosidade e conseqüente, desenvolvimento do órgão.

Freitas et al. (2014) também discutiram sobre alterações no tamanho dos intestinos e fígado com a utilização de níveis crescentes de FDN. Os autores obtiveram maiores valores de peso de fígado e intestinos com a utilização de 18,5 % de FDN na ração em comparação a 14,5 % de FDN. Segundo Marcato et al. (2010), o fígado é o principal órgão metabólico do organismo, portanto fatores nutricionais podem interferir na sua função e a alteração no tamanho desse órgão pode ser causada pela modulação da atividade metabólica.

Entretanto, verificou-se que os efeitos positivos da adição de fibra sobre o desenvolvimento intestinal foram mais pronunciados ao utilizar a fonte solúvel (polpa cítrica). De acordo com Gonzalez-Alvarado et al., (2007) e Amerah et al., (2009) o fornecimento de fontes de fibra insolúvel na ração resulta em intestino delgado mais curto e este efeito pode ser explicado pela menor densidade de nutrientes, o que reduz a área de superfície requerida para absorção.

A inclusão de 4% sabugo de milho foi mais efetiva no aumento do peso do proventrículo+moela do que para o desenvolvimento de outros órgãos do TGI como o ID e pâncreas. Jiménez-Moreno et al. (2010) demonstraram que dietas com a inclusão de 3% de celulose microcristalina, casca de aveia e polpa de beterraba resultaram em maior desenvolvimento da moela de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, sobretudo quando casca de aveia foi utilizada como fonte de fibra.

Amerah et al., (2009); Gonzalez-Alvarado et al., (2010) e Jimenez-Moreno et al., (2019) também observaram que a ingestão de rações contendo fibra insolúvel (casca de aveia e aparas de madeira) proporcionaram o aumento do peso do proventrículo e moela. A hipertrofia muscular do P+M é atribuída ao fato de que partículas mais grossas tendem a acumular e ficar por mais tempo na moela, estimulando assim, mecanicamente o seu desenvolvimento muscular (Mateos et al., 2012).

Segundo Jimenez-Moreno et al., (2019) uma moela bem desenvolvida é associada a fortes contrações das camadas musculares, que garantem a trituração completa da ração e ajuda a regular o fluxo da digesta para o intestino delgado, facilitando a mistura do quimo e os sucos gástricos. As partículas grossas são retidas até atingirem o tamanho ideal (Hetland et al., 2005), enquanto líquidos e material solúvel passam para o duodeno. O fato de que a fibra insolúvel se acumula na moela resulta em taxa de passagem mais lenta da fração de fibra do que outros componentes da alimentação, porém, isso só irá acontecer para a fração de fibra mais grosseira e insolúvel (Hentlad et al, 2004).

A hipertrofia de moela é uma característica morfológica interessante para pintos de crescimento lento. Este tipo genético é recomendado para atender o mercado de aves alternativas, que após a fase inicial são criados em sistema de semiconfinamento. Assim, estratégias nutricionais que maximizem o desenvolvimento do compartimento gástrico destes animais são relevantes para adaptá-las morfológicamente ao consumo de alimentos fibrosos, como as forragens fornecidas na área de pastejo. O consumo de forragens tem importância significativa na diferenciação do produto, como coloração e rigidez da carne que entre outros fatores é estimulada pelo comportamento de pastoreio (Takahashi, 2003).

Semelhante ao verificado para morfometria do intestino delgado, maior desenvolvimento histomorfométrico da mucosa do duodenal foi verificado com a inclusão de polpa cítrica na dieta. Diferente dos resultados encontrados, Rezaei et al., (2011), Jiménez-Moreno et al. (2013) e Rahmatnejad e Saki (2015) relataram que a inclusão da fibra insolúvel na ração resultou em vilosidades mais longas e alta relação vilo:cripta duodenal em frangos de corte. Os autores verificaram ainda que, ao utilizar fontes de fibra solúvel (polpa de beterraba,

pectina cítrica e goma xantana), houve redução da altura das vilosidades e a relação vilo:cripta, devido a menor utilização de nutrientes.

Por outro lado, Li, (1991) e Nabuus, (1995) afirmam que o aumento das vilosidades e vilo:cripta das aves alimentadas com dietas contendo polpa cítrica pode ser atribuído melhor absorção dos nutrientes e menor perda energética com a renovação celular. Neste trabalho, observou-se que a inclusão de polpa cítrica na dieta resultou em menor CMA de nutrientes em ambas as idades avaliadas. Portanto, a maior disponibilidade de nutrientes advindos desta fibra alimentar não pode ter sido fator trófico para o desenvolvimento das vilosidades duodenais dos pintos de crescimento lento na fase inicial de criação. Em contrapartida, pode-se verificar que aos sete dias de idade, a inclusão de sabugo de milho na ração resultou em maior profundidade de cripta do duodeno, indicando que esta fonte de fibra gerou maior taxa de renovação celular e consequentemente resultou em vilosidades menos desenvolvidas.

