

FARELO INTEGRAL DE INSETO, EFEITO SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM SISTEMA *ANTIBIOTIC FREE* E ALIMENTADOS COM NUTRIÇÃO ORGÂNICA

Dayana Cristina de Oliveira Pereira¹, Luiz Carlos Demattê Filho², Jorge Konrado Xavier de Melo³

RESUMO – O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito do farelo integral de insetos (FII) sobre o desempenho e qualidade intestinal de frangos de corte nas fases inicial e de crescimento. Foram utilizados 1.200 pintainhos machos. Os tratamentos avaliados consistiram em diferentes inclusões da FII. Foram eles: T1) 0% de FII, T2) 5% de FII, T3) 10% de FII, T4) 15% de FII e T5) 20% de FII. As variáveis analisadas foram: desempenho zootécnico, qualidade de cama e qualidade intestinal. O uso da FII proporcionou, em todos os níveis de inclusão, melhorias no desempenho zootécnico, sendo este caracterizado pelo maior ($p \leq 0,05$) ganho de peso e peso médio das aves. Dentre os tratamentos que utilizaram a FII maior ($p \leq 0,05$) ganho de peso e peso médio das aves foi proporcionado pelo tratamento T4 e o pior desempenho foi proporcionado pelo tratamento T5. Ainda em relação aos tratamentos que utilizaram a FII, o tratamento T4 apresentou o menor teor de matéria seca e menor valor de pH. O teor de amônia, no entanto, foi similar ao observado no tratamento T1 e T5. Em relação a qualidade intestinal o tratamento T3 apresentou menor ($p \leq 0,05$) profundidade de cripta e maior ($p \leq 0,05$) relação vilos:cripta no duodeno. No jejuno houve redução significativa dos infiltrados inflamatórios nos tratamentos T3 e T4. Neste mesmo seguimento intestinal houve redução ($p \leq 0,05$) das lesões por coccidiose em todos os tratamentos que utilizaram a FII se comparado ao tratamento T1. O uso da FII não alterou a abundância de espécies microbianas presentes no ceco das aves. Em resumo, nas fases inicial e de crescimento o uso da FII melhorou o desempenho das aves e não alterou a composição filogenética e a abundância de espécies presentes no ceco das aves. Além disso, seu uso promoveu redução na incidência de lesões por coccidiose no jejuno.

Palavras chave: alimentação de aves, *Hermetia illucens*, insetos como alimento, mosca soldado negra, problemas locomotores, proteína.

EFFECT OF FULL-FAT INSECT MEAL (FFIM) ON PERFORMANCE AND INTESTINAL QUALITY OF BROILERS REARED IN AN ANTIBIOTIC-FREE SYSTEM AND RECEIVING ORGANIC NUTRITION

ABSTRACT – This study proposes to examine the effect of full-fat insect meal (FFIM) on the performance and intestinal quality of broilers in the starter and grower phases. A total of 1,200 male chicks were used. The evaluated treatments consisted of different levels of FFIM inclusion in the diet, namely, T1 - 0%; T2 - 5%; T3 - 10%; T4 - 15%; and T5 - 20%. Production performance, litter quality and intestinal quality were analyzed. The use of FFIM at all inclusion levels improved production performance, as evidenced by the higher ($p \leq 0.05$) weight gain and average weight of the birds. Among the treatments including FFIM, T4 provided the highest ($p \leq 0.05$) weight gain and average weight, whereas treatment T5 led to the worst performance. Also regarding the treatments with FFIM, T4 provided the lowest litter dry matter content and pH value. The litter ammonia content in this treatment, however, was similar to those observed in T1 and T5. In terms of intestinal quality, treatment T3 provided a lower ($p \leq 0.05$) crypt depth and a greater ($p \leq 0.05$) vilus: crypt ratio in the duodenum.

¹ Estrada Municipal de Camaquã, Km 82, Ipeúna-SP, Coordenadora de Pesquisa da Korin Agricultura e Meio Ambiente Ltda, dayana.pereira@korinagricultura.com.br

² Estrada Municipal de Camaquã, Km82, Ipeúna-SP, CEO da Korin Agropecuária Ltda, luiz.dematte@korin.com.br

³ Estrada Municipal de Camaquã, Km82, Ipeúna-SP, Médico Veterinário da Korin Agropecuária Ltda, jorge.xavier@korin.com.br



There was a significant reduction in inflammatory infiltrates in the jejunum of the birds fed T3 and T4. In this same intestinal segment, there was a decrease ($p \leq 0.05$) in lesions due to coccidiosis in all groups treated with FFIM, as compared with T1. The use of FFIM did not change the abundance of species present in the cecum of the birds. In summary, the use of FFIM in the starter and grower phases improved bird performance and did not change the phylogenetic composition or the abundance of species present in the cecum. In addition, its use reduced the incidence of lesions due to coccidiosis in the jejunum

Keywords: black soldier fly, Hermetia illucens, insects as feed, locomotor problems, poultry feeding, protein.

INTRODUÇÃO

Insetos fazem parte da dieta natural para muitas espécies de aves de capoeira e peixes. Por esta razão o seu uso é coerente com as normas de bem-estar animal que preconiza uma alimentação equilibrada e adequada à espécie (HFAC, 2014). Além disso, os insetos têm alta eficiência alimentar ao serem criados em um fluxo de bioresíduos (BERKHOUT, 2020) o que significa que eles são capazes de crescer e se reproduzir em material residual, caracterizando assim um importante papel ambiental promovido por esta fonte proteica (JANSSEN *et al.*, 2017).

Segundo Veldkamp *et al.* (2012) espécies de insetos como a mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), a mosca comum (*Musca domestica*) e a larva do farelo (*Tenebrio molitor*) poderiam converter coletivamente 1.300.000.000 toneladas de bioresíduos por ano. Dentre estas, a mosca soldado negra tem as seguintes vantagens: i) seus ovos nunca são postos em material em elevado estado de decomposição, e ii) no inseto adulto falta boca funcional, portanto não há ingestão de material contaminado (VAN HUIS *et al.*, 2013).

Segundo Godfray *et al.* (2010) a segurança alimentar global continuará a ser uma preocupação nos próximos 50 anos, visto que a expectativa de crescimento populacional está na ordem de 2 bilhões de pessoas (FAO, 2011). Neste contexto, segundo a mesma fonte as necessidades alimentares terão de ser aumentadas entre 70% e 100% para aliviar o problema da fome e desnutrição. De acordo com Ravindran (2013), embora a produção global de soja esteja em ascensão, esta fonte de proteína popular para ração animal não será sustentada devido à competição global pelo seu uso em dietas humanas.

Segundo Vilella (2018) diversos países já vêm intensificando as pesquisas sobre o uso de insetos como fontes de alimentos, principalmente a União Europeia. Estas pesquisas em sua maioria têm o uso de insetos como uma alternativa para alimentação humana, mas a aversão cultural ao consumo de insetos limita essa aplicabilidade. Entretanto, quando se pensa em usar para alimentar outros animais, a ideia se tornar viável e de grande aceitação devido a visão sustentável que possui (VILELLA, 2018).

Objetiva-se com o presunto estudo avaliar o efeito da utilização do farelo integral de insetos sobre o desempenho e qualidade intestinal de frangos de corte criados em sistema *antibiotic free* nas fases inicial e de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Centro de Pesquisa Mokiti Okada, localizado no município de Ipeúna, São Paulo. O protocolo foi avaliado e aprovado pelo comitê de ética no uso de animais da instituição (CEUA – FMO).

Foram utilizados 1.200 pintainhos de um dia de idade, machos, vacinados contra as doenças de Marek, Gumboro e Coccidiose. As aves foram alojadas em aviário experimental equipado com 40 boxes com as seguintes dimensões: 1,0 x 2,5m. Em cada box foram alojadas 30 aves estabelecendo assim uma densidade de 12 aves/m². Os boxes possuíam cama nova de pó de pinos e sistema de abastecimento de água e de ração individualizado por tratamento, sendo estes ofertados *ad libitum*.

O aquecimento do galpão foi realizado por aquecedor a pellet de madeira. Os controles da temperatura, ventilação e umidade (%) foram realizados através do manejo das cortinas e do acionamento dos ventiladores e nebulizadores automáticos. Dois data loggers foram utilizados para a aferição da temperatura ambiente e umidade relativa do ar. Os dados captados foram utilizados para a determinação da entalpia conforme descrito por NUPEA, (2016).

Para a formulação das dietas utilizou-se as recomendações de Rostagno *et al.* (2011). As dietas experimentais, isonutritivas e isoprotéicas foram compostas por ingredientes com certificação orgânica (Tabelas 1 e 2).

Os tratamentos avaliados consistiram em diferentes inclusões do farelo integral de insetos (FII) nas dietas, com base na matéria seca. Foram eles: T1) Ração controle – 0% de inclusão de FII, T2) Ração com inclusão de 5% de FII, T3) Ração com inclusão de 10% de FII, T4) Ração com inclusão de 15% de FII e T5) Ração com inclusão de 20% de FII. O tratamento controle foi composto por ração 100% de origem vegetal (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição das rações experimentais dos tratamentos T1 (0% de FII), T2 (5% de FII) e T3 (10% de FII)

Tratamentos	T1		T2		T3	
	Inicial	Crescimento	Inicial	Crescimento	Inicial	Crescimento
Macro Ingredientes						
Milho org.	401,7	411,8	413,1	422,9	424,6	434
F. soja org.	310	179	338	205	367	231
Soja desativada	237	363	150	279	63	195
Far insetos	0	0	50	50	100	100
Calcário fino	12	10,8	9,9	8,7	7,8	6,6
Fosfato bicálcico	19	17	19	16	18	15
Sal comum	...	3,9	0,9	3,9	1,8	3,9
Micro Ingredientes						
Bicarbonato de sódio	7,8	2	6,6	2	5,4	2
Premix orgânico	10	10	10	10	10	10
Adsorvente	2	2	2	2	2	2
Fitoterápico	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Total (kg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Níveis Nutricionais						
Proteína bruta (%)	25,3	24,3	25,3	24,3	25,3	24,3
Ener met (Kcal/kg) (%)	3000	3100	3000	3100	3000	3100
Fibra (%)	4,2	4,1	4,2	4,1	4,1	4
Met + Cist digest (%)	1	1	1	1	1	1
Lis digest (%)	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4
Treonina digest (%)	1	...	1	...	1	...
Cálcio (%)	1	0,9	1,1	0,9	1,1	0,9
Fósforo digest (%)	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4

Níveis de garantia do premix (quantidade por Kg de produto): Vit A - 1.200.000,00 UI; Vit D3 - 300.000,00 UI; Vit E - 3.000,00 UI, Vit K3 - 436,80 mg; Vit B1 - 288,00 mg; Vit B2 - 720 mg; Vit B6 - 384,00 mg; Vit - B12 1.880,00 mcg; Colina - 44,20g; Niacina - 4.000,00 mg; Ác. Pantotênico - 1.560,00 mg; Ácido Fólico - 200,00 mg; Ferro - 7.200,00 mg; Manganês - 14.400,00 mg; Zinco - 10.800,00 mg; Cobre - 1.440,00mg; Iodo - 180,00 mg; Selênio - 36,00 mg.

Tabela 2 - Composição das rações experimentais dos tratamentos T4 (15% de FII) e T5 (20% de FII)

Tratamentos	T4		T5	
	Inicial	Crescimento	Inicial	Crescimento
Macro Ingredientes				
Milho org.	418,8	444,1	374,5	458,2
F trigo org.	41,0	...	170,0	...
Glúten	40,0	...	174,0	5,0
F. soja org.	306,0	257,0	40,0	287,0

Continua...



Tabela 2 - Cont.

Tratamentos	T4		T5	
	Inicial	Crescimento	Inicial	Crescimento
Macro Ingredientes				
Sal comum	4,1	3,9	2,6	3,9
Micro Ingredientes				
Bicarbonato de sódio	2,0	2,0	4,0	2,0
Premix orgânico	10,0	10,0	10,0	10,0
Adsorvente	2,0	2,0	2,0	2,0
Fitoterápico	0,5	0,5	0,5	0,5
Total (kg)	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Níveis Nutricionais				
Proteína bruta (%)	25,3	24,3	25,3	24,3
Ener met (Kcal/kg) (%)	3000,0	3100,0	3000,0	3100,0
Fibra (%)	4,1	4,0	4,0	4,0
Met + Cist digest (%)	1,0	1,0	1,1	0,9
Lis digest (%)	1,4	1,4	1,0	1,4
Treonina digest (%)	0,9	...	0,9	...
Cálcio (%)	1,0	0,9	1,0	0,9
Fósforo digest (%)	0,5	0,4	0,5	0,4

Níveis de garantia do premix (quantidade por Kg de produto): Vit A - 1.200.000,00 UI; Vit D3 - 300.000,00 UI; Vit E - 3.000,00 UI, Vit K3 - 436,80 mg; Vit B1 - 288,00 mg; Vit B2 - 720 mg; Vit B6 - 384,00 mg; Vit - B12 1.880,00 mcg; Colina - 44,20g; Niacina - 4.000,00 mg; Ác. Pantotênico - 1.560,00 mg; Ácido Fólico - 200,00 mg; Ferro - 7.200,00 mg; Manganês - 14.400,00 mg; Zinco - 10.800,00 mg; Cobre - 1.440,00mg; Iodo - 180,00 mg; Selênio - 36,00 mg.

A FII utilizada foi fornecida pela empresa Meruoca e produzida a partir de larvas da mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), alimentadas com resíduos alimentícios “pré-consumo” provenientes de logística reversa (*i.e.* alimentos vencidos ou avariados que não foram objetos de consumo). As larvas maduras foram higienizadas em banho de água morna (50-60 C°), desidratadas em sistema de secagem a baixa temperatura (45-65 C°) e moídas a uma granulometria média de 1.000 micrômetros. O farelo de inseto utilizado foi classificado como integral, pois não passou por ação de separação de óleos e gorduras após a etapa de moagem (Tabela 3).

O desempenho das aves foi determinado ao término da fase inicial (7 dias de idade das aves) e da fase de crescimento (21 dias de idade das aves). O período experimental foi determinado com base na importância destas fases para o desempenho final do lote. Segundo Miller (1996) e Butcher & Nilipour (2002) especialmente as duas primeiras semanas de vida das aves são as mais críticas, pois erros cometidos nesta fase não poderão ser corrigidos no futuro, afetando negativamente o desempenho final das aves.

As variáveis analisadas foram: i) desempenho zootécnico (peso médio, ganho de peso diário, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade), ii) qualidade de cama (matéria seca, pH e amônia volatilizada), e iii) qualidade intestinal (morfometria e morfologia intestinal e análise metagenômica).

Para a determinação do peso médio das aves foi registrado o peso total do box e dividiu o valor pelo número de aves que foram pesadas. Para determinação do ganho de peso diário subtraiu-se do peso médio da fase analisada o peso registrado no momento do alojamento e dividiu o valor pela idade das aves. O consumo de ração foi obtido pela diferença entre o peso total da ração fornecida e as sobras no final de cada período. A conversão alimentar foi calculada considerando os casos em que houve mortalidade, procedimento descrito por Sakomura & Rostagno (2007). A viabilidade foi calculada pela fórmula: Viabilidade = 100 – (porcentagem de aves mortas de cada unidade experimental).

Tabela 3 - Composição do farelo integral de insetos (FII)

Farelo Integral de Insetos						
Bromatologia			Aminograma (%)		Perfil dos ácidos graxos (%/m/m)	
Umidade	%	6,04	Lisina	2,15	cáprico	1,00
Matéria seca	%	93,96	Metionina	0,44	laurico	42,47
Proteína solúvel em KOH	%	33,76	Cistina	0,17	mirístico	7,19
Fibra Bruta	%	4,72	Treonina	1,11	pentadecanoico	0,08
Matéria Mineral	%	9,35	Valina	1,73	palmico	13,87
Digestibilidade em Pepsina	%	83,48	Isoleucina	1,34	palmitoleico	3,87
Extrato Etéreo por hidrólise ácida	%	37,76	Arginina	1,64	margárico	0,14
Densidade Aparente	g/L	405,60	Triptofano	0,18	cis-10-heptadecenoico	0,09
NDT	%	98,07	Leucina	2,06	esteárico	2,35
Energia Bruta	Kcal/kg	6.165,00	Alanina	2,34	elaidico	0,21
Extrato Não Nitrogenado	%	9,15	Ácido Aspártico	2,58	oleico	14,92
Cálcio	%	1,97	Ácido Glutâmico	3,42	t-linoleico	0,03
Fósforo Total	%	0,89	Histidina	1,14	linoleico	12,18
Fósforo (ICP-OES)	%	0,67	Glicina	1,62	t-linoleico	0,10
Cloro (Cloreto Total)	%	1,83	Tirosina	1,81	linolênico	0,76
Potássio	ppm	7.729,37	Serina	1,23	octadecatetrenoico	0,24
Sódio	ppm	1.275,16	Prolina	1,94	araquídico	0,06
Cobre	ppm	12,84	Hidróxi Prolina	0,19	eicosenoico	0,06
Ferro	ppm	200,97	Fenilalanina	1,12	araquidônico	0,31
Manganês	ppm	27,01	Taurina	0,03	behênico	0,08
Selênio	mg/kg	0,41	...	...	...	...
Zinco	ppm	197,47	...	...	...	...
EM aves estimada	Kcal	4.371,79	...	...	...	...
Fósforo disponível	%	0,89	...	...	...	...

A fim de determinar a qualidade de cama, foram retiradas aleatoriamente 5 sub amostras de cada unidade experimental, estas foram homogeneizadas para compor uma amostra experimental da qual foi determinado os teores de matéria seca, pH e nível de amônia volatilizada.

Dentre os tratamentos que utilizaram o farelo integral de insetos foram selecionados os três tratamentos que proporcionaram os melhores desempenho para a realização da análise de qualidade intestinal. Foram eles: T2 (5% de FII), T3 (10% de FII) e T4 (15% de FII) além do tratamento controle T1 (0% de FII). Para isso, foram selecionadas aleatoriamente 16 aves (4 aves por tratamento) recém eutanasiadas para coleta de seguimentos

intestinais. Para a avaliação de morfologia e morfometria intestinal amostras do duodeno, jejuno e íleo foram coletadas e analisadas conforme descrito por Pickler *et al.* (2012). Das mesmas aves também foram coletados os cecos para a realização da análise metagenômica. A coleta do ceco foi realizada imediatamente após a eutanásia para que não ocorresse contaminação com as excretas do íleo. Foi utilizado material esterilizado e houve troca de luvas para cada ceco coletado. As amostras foram armazenadas em ultra freezer à -80°C até o momento da extração do 16S rDNA bacteriano. Nestas amostras a microbiota intestinal foi analisada pela extração do material do DNA das amostras do conteúdo intestinal, seguido por amplificação e sequenciamento pela técnica de reação em



cadeia da polimerase (PCR). O preparo das bibliotecas de sequenciamento ocorreu de acordo com tecnologia proprietária da Neopropecta Microbiome Technologies e o sequenciamento realizado pela plataforma MiSeq (Illumina).

Utilizou-se nesta pesquisa o delineamento em blocos aleatorizado, com cinco tratamentos e oito repetições de 30 aves cada, totalizando 240 aves por tratamento.

Os resultados de desempenho zootécnico, qualidade de cama e morfologia e morfometria intestinal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com

subsequente análise de regressão. As médias para estas variáveis foram comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância. A análise dos dados da avaliação metagenômica, foi realizada ao nível de 2% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do índice de conforto térmico, entalpia, demonstrou que houve oscilações caracterizando momentos de estresse por calor e por frio (Figura 1).

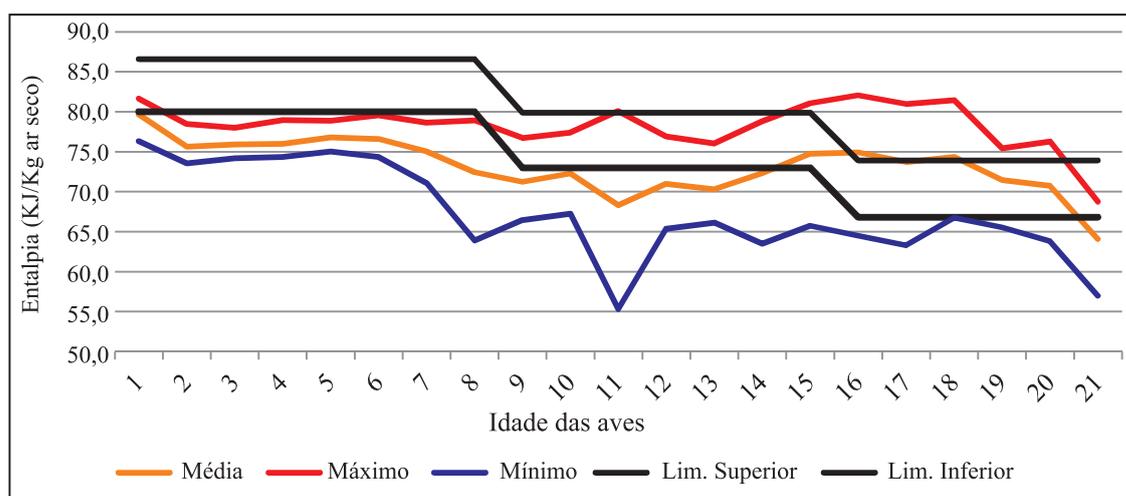


Figura 1 - Entalpia registrada no galpão experimental e a delimitação da faixa de conforto térmico (NUPEA, 2016).

Estas oscilações são característica de galpões convencionais os quais sofrem forte influência das condições climáticas externas.

Especificamente na fase inicial é importante informar que houve monitoramento da temperatura da cama a qual, na média, manteve-se em 30,5 °C. A entalpia registrada, abaixo do limite inferior, se deve principalmente à baixa umidade do ar.

Os resultados obtidos na avaliação de desempenho zootécnico realizada ao final da fase inicial do ciclo produtivo estão descritos na tabela abaixo (Tabela 4). Apenas a viabilidade não diferiu estatisticamente entre os tratamentos.

Foi observado que o tratamento T1 (0% de FII) apresentou estatisticamente os menores índices de ganho de peso e peso médio das aves. Em relação aos tratamentos que utilizaram o farelo integral de inseto o maior ($p \leq 0,05$) ganho de peso e peso médio das aves foi observado no tratamento T4 (15% de FII). Por outro lado, menor ($p \leq 0,05$) ganho de

peso, dentre os tratamentos, foi observado no tratamento T5 (20% de FII) (Tabela 1). Melhorias no desempenho das aves alimentadas com farinha de inseto também foram descritos por Makkar *et al.* (2014).

Portanto, para a fase inicial do ciclo produtivo, identificou-se que quanto maior o nível de inclusão do farelo integral de inseto maior o ganho de peso das aves, desde que o nível de inclusão não ultrapasse o valor de 15% (Figura 2).

O consumo das aves foi significativamente alterado pelos tratamentos avaliados (Tabela 4). Maior consumo de ração foi observado nos tratamentos T2 (5% de FII), T3 (10% de FII) e T4 (15% de FII). No entanto estes dois últimos tratamentos apresentaram melhores índices de conversão alimentar em função do maior peso das aves destes tratamentos (Tabela 4). O tratamento T2 (5% de FII) proporcionou melhor conversão alimentar se comparado ao tratamento T1 (0% de FII) e ao tratamento T5 (20% de FII) que utilizou o maior nível de inclusão da FII. Identificou-

se, portanto, que o farelo integral de inseto tem potencial de melhorar a conversão alimentar na primeira semana do ciclo

produtivo, principalmente quando utilizado nos níveis de inclusão de 10% e 15% da matéria seca da dieta (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetro de desempenho (média ± erro padrão): ganho de peso diário (GPD), peso médio das aves (Peso), consumo, conversão alimentar (C.A.) e viabilidade aos 7 dias de idade das aves

Tratamentos	GPD (g)	Peso (g)	Consumo (g)	C.A.	Viabilidade (%) ^{ns}
T1 (0% de FII)	13,42 ± 0,15 e	135,62 ± 1,04 e	146,46 ± 3,08 b	1,54 ± 0,03 a	100,00 ± 0,00
T2 (5% de FII)	17,08 ± 0,22 c	161,25 ± 1,57 c	162,29 ± 1,69 a	1,36 ± 0,03 b	100,00 ± 0,00
T3 (10% de FII)	20,71 ± 0,45 b	187,08 ± 3,30 b	168,54 ± 2,10 a	1,17 ± 0,02 c	100,00 ± 0,00
T4 (15% de FII)	21,58 ± 0,34 a	192,90 ± 2,39 a	171,60 ± 3,17 a	1,14 ± 0,02 c	99,58 ± 0,48
T5 (20% de FII)	14,25 ± 0,20 d	141,82 ± 1,47 d	148,13 ± 1,62 b	1,49 ± 0,02 a	99,58 ± 0,48
CV (%)	4,49	3,39	4,87	5,76	0,68
Significância da regressão	*	*	*	*	ns
Equação	$y = -1,7676x^2 + 11,22x + 3,1927$	$y = -12,388x^2 + 78,733x + 63,807$	$y = -5,8436x^2 + 36,326x + 114,71$	$y = 0,0901x^2 - 0,5782x + 2,084$	...
R ² (%)	87,55	87,65	92,27	90,38	...

Média seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%

^{ns} = Não significativo pelo teste Scott-Knott a 5%

CV = Coeficiente de variação

* teste de regressão significativo a 5% de probabilidade

Foi observado, na fase inicial, a presença de aves com problemas locomotores. A necropsia confirmou que houve fragilidade óssea, o que acredita-se esteja associado a dificuldade de absorção dos minerais principalmente pela utilização de um premix sem enzimas exógenas. Esta hipótese foi reforçada pelos seguintes fatos: i) análises laboratoriais confirmaram que as rações eram isonutritivas, e ii) nos tratamentos onde utilizou-se o farelo integral de insetos o problema locomotor foi reduzido ou não ocorreu, conforme demonstra a figura abaixo (Figura 3). Acredita-se, portanto, que a biodisponibilidade dos minerais foi alterada em função da matéria prima utilizada. Os benefícios das fontes de proteína de origem animal/inseto em relação ao equilíbrio dos aminoácidos essenciais, e do seu conteúdo mineral e vitamínico foi descrito também por Akhter *et al.* (2008).

De acordo com Finke & Ooninx (2014) os insetos são considerados uma importante fonte de ferro, cobre, magnésio, manganês, fósforo, selênio, zinco. Além disso, Marono *et al.* (2017) descreveram que os insetos apresentam níveis ricos em cálcio e fósforo, minerais esses

que contribuem para estrutura esquelética das aves quando consumidos. Identificou-se, portanto, outro benefício proporcionado pelo uso do farelo integral de inseto.

Após esta constatação, o fornecimento de suplementação mineral via água eliminou o problema locomotor não sendo observado a formação de refugos nos tratamentos.

Neste momento vale esclarecer que o uso de enzimas exógenas na produção orgânica pode ser autorizado pela certificadora desde que obtidas de fonte naturais não transgênicas. Ressalta-se também que empresas do setor de nutrição vem trabalhando para aumentar a oferta de enzimas que atendam a estes pré-requisitos. A opção pelo não uso de enzimas exógenas nesta pesquisa foi justamente para identificar a contribuição da FII no fornecimento dos minerais.

Similar ao que aconteceu na fase inicial, ao término da fase de crescimento das aves, somente a variável “viabilidade” não diferiu entre os tratamentos (Tabela 5).



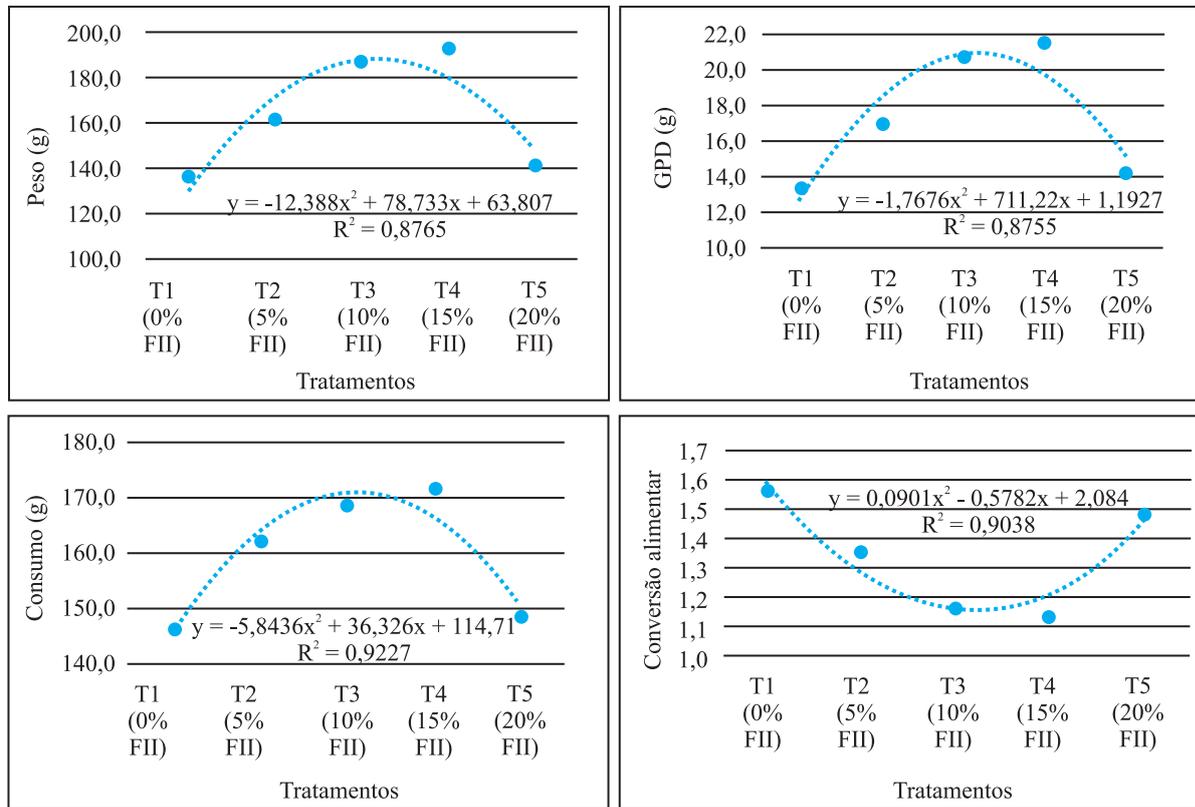


Figura 2 - Ilustração dos dados referentes a avaliação da regressão linear, quando esta foi significativa a 5% de probabilidade, aos sete dias de idade das aves.

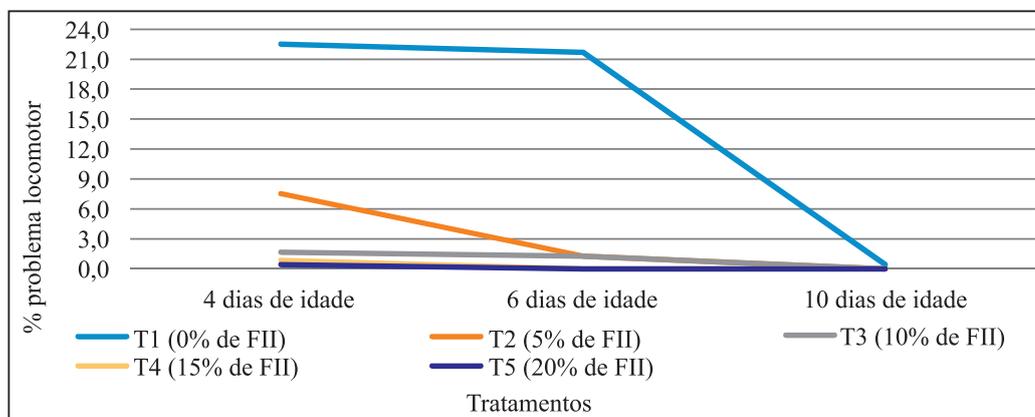


Figura 3 - Incidência de problemas locomotores.

Tabela 5 - Parâmetro de desempenho (média ± erro padrão): ganho de peso diário (GPD), peso médio das aves (Peso), consumo, conversão alimentar (C.A.) e viabilidade aos 21 dias de idade das aves

Tratamentos	GPD (g)	Peso (g)	Consumo (g)	C.A.	Viabilidade (%) ^{ns}
T1 (0% de FII)	860,22 ± 13,10 d	38,98 ± 0,62 d	1029,95 ± 13,73 c	1,23 ± 0,02 a	98,75 ± 0,61
T2 (5% de FII)	998,75 ± 08,11 c	45,57 ± 0,38 c	1153,54 ± 07,76 b	1,21 ± 0,01 b	100,00 ± 0,00
T3 (10% de FII)	1051,25 ± 15,88 b	48,05 ± 0,75 b	1250,62 ± 34,94 a	1,24 ± 0,03 a	100,00 ± 0,00
T4 (15% de FII)	1096,58 ± 11,36 a	50,22 ± 0,54 a	1226,88 ± 11,41 a	1,16 ± 0,01 b	99,16 ± 0,55
T5 (20% de FII)	990,02 ± 07,32 c	45,14 ± 0,35 c	1150,71 ± 15,86 b	1,21 ± 0,01 b	99,16 ± 0,55
CV (%)	3,27	3,15	4,61	4,05	1,31
Significância da Regressão	*	*	*	ns	ns
Equação	$y = -1,6893x^2 + 11,833x + 28,676$	$y = -35,525x^2 + 248,89x + 643,46$	$y = -37,167x^2 + 254,49x + 807,71$	...	...
R ² (%)	96,31	96,37	98,5	...	...

Média seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%

ns = Não significativo pelo teste Scott-Knott a 5%

CV = Coeficiente de variação

* teste de regressão significativo a 5% de probabilidade

O tratamento T4 (15% da FII) permaneceu proporcionando estatisticamente os maiores valores de peso médio, ganho de peso diário e consumo de ração. Numericamente este tratamento apresentou a melhor conversão alimentar, não diferindo estatisticamente da conversão alimentar proporcionada pelos tratamentos T2 (5% de FII) e T5 (20% de FII).

O tratamento T3 (10% de FII) apresentou o segundo melhor desempenho, sendo este caracterizado pelo maior peso médio das aves se comparado aos tratamentos T1 (0% de FII), T2 (5% de FII) e T5 (20% de FII) (Tabela 5). Os piores resultados de ganho de peso e peso médio das aves foram observados no tratamento T1 (0% de FII), conforme ocorreu na fase inicial.

Portanto, considerando as condições experimentais apresentadas, finalizada a fase de crescimento das aves pode-se afirmar que o melhor tratamento para desempenho zootécnico foi o tratamento que utilizou 15% da FII na formulação da dieta (T4). A análise de regressão a seguir ratifica esta afirmação (Figura 4).

Corroborando com os dados desta pesquisa Hwangbo *et al.* (2009) ao estudarem os mesmos níveis de inclusão do farelo de inseto descreveram que os tratamentos que utilizaram a inclusão de 10% e 15%, tiveram peso significativamente maiores e melhor conversão alimentar se

comparado a frangos que não receberam o farelo de inseto. Os autores atribuíram esta diferença a alta digestibilidade da proteína bruta e ao perfil de aminoácidos essenciais presente no farelo de inseto. Na mesma linha de estudo Barragan-Fonseca *et al.*, (2017) e Schiavone *et al.* (2014) descreveram que a farinha de mosca soldado negra possui o perfil de aminoácidos mais adequado para aves. Outros autores como Pretorius (2011) descreveram que as larvas mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) utilizadas em níveis próximos a 25% da matéria seca, não prejudicou o ganho de peso (g), o consumo de ração (g) e a conversão alimentar das aves diferindo, portanto, dos dados desta pesquisa.

A qualidade da cama foi alterada estatisticamente em função dos tratamentos (Tabela 6).

Menor teor de amônia foi observado nos tratamentos T1 (0% de FII), T4 (15% de FII) e T5 (20% de FII). O menor volume de excretas provavelmente é a causa do menor teor de amônia volatilizada no tratamento T1 (0% de FII), visto que este tratamento proporcionou menor consumo de ração (Tabela 5). Por outro lado, sabe-se também que a origem e qualidade da matéria prima influencia a volatilização da amônia por alterar o teor de nutrientes na cama, principalmente o teor de nitrogênio. Segundo Silva *et al.* (2006) cerca de 55% do nitrogênio consumido na ração não é retido como proteína animal e sim excretado na cama. Assim é possível que a inclusão da



FII, quando utilizado em maior inclusão, T3 (10% de FII) e T4 (15% de FII), tenha melhorado o aproveitamento dos

nutrientes, fato este coerente com o desempenho superior apresentado pelas aves destes tratamentos (Tabela 5).

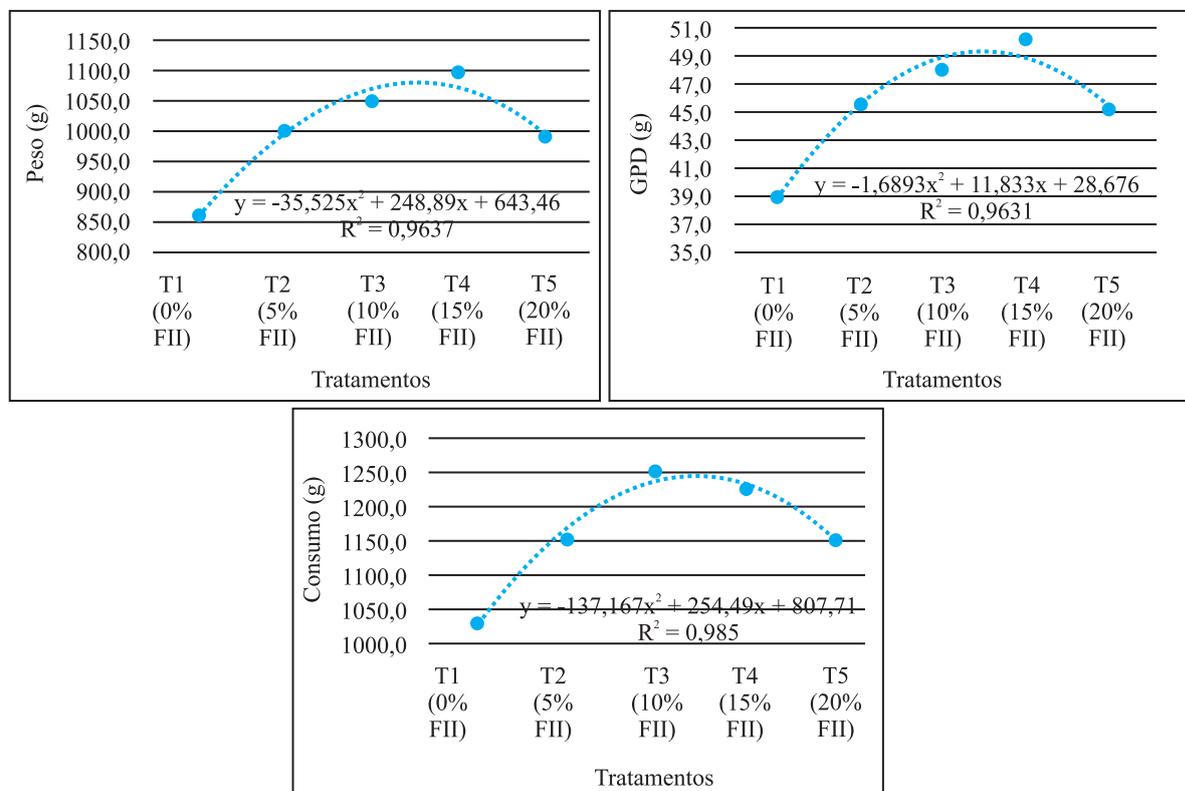


Figura 4 - Apresentação dos dados referentes a avaliação da regressão linear, quando esta foi significativa a 5% de probabilidade, no período de 1 a 21 dias de idade das aves.

Tabela 6 - Parâmetros de qualidade de cama, matéria seca (MS) amônia volatilizada (amônia) e valores de pH aos 21 dias de idade das aves

Tratamentos	MS (%)	Amônia (ppm)	pH
T1 (0% de FII)	60,81 ± 2,99 b	0,69 ± 0,09 b	8,03 ± 0,34 c
T2 (5% de FII)	69,38 ± 2,70 a	2,49 ± 0,42 a	9,26 ± 0,02 a
T3 (10% de FII)	70,64 ± 3,80 a	3,04 ± 0,46 a	9,34 ± 0,04 a
T4 (15% de FII)	63,44 ± 3,46 b	1,03 ± 0,11 b	8,68 ± 0,16 b
T5 (20% de FII)	73,07 ± 3,18 a	1,69 ± 0,16 b	9,23 ± 0,10 a
CV%	10,67	7,22	5,22

Média seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

CV = Coeficiente de variação.

Ao final do período experimental menor ($p \leq 0,05$) teor de matéria seca foi observado nos tratamentos T1 (0% de FII) e T4 (15% de FII). A maior umidade observada no tratamento T4 provavelmente se deve ao alto consumo de ração associado ao maior peso médio das aves deste tratamento (Tabela 5).

Os valores de pH diferiram entre os tratamentos. Menores valores foram observados nos tratamentos T1 (0% de FII) seguido do tratamento T4 (15% de FII) (Tabela 6). Nota-se, no entanto, que embora estes tratamentos tenham apresentado os melhores valores, eles ainda proporcionaram valores de pH superiores aos descritos por França *et al.* (2014). Segundo estes autores pH abaixo de 7 é o ideal para cama, uma vez que, na presença de íons livres de H⁺ aumenta a proporção entre amônio/amônia, ou seja, mais amônia é convertida a amônio que é uma forma não volátil.

Diante do exposto, entende-se que o uso da FII tem potencial para alterar a qualidade da cama.

Diferenças morfométricas significativas somente foram observadas no seguimento do duodeno (Tabela 7). A morfometria intestinal demonstrou que o tratamento T3 (10% de FII) apresentou menor ($p \leq 0,05$) profundidade de cripta e consequentemente uma maior ($p \leq 0,05$) relação vilo cripta no duodeno (Tabela 7). Segundo Jayaraman *et al.* (2013), a relação vilo/cripta é considerada o parâmetro mais

importante para se medir a saúde e a recuperação intestinal. Segundo os mesmos autores, uma maior relação indica um longo vilo no qual o epitélio esteja suficientemente maduro e funcionalmente ativo, em combinação com uma cripta rasa que apresenta renovação celular constante o que, segundo Ramos *et al.* (2011), corresponderia a uma maior capacidade de digestão e absorção de nutrientes.

A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos, no jejuno e no íleo, indica que a inclusão do farelo integral de inseto não promoveu desafios sanitários nestes importantes seguimentos intestinais. Tal fato associado ao bom desempenho zootécnico ratifica esta como uma boa fonte proteica para nutrição das aves nas fases inicial e de crescimento do ciclo produtivo.

Corroborando com esta afirmação a avaliação de morfologia intestinal demonstrou que o uso da FII não proporcionou desafio adicional ao ambiente intestinal (Tabela 8, 9 e 10). No jejuno houve redução significativa dos infiltrados inflamatórios quando a FII foi utilizada na inclusão de 5% e 10% (Tabela 9). Neste mesmo seguimento houve redução ($p \leq 0,05$) das lesões por coccidiose nos tratamentos que utilizaram a FII se comparado ao tratamento T1 (0% de FII) (Tabela 9). Estes resultados são coerentes como o bom desempenho zootécnico apresentado por estes tratamentos.

Tabela 7 - Morfometria intestinal de frangos de corte alimentados ou não com farelo integral de insetos

Tratamentos	Duodeno			Jejuno			Íleo		
	Altura de Vilosidade ^{ns}	Profundidade de Cripta	Relação vilo/cripta	Altura de Vilosidade ^{ns}	Profundidade de Cripta ^{ns}	Relação vilo/cripta ^{ns}	Altura de Vilosidade ^{ns}	Profundidade de Cripta ^{ns}	Relação vilo/cripta ^{ns}
T1 (0% de FII)	1,78±0,10	0,20±0,01 a	9,14±0,59 b	1,11±0,07	0,16±0,01	7,30±0,57	0,67±0,03	0,12±0,01	5,71±0,57
T2 (5% de FII)	2,02±0,10	0,20±0,01 a	10,74±1,18 b	1,09±0,04	0,17±0,01	6,57±0,48	0,63±0,02	0,11±0,01	5,70±0,29
T3 (10% de FII)	1,93±0,12	0,14±0,01 b	14,02±1,47 a	1,07±0,07	0,15±0,01	7,54±0,76	0,71±0,02	0,13±0,01	5,52±0,42
T4 (15% de FII)	1,83±0,07	0,18±0,01 a	10,46±0,81 b	1,00±0,02	0,16±0,01	6,68±0,47	0,74±0,04	0,13±0,01	4,99±0,46
CV (%)	13,24	18,60	23,60	12,76	19,53	20,27	10,56	21,23	19,97

Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott.

NS = Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

CV = Coeficiente de variação.



Tabela 8 - Morfologia intestinal de duodenos extraídos de frangos de corte alimentados ou não com farelo integral de insetos

Segmento	Duodeno				
	Infiltrado ^{ns}	Hiperemia ^{ns}	Descamação ^{ns}	coccidiose ^{ns}	cel. Caliciformes ^{ns}
T1 (0% de FII)	0,17±0,17	1,00±0,00	0,33±0,21	0,00±0,00	3,00±0,00
T2 (5% de FII)	0,00±0,00	1,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	3,00±0,00
T3 (10% de FII)	0,50±0,50	1,17±0,17	0,33±0,33	0,50±0,50	3,00±0,00
T4 (15% de FII)	0,18±0,20	1,00±0,00	0,50±0,22	0,00±0,00	3,00±0,00
CV (%)	3,22	0,86	2,68	2,89	...

NS = Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

CV=Coefficiente de variação.

(...) valor igual a zero.

Tabela 9 - Morfologia intestinal de jejunos extraídos de frangos de corte alimentados ou não com farelo integral de insetos

Segmento	Jejuno				
	Infiltrado	Hiperemia ^{ns}	Descamação ^{ns}	coccidiose	cel. Caliciformes ^{ns}
T1 (0% de FII)	1,00±0,37 a	1,00±0,37	0,83±0,31	1,00±0,37 a	2,83±0,17
T2 (5% de FII)	0,00±0,00 b	1,00±0,00	0,17±0,17	0,00±0,00 b	3,00±0,00
T3 (10% de FII)	0,17±0,17 b	1,00±0,00	0,17±0,17	0,17±0,17 b	3,00±0,00
T4 (15% de FII)	0,67±0,21 a	1,00±0,00	0,67±0,21	0,33±0,21 b	3,00±0,00
CV (%)	2,64	2,02	2,61	2,65	0,85

Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott.

^{ns} = Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

CV=Coefficiente de variação.

Tabela 10 - Morfologia intestinal de íleos extraídos de frangos de corte alimentados ou não com farelo integral de insetos

Segmento	Íleo				
	Infiltrado ^{ns}	Hiperemia ^{ns}	Descamação ^{ns}	coccidiose ^{ns}	cel. Caliciformes ^{ns}
T1 (0% de FII)	0,33±0,21	1,00±0,36	0,33±0,21	0,33±0,21	3,00±0,00
T2 (5% de FII)	0,00±0,00	1,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	3,00±0,00
T3 (10% de FII)	0,17±0,17	1,00±0,00	0,33±0,21	0,17±0,17	3,00±0,00
T4 (15% de FII)	0,33±0,21	1,00±0,00	0,50±0,22	0,00±0,00	3,00±0,00
CV (%)	2,10	1,00	2,28	1,66	...

^{ns} = Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

CV = Coeficiente de variação.

Em uma visão mais ampla sobre a qualidade intestinal de frangos de corte Oviedo-Rondón (2009), identificou que a primeira linha de defesa contra patógenos

é a microbiota normal do intestino. Isso acontece, pois, muitas bactérias comensais produzem ácidos orgânicos bem como bacteriocinas que possuem efeito contra bactérias

Gram-positivas e Gram-negativas. De acordo Rintilla & Apajalahti (2013) a máxima densidade bacteriana é detectada com menos de uma semana de vida e permanece constante até o final da criação ratificando a importância da fase inicial do ciclo produtivo.

Utilizando-se a análise de escalonamento multidimensional não foi observada distinção da composição filogenéticas entre os tratamentos (Figura 5).

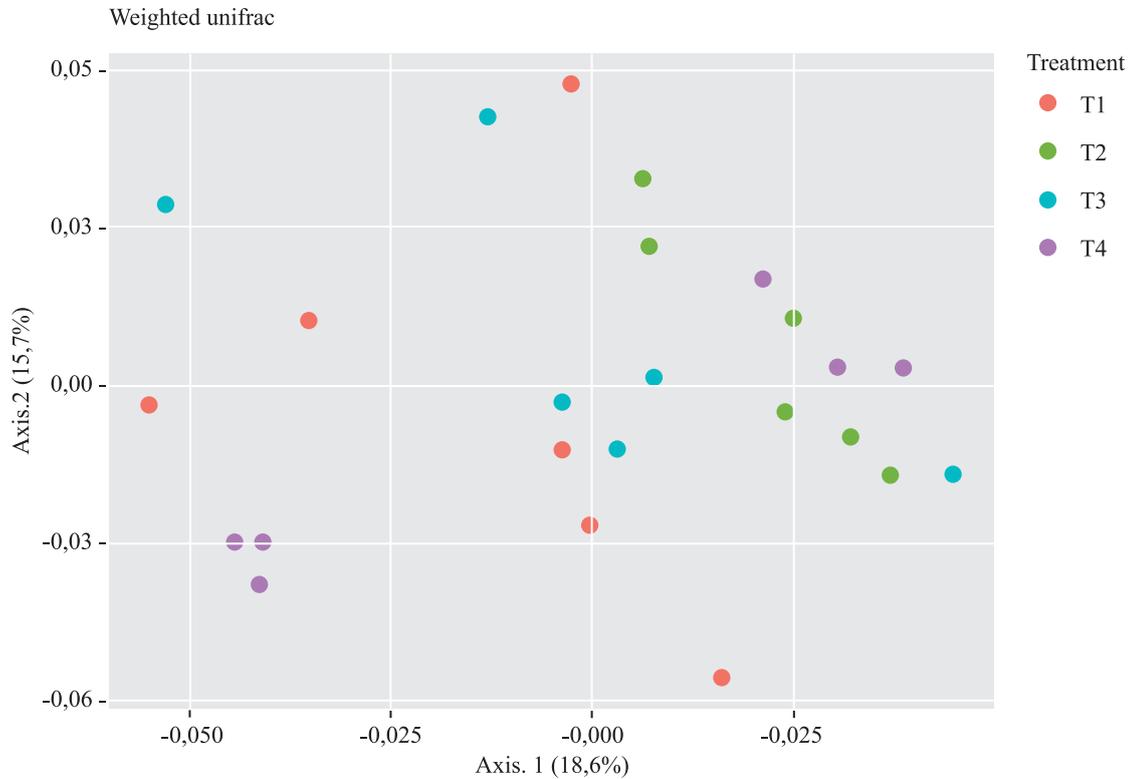


Figura 5 - Escalonamento multidimensional das comunidades microbianas.

Os principais filos encontrados em todos os tratamentos foram Bacteroidota e Firmicutes. Resultados semelhantes foram encontrados por Kosmann (2018) no tratamento que, similar a esta pesquisa, não utilizou antimicrobianos.

Bacteroidota inclui bactérias dos gêneros Akkermansia, Bacteroides, Parabacteroides e Alistipes. Já Firmicutes incluiu bactérias do gênero Megamonas, Ruminococcus, Agathobaculum e Fournierella. Bacteroidota são bactérias gram-negativas em forma de bastonete que podem ajudar a digerir gorduras, digerir grãos integrais e fermentar glicose, ou podem ajudar a regular o sistema imunológico. Estas são, portanto, bactérias importantes para a nutrição e saúde das aves e conforme

foi observado o uso da FII, nas diferentes inclusões, não alterou sua ocorrência.

O índice de Shannon, baseando-se na abundância proporcional das espécies, (Figura 6) demonstrou não haver diferença de diversidade entre os tratamentos.

Este resultado demonstra que é possível a utilização da FII sem que ocorra alterações significativas no microbioma intestinal. Estes resultados são especialmente importantes para sistemas de produção alternativos, tais como os sistemas *antibiotic free* e orgânico, uma vez que a impossibilidade de utilizar antimicrobianos, como melhoradores de desempenho, requer grande atenção com o equilíbrio das populações. Para estes sistemas o equilíbrio microbiológico é fundamental para a manutenção da saúde das aves, uma vez que continuam, conforme já mencionado, a primeira linha de defesa contra patógenos.

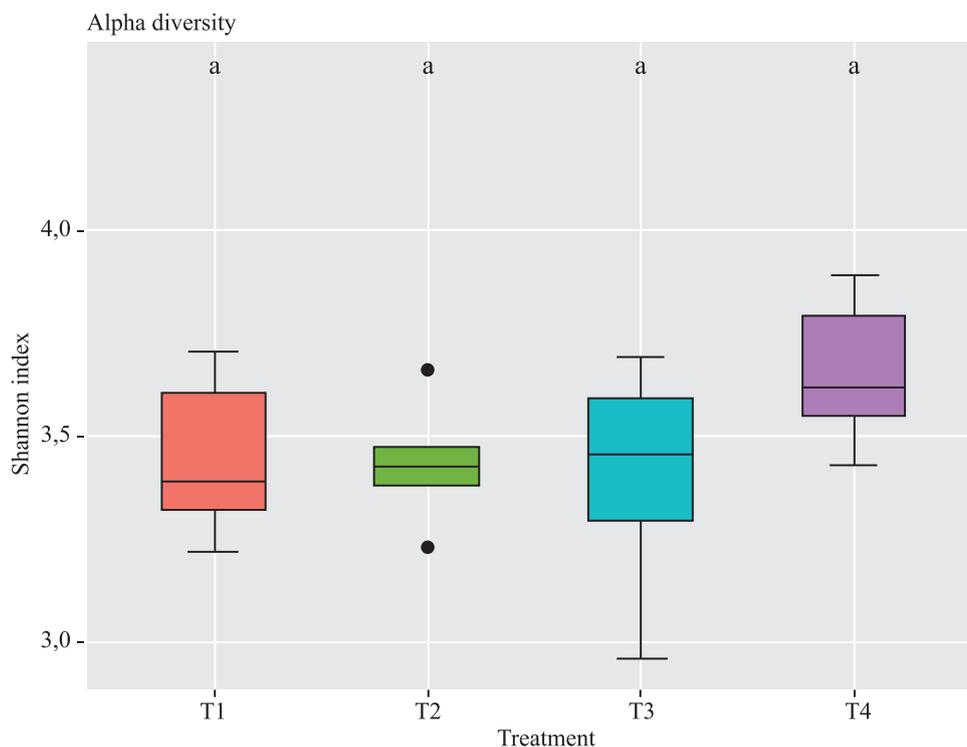


Figura 6 - Abundância proporcional das espécies por tratamento.

CONCLUSÕES

Nas fases inicial e de crescimento o uso da FII melhorou o desempenho das aves. Resultados mais expressivos no ganho de peso e conversão alimentar foi obtido com a inclusão de 15% de FII na dieta, com base na matéria seca. A inclusão de 10% da FII proporcionou o segundo melhor desempenho, caracterizado pelo ganho de peso das aves. O uso da FII não alterou a composição filogenética e a abundância de espécies presentes no ceco das aves. Além disso seu uso promoveu redução na incidência de lesões por coccidiose no jejuno.

Por fim, o estudo evidenciou que todos os níveis de inclusão do farelo integral de inseto, a partir de 5% contribuíram para a redução da ocorrência de fragilidade óssea, sendo observado que as inclusões de 15% e 20% eliminaram a ocorrência desse problema.

LITERATURA CITADA

AKHTER, M.; KHAN, M.Z.U.; ANJUM, M.I.; AHMED, S. et al. Investigation on the availability of amino acids

from different animal protein sources in golden cockerels. *Journal of Animal and Plant Sciences*, v.18, p.53-56, 2008.

BARRAGAN-FONSECA, K.B.; DICKE, M.; VAN LOON, J.J. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, v.3, p.105-120, 2017.

BERKHOUT, N. *Black soldier fly larvae oil as a fat source in broilers*. 2020. In: <https://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2020/4/Black-soldier-fly-larvae-oil-as-a-fat-source-in-broilers-563218E/?intcmp=related-content>. (acessado em: 22 abr. 2020).

BUTCHER, G.D.; NILIPOUR, A.H. *Broiler management - The first 24 hours*. Gainesville: University of Florida - Institute of Food and Agricultural Sciences, 2002. 4p.

FINKE, M. D.; OONINCX, D. *Insects as Food for Insectivores*. In: *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. 1. ed. New York: Elsevier, 2014. cap. 17.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Livestock in food security*. World Livestock, 2011, 115p.

- In: <http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf> (acessado em 11 mai. 2021)
- FRANÇA, L.G.F.; TINÔCO, I. F.F.; MENDES, M.A. S.A. et al. *Caracterização de fatores que influenciam a emissão de amônia pelos dejetos de galinhas poedeiras e proposição de um score para o potencial máximo de emissão*. In: XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Anais... Campo Grande: CONBEA, 2014. CD-ROM.
- GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R. et al. Food Security: The Challenge of Feeding Billion People. *Science*, v.5967, p.812-818, 2010.
- HUMANE FARM ANIMAL CARE – HFAC, *Padrões de Cuidados com os Animais – Frango de corte*. *Humane Farm Animal Care*, 2014. 55p. In: <https://certifiedhumanebrasil.org/wp-content/uploads/2016/10/Std14-Frangos-de-Corte-Chickens-2L.pdf> (acessado em 11 mai.2021).
- HWANGBO, J., HONG, E.C., JANG, A. et al. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, v.30, p.609-614, 2009.
- JANSSEN, RH.; VINCKEN, JP.; VAN DEN BROEK, LAM. et al. Fatores de conversão de nitrogênio em proteína para três insetos comestíveis: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* e *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v.65, p.2275-2278, 2017.
- JAYARAMAN S.; THANGAVEL G.; KURIAN H, MANI R. et al. *Bacillus subtilis* PB6 improves intestinal health of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens* - induced necrotic enteritis. *Poultry Science*, v.92, p.370-374, 2013.
- KOSMANN, R. C. *Impacto da adição dietética de antibiótico melhorador de desempenho e probiótico sobre a saúde intestinal e diversidade da microbiota intestinal de frangos de corte*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Palotina, PR: UFPR, 2018. 42p.
- MARONO, S.; LOPONTE, R.; LOMBARDI, P.; VASSALOTTI, G.; PERO, M. E.; RUSSO, F.; GASCO, L.; PARISI, G.; PICCOLO, G.; NIZZA, S.; DI MEO, C.; ATTIA, Y. A.; BOVERA, F. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poultry Science*, v.96, p.1783-1790, 2017.
- MAKKAR HP, T.G.; HEUZÉ V.; ANKERS P.; State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, v.197, p.1-33, 2014.
- MILLER, G. The first two weeks: a critical time. *Quarterly Publication of Cobb-Vantress*, v.4, p.1-4, 1996.
- NUCLEO DE PESQUISA EM AMBIÊNCIA – NUPEA. 2016. *Frango de corte*. In: [Http://www.nupea.esalq.usp.br/pagina/frangos-de-corte/11](http://www.nupea.esalq.usp.br/pagina/frangos-de-corte/11). (acessado em 26 de março de 2020).
- OVIEDO-RONDON, E.O. Molecular methods to evaluate effects of feed additives and nutrients in poultry gut microflora. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.209-225, 2009.
- PICKLER, L, HAYASHI, RI. M., LOURENÇO, M. C. et al. Avaliação microbiológica, histológica e imunológica de frangos de corte desafiados com *Salmonella* Enteritidis e Minnesota e tratados com ácidos orgânicos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.32, p.27-36, 2012.
- PRETORIUS, Q. *The evaluation of larvae of musca domestica (common house fly) as protein source for broiler production*. Dissertação (Master of Science in Animal Science). Faculty of AgriScience Stellenbosch University, Stellenbosch, 2011. 95p.
- RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; SILVA, S.M.M.S. et al. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1738-1744, 2011.
- RAVINDRAN, V. Poultry Feed Availability and Nutrition in Developing Countries: Main Ingredients used in Poultry Feed Formulation. *Poultry Development Review*, v.2, p. 694–695. 2013.
- RINTTILA, T.; APAJALAHTI, J. Intestinal microbiota and metabolites: implications for broiler chicken health and performance. *Journal Applied Poultry Research*, v.22, p. 647-658, 2013.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV, 2011. 249p. In: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4532766/mod_resource/content/1/Rostagno%20et%20al%202017.pdf (acessado 11 mai.2021).
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.
- SCHIAVONE, A.; DE MARCO, M.; MARTÍNEZ, S.; DABBOU, S.; RENNA, M.; MADRID, J.; GASCO, L. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.)



meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Cleaner Production*, v.65, p.16-27, 2014.

SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.840-848, 2006.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, v.58, p.563-583, 2013. In: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-ento-120811-153704>. (acessado 10 mai. 2021)

VELDKAMP, T.; DUINKERKEN, G.V.; HUIS, A V. et al. *Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study*. 2012. 62p. In: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/livestock-reports/428703> (acessado em 26 março de 2021).

VILELLA, L.M. *Produção de insetos para a alimentação animal*. Trabalho de conclusão. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 20018. 69p. In: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180588/001072223.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (acessado em 11 mai. 2021).

Recebido para publicação em 11/05/2021, aprovado em 15/09/2021 e publicado em 30/10/2021.