Incrementos na altura das vilosidades cecais também foram verificados com o uso de 2% de polpa cítrica na dieta dos pintos de crescimento lento. Porém, efeitos positivos da adição de sabugo de milho sobre a altura das vilosidades cecais foram verificados quando esta fonte foi incluída em níveis de 4% na dieta.

Uma explicação para que a inclusão de polpa cítrica tenha influenciado positivamente o desenvolvimento da mucosa intestinal é que as fibras solúveis são mais facilmente fermentadas no intestino grosso por bactérias intestinais, que vão contribuir com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), predominantemente acetato, propionato e butirato, além de H₂O e outros gases como dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio molecular (H₂), metano (CH₄) (Montagne et al., 2003). Estes AGCC's produzidos atuam como fonte de energia para a mucosa intestinal, além de protegerem o organismo contra várias patologias, diarreias e inflamações intestinais (Food Ingredients Brasil, 2008; Goulart et al., 2016).

Além disso, outro efeito benéfico da fermentação das fibras no intestino corresponde à promoção de melhorias da morfologia do órgão, gerando aumento da área de absorção e renovação de células epiteliais, atuando como imunoestimulantes. Assim, a manipulação das dietas visando a utilização de quantidades equilibradas de fibra alimentar pode proporcionar tais efeitos, sem a necessidade da suplementação de aditivos que atuem nesse sentido (Goulart et al., 2016).

CONCLUSÃO

A inclusão de 4% de sabugo de milho na ração melhora o desempenho, metabolização dos nutrientes e desenvolvimento do proventrículo+moela de aves de crescimento lento. Entretanto, a adição polpa cítrica na dieta melhora o desenvolvimento morfológico e histomorfológico do intestino de frangos de crescimento lento na fase inicial de criação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amerah, AM., Ravidran, V., 2008. Influence of method of whole-wheat feeding on the performance, digestive tract development and carcass traits of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v.147, n.4, p.326-339.

Amerah, AM., Ravindran, V., Lentle, RG., 2009. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, 50(3), 366–375. doi:10.1080/00071660902865901

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16389: Avicultura – Produção, abate, processamento e identificação do frango caipira, colonial ou capoeira. Rio de Janeiro, 2015.

Bedford, MR., 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Animal Feed Science and Technology*, 53(2), 145–155. doi:10.1016/0377-8401(95)02018-u

Brito, MS., Oliveira, CFS., Silva, TRG., Lima, RB., Morais, SN., Silva, JHV., 2008. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.2, n.4, p.111-117.

Freitas, ER., Braz, NM., Watanabe, PH., Cruz, CEB., Nascimento, GAJ., Bezerra, RM., 2014. Fiber level for laying hens during the growing phase. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 188–198. doi:10.1590/s1413-70542014000200010

Food Ingredients Brasil. Dossiê de fibras alimentares. *Revista-FI*. n. 3, p. 42-65, 2008. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/63.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

Gonçalves, FM., Anciute, MA., Ribeiro, EM., Lopes, MS., Corrêa, MN., Del Pino, FAB., Montagner, P., Gentili, FP., Rutz, FE., Zanusso, JT., 2010. Níveis séricos de enzimas hepáticas em poedeiras comerciais no pré-pico e pico de produção de ovos. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 38, p. 311-314.

González-Alvarado, JM., Jimenez-Moreno, E., Lazaro, R., Mateos, GG., 2007. Effect of Type of Cereal, Heat Processing of the Cereal, and Inclusion of Fiber in the Diet on Productive Performance and Digestive Traits of Broilers. *Poultry Science*, 86(8), 1705–1715. doi:10.1093/ps/86.8.1705

González-Alvarado, JM., Jiménez-Moreno, E., González-Sánchez, D., Lázaro, R., Mateos, G. G. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 162(1-2), 37–46. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.08.010

Goulart, FR., Adorian, TJ., Mombach, PI., Silva, LP., 2016. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. *Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha*. 141-154p.

Guzman, PS., Sidrach, B., Saldaña, MV., Kimiaetalab, A., Pérezbonilla, GG., Mateos, 2013. Influence of fiber inclusion in the diet on growth performance and development of the gastrointestinal tract of brown-egg laying pullets from 1 to 35 days of age. *Poult. Sci.* 92, 401 (In press).

Hetland, H., Svihus, B., 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British Poultry Science*, 42(3), 354–361. doi:10.1080/00071660120055331

Hetland, H., Svihus, B., Krogdahl, A., 2003. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *British Poultry Science*, 44(2), 275–282. doi:10.1080/0007166031000124595

Hetland, H., Choct, M., Svihus, B., 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poult. Sci.* 60: 415-422.

Hetland, H., Svihus, B., Choct, M., 2005. Role of Insoluble Fiber on Gizzard Activity in Layers. *The Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 38–46. doi:10.1093/japr/14.1.38

Iji, PA., Saki, AA., Tivey, DR., 2001. Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a mannan oligosaccharide. *J. Sci. Food Agric.* 81:1186–1192.

Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, JM., González-Sánchez, D., Lázaro, R., Mateos, GG., 2010. Effects of type and particle size of dietary fibre on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 d of age. *Poult. Sci.* 89, 2197–2212.

Jiménez-Moreno, E., Chamorro, S., Frikha, M., Safaa, HM., Lázaro, R., Mateos, GG., 2011. Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from one to eighteen d of age. *Anim. Feed Sci. Technol.* 168, 100–112.

Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J., & Mateos, G. G. (2013). Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1-4), 33–43. doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.03.011

Jiménez-Moreno, E., Coca-Sinova, A., González-Alvarado, JM., Mateos, GG., 2016. Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. *Poultry Science*, v. 95, p. 41-52.

Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, JM., de Coca-Sinova, A., Lázaro, RP., Cámara, L., Mateos, GG., 2019. Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. Poultry Science. doi:10.3382/ps/pey599

Kheravii, SK, Swick, RA, Choct, M., Wu, SB., 2017. Inclusão de partículas grosseiras e adição de fibras ricas em lignocelulose na ração beneficiam o desempenho e a saúde de frangos de corte. Avicultura, 96 (9), 3272-3281. doi: 10.3382 / ps / pex123

Li DF., Nelssen JL., PG., Blecha, F., Klemm, R., Goodband, RD., 1991. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early – weaned pigs. Journal of Animal Science, v.69, p.4062-69.

Marcato, SM., Sakomura, NK., Fernandes, JBK., Siqueira, JC., Dourado, LRB., Freitas, ER., 2010. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de corte de duas linhas comerciais. Revista Brasileira de Zootecnia, 39: 1082-1091.

Mateos, GG., Jimenez-Moreno, E., Serrano, MP., Lazaro, RP., 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. The Journal of Applied Poultry Research, 21(1), 156–174. doi:10.3382/japr.2011-00477

Mendonça, MO., Sakomura, NK., Santos, FR., Freitas, ER., Fernandes, JBK., Barbosa, NAA., 2008. Níveis de energia metabolizável para machos de corte de crescimento lento criados em semiconfinamento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.8, p.1433-1440.

Montagne, L., Pluske, J., Hampson, D., 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. Animal Feed Science and Technology, 108(1-4), 95–117. doi:10.1016/s0377-8401(03)00163-9

Nabbus, MJA., 1995. Microbiological, structural and function changes of the small intestine of pigs at weaning. Pigs News and Information, Oxfordshire, v.16, n.3, p.93-97.

Opalinski, M., Maiorka, A., Cunha, F., Martins da Silva, EC., Borges, SA., 2006. (Adição de níveis crescentes de complexo enzimático em rações com soja integral desativada para frangos de corte. Archives of Veterinary Science, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 31-35.

Rahmatnejad, E., Saki, AA., 2015. Effect of dietary fibres on small intestine histomorphology and lipid metabolism in young broiler chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 100(4), 665–672. doi:10.1111/jpn.12422

Rezaei, M., Karimi Torshizi, MA., Rouzbehan, Y., 2011. The influence of different levels of micronized insoluble fiber on broiler performance and litter moisture. Poultry Science, 90(9), 2008–2012. doi:10.3382/ps.2011-01352

Rostagno, HS., Albino, LFT., Donzele, JL., Gomes, PC., Oliveira, RFM., Lopes, DC., Ferreira, AS., Barreto, SLT., Euclides, RF., 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais). 3. ed. 252 p. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

Sadeghi, A., Toghyani, M., Gheisari, A., 2015. Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. *Poultry Science*, v. 94, p. 2734–2743.

Sakomura, NKE., Rostagno, HS., 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep. p.283.

Santos, AL.; Sakomura, NK., Freitas, ER., Fortes, CMLS., Carrilho, ENVM., Fernandes, JBK., 2005. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1589-1598.

Santos, FR., Stringhini, JH., Freitas, NF., Minafra, CS., Oliveira, PR., Duarte, EF., Guimarães, GS., 2015. Aspectos morfológicos e morfométricos do aparelho digestório, perfil bioquímico sérico e atividade de enzimas pancreáticas de frangos de crescimento lento e rápido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.10, n.2, p.322- 327.

Santos, FR., Stringhini, JH., Minafra, CS., Almeida, RR., Oliveira, PR., Duarte, EF., Silva, RB., Café, MB., 2015. Formulação de ração para frangos de corte de crescimento lento utilizando valores de energia metabolizável dos ingredientes determinada com linhagens de crescimento lento e rápido. *Arquivo Brasileira Medicina Veterinária Zootecnia*, v. 66, n. 6, p. 1839-1846.

Shakouri, MD., Kermanshahi, H., Mohsenzadeh, M., 2006. Effect of different non starch polysaccharides in semi purified diets on performance and intestinal microflora of young broilers chickens. *International Journal of Poultry Science*, v.6, p. 557-61.

Silva, DJ., Queiroz, AC., 2002. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 235p.

Takahashi, SE., 2003. Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e qualidade da carne de frangos de corte tipo colonial e industrial. 2003. ix, 64 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu.