

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

OLEORRESINA DE *CAPSICUM* EM DIETAS
DE CODORNAS JAPONESAS

Autora: Rosileide Vilalba Rohod
Orientadora: Prof^a Dr^a Simara Márcia Marcato

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril - 2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

OLEORRESINA DE *CAPSICUM* EM DIETAS
DE CODORNAS JAPONESAS

Autora: Rosileide Vilalba Rohod
Orientadora: Prof^a Dr^a Simara Márcia Marcato

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril – 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

Rohod, Rosileide Vilalba

R738o Oleorresina de *Capsicum* em dietas de codornas japonesas / Rosileide Vilalba Rohod. -- Maringá, 2020.

84 f.: il., tabs.

Orientador (a): Prof.a Dr.a Simara Márcia Marcato.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.

1. Codorna japonesa - Desempenho. 2. Codorna japonesa - Qualidade de ovos. 3. Morfometria intestinal. 4. Fitoterápicos. I. Marcato, Simara Márcia, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.6



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

OLEORRESINA DE *Capsicum* EM DIETAS DE
CODORNAS JAPONESAS

Autora: Rosileide Vilalba Rohold
Orientadora: Profª Drª Simara Marcia Marcato

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 27 de fevereiro de 2020.

Profª Drª Eliane Gasparino

Prof. Dr. Ricardo Souza
Vasconcellos

Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

Profª Drª Elis Regina de Moraes
Garcia

Profª Drª Simara Marcia Marcato
Orientadora

Aqueles que semeiam com lágrimas, com cantos de alegria colherão.

Aquele que sai chorando enquanto lança a semente,
voltará com cantos de alegria, trazendo os seus feixes.

Salmos 126:5,6

Dedico a Deus por sua bondade, fidelidade e amor;

A meu pai Avelino Rohod (*in memoriam*), por ter deixado muitos de seus sonhos de lado para realizar os meus. A força de vontade, perseverança e bom humor diante das dificuldades eram umas de suas características, que busco na lembrança quando as minhas estão se esgotando;

A minha mãe Rosilda Vilalba Rohod, por todo seu amor e apoio deixando muitas de suas vontades de lado para satisfazer as minhas. Mesmo com pouco entendimento tenta compreender minha ausência e silenciosamente e em oração assume meus medos;

Ao meu amigo, companheiro e esposo Dalton, pela compreensão da minha ausência, dedicação e pelas inúmeras vezes que ajudou no projeto a campo, deixando muitas vezes seu tempo de descanso para me ajudar no trabalho;

Ao meu irmão Flávio, que sempre torceu pelo meu sucesso e a quem pude recorrer nos momentos difíceis;

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida. Por abrir portas, capacitar, fortalecer e enviar pessoas como sua ferramenta nos momentos difíceis em que precisei.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Simara Márcia Marcato, por ter aceitado me orientar. Agradeço também por sua amizade, direção e ensinamentos. Sua ética e conduta no trabalho contribuíram na minha vida profissional. E sua postura com próximo, sempre com muita humildade e empatia me inspirou a ser melhor como pessoa. Obrigada professora por ser o que é!

Ao Prof. Dr. Carlos Antônio Lopes de Oliveira, a quem pude recorrer diversas vezes para sanar dúvidas sobre estatística. Obrigada por toda ajuda, paciência, amizade e ensinamentos!

À Prof.^a Dr.^a Paula Toshimi Matumoto Pinto, pela ajuda na condução de algumas análises e pela enorme paciência em todas as vezes que precisei. Agradeço também seus orientados pelo convívio no laboratório, em especial a Bianca que teve a frente na padronização das minhas análises.

Aos funcionários e professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em especial aos professores: Daiane Grieser, Leandro Castilho, Claudete Alcalde, Ricardo Vasconcellos e Paulo Pozza, pelo conhecimento transmitido.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Alimento e Nutrição Animal (LANA/UEM), e aos funcionários da Fazenda Experimental Iguatemi (FEI/UEM), pelo auxílio prestado durante a condução deste trabalho.

À empresa Vicami, pelo fornecimento dos animais para condução do experimento e pela confiança depositada.

À empresa Pancosma, pelo fornecimento dos produtos utilizados na pesquisa, em especial ao Carlos e Leticia.

Aos amigos do grupo de pesquisa: Eline Finco, Mariani Benites, Diogo Pinaffi, Isabela Martins, João Rossato, Andressa Carvalho, Débora Aquino, Felipe Augusto, Luana Freitas, Marcos Pereira. Obrigada pela amizade e pela ajuda na condução do experimento, sem o grupo talvez nem possível fosse concluir esse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos da pós: Lidiane, Natalia, Lucas e Alessandra, pelo convívio e tempo de grupo de estudo juntos.

A Suellen Maria, pela amizade e por abrir as portas de sua casa para me receber nesse período final do meu trabalho.

A Bruna, Thalita, Joice, Joelma e Isabelle (amigas da célula), pelo apoio, carinho e amizade!

A todos que ajudaram direta e indiretamente

Os meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

ROSILEIDE VILALBA ROHOD, filha de Avelino Rohod e Rosilda Vilalba Rohod, nasceu em Bela Vista, Mato Grosso do Sul, no dia 19 de maio de 1982. Em agosto de 2010, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, e, em março de 2014, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação de Mestrado, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

Nesse mesmo ano, ingressou na mesma Universidade como docente no curso de Zootecnia até dezembro de 2015. Em março de 2016 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na área de Concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Avicultura. Em julho de 2019, submeteu-se ao Exame Geral de Qualificação e, em fevereiro de 2020, submeteu-se à defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xv
I.INTRODUÇÃO.....	1
1. Revisão de literatura	3
1.1. Coturnicultura no Brasil.....	3
1.2. Aditivos fitoterápicos.....	4
1.2.1 Óleos essenciais e Oleorresinas	5
1.3. Fitoterápico na produção e o desempenho das aves	7
1.4. Efeitos Fisiológicos e farmacológicos das pimentas do gênero <i>Capsicum</i> (capsaicina)	9
1.5. Espécie reativa ao oxigênio e sistemas de defesa antioxidantes.....	12
1.6. Aditivos fitoterápicos: ação antioxidante	14
1.7. Aditivos fitoterápicos: morfometria intestinal.....	16
Referências.....	20
II- OBJETIVOS GERAIS.....	33
2.1 Objetivos específicos	33
III. Adição de oleorresina de <i>Capsicum</i> na dieta de codornas japonesas em crescimento sobre o desempenho, peso de órgãos, morfometria intestinal e atividade antioxidante em tecidos hepáticos ¹	34
Resumo:	34

INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS	36
Animais, instalações e manejo	36
Dieta e delineamento experimental.....	37
Desempenho e coleta de amostras	38
Peso relativo dos órgãos e morfometria intestinal	38
Atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP)	39
Extração das amostras de tecido hepático.....	39
DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)	40
ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico])	40
FRAP (Poder antioxidante redutor férrico)	40
Análise estatística	41
RESULTADOS	41
DISCUSSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	48
IV. Oleorresina de <i>Capsicum</i> na dieta de codornas japonesas nas fases de crescimento e postura melhora o desempenho, a qualidade externa de ovos, morfometria intestinal e capacidade antioxidante em tecidos hepáticos.....	55
Resumo:	55
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	58
Animais, instalações e manejo.....	58
Dieta e delineamento experimental.....	58
Desempenho.....	60
Qualidade interna e externa dos ovos	61
Atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP)	62
Extração das amostras de tecido hepático.....	62
DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)	62
ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico])	63
FRAP (Poder antioxidante redutor férrico)	63
Morfometria Intestinal	63
Análise estatística	64
RESULTADOS	64
DISCUSSÃO	71

REFERÊNCIAS.....	77
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

LISTA DE TABELAS

Página

III. Adição de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas em crescimento sobre o desempenho, peso de órgãos, morfometria intestinal e atividade antioxidante em tecidos hepáticos.....34

Tabela 1 - Composições centesimal e calculada das rações experimentais para as fases de cria e recria.....38

Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas, nas fases de cria e recria, alimentadas com dietas contendo níveis de oleorresina de *Capsicum*.....41

Tabela 3. Altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm) e relação altura de vilo e profundidade de cripta (V/C) (μm) do duodeno e jejuno de codornas japonesas, aos 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis oleorresina de *Capsicum*.....42

Tabela 4. Peso relativo de órgãos de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade alimentadas com oleorresina de *Capsicum*.....43

Tabela 5. Capacidade antioxidante no fígado de codornas japonesas aos 42 dias de idade, alimentadas com oleorresina de *Capsicum*.....43

IV. Oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas nas fases de crescimento e postura melhora o desempenho, a qualidade externa de ovos, morfometria intestinal e capacidade antioxidante em tecidos hepáticos.....55

Tabela 1 - Composições centesimal e calculada da ração referência para codornas japonesas na fase de cria, recria e postura.....60

Tabela 2. Efeitos dos níveis de oleorresina de <i>Capsicum</i> e seu fornecimento em diferentes fases sobre o desempenho de codornas japonesas em produção.....	65
Tabela 3. Efeitos dos níveis de oleorresina de <i>Capsicum</i> e seu fornecimento em diferentes fases sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas em produção.....	66
Tabela 4. Efeitos dos níveis de oleorresina de <i>Capsicum</i> e seu fornecimento em diferentes fases sobre altura de vilo, profundidade de cripta e relação altura de vilo: profundidade de cripta (V/C) do duodeno e jejuno de codornas japonesas em produção.....	67
Tabela 5. Efeitos dos níveis de oleorresina de <i>Capsicum</i> e seu fornecimento em diferentes fases sobre a capacidade antioxidante no tecido hepático de codornas japonesas em produção.....	68

RESUMO

A eminente possibilidade de risco à saúde humana no uso de antibióticos como melhoradores de crescimento, resultou em aumento na busca por plantas ou por seus princípios ativos isolados, que possam ser fornecidos na alimentação de aves e proporcionar saúde e bem-estar dos animais e conseqüentemente melhorar seu desempenho. Portanto, o objetivo geral neste estudo foi avaliar a influência da adição oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas japonesas na fase de crescimento (cria e recria) e na sua fase de postura. Capítulo III: Objetivou-se neste estudo avaliar adição de dois níveis de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas na fase de crescimento (cria e recria) sobre o desempenho, morfometria intestinal, peso de órgãos e capacidade antioxidante de tecido hepático. Foram utilizadas 840 codornas de 1 dia de idade que foram distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso (DIC) com três tratamentos, sete repetições e 40 aves/unidade experimental. Os tratamentos ficaram dispostos da seguinte forma: Controle; Caps20: aves que foram alimentadas com dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50: aves que foram alimentadas com dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*. Foram avaliados o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de 1 a 14, 15 a 42 e 1 a 42 dias de idade. O peso relativo dos órgãos e as análises de morfometria intestinal (altura de vilos, profundidade de cripta e a relação de vilo/cripta) do duodeno e jejuno foram realizadas aos 14 e 42 dias de idade. A avaliação de capacidade antioxidante foi realizada mediante as análises de DPPH, ABTS e FRAP em tecido hepático de codornas com 42 dias de idade. Não se observou influência das dietas sobre o desempenho em nenhuma das fases estudadas. Aos 14 dias o maior peso relativo do intestino foi verificado no tratamento Caps20, no entanto, aos 42 dias de idade maiores pesos relativos do pâncreas

e intestino foram observados no tratamento Caps50. Não houve influência para altura de vilos, profundidade de cripta e na relação V/C no duodeno aos 14 dias. No entanto, redução na profundidade de cripta e maior relação V/C foram verificados no jejuno no tratamento Caps50. Já aos 42 dias, a morfometria do duodeno e jejuno não foram influenciados pelos tratamentos. Em relação a capacidade antioxidante foi verificado aumento no valor do ABTS na dieta Caps50 e aumento no valor do FRAP nas dietas Caps20 e Caps50. Conclui-se que a utilização de oleorresina de *Capsicum* não influenciou o desempenho de codornas na fase de crescimento. No entanto, sua suplementação, independente dos níveis estudados, melhorou a morfometria do jejuno aos 14 dias de idade e melhorou a capacidade antioxidante do fígado de codornas japonesas. Capítulo IV: Objetivou-se neste estudo avaliar a influência de dois níveis de oleorresina de *Capsicum* adicionada na ração de codornas japonesas na fase de crescimento e postura e comparar com fornecimento apenas na fase de postura sobre o desempenho, qualidade de ovos, morfometria intestinal e capacidade antioxidante de tecido hepático. Foram utilizadas 525 codornas japonesas com 1 dia de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC), disposto em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, cujos os fatores foram: 2 níveis de oleorresina de *Capsicum* (20 ou 50 mg.kg⁻¹) e 2 fases de fornecimento (fases de crescimento e postura ou somente na fase de postura), e a testemunha (controle), totalizando cinco tratamentos com sete repetições e 15 aves/unidade experimental. As variáveis de desempenho avaliadas foram consumo de ração (CRD), taxa de produção de ovos (TP), massa de ovos (MO), conversão alimentar por dúzia de ovos e por quilo de ovos (CADZ, CAKG). As análises para qualidade de ovos foram: peso dos ovos (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), % gema, % albúmen e % casca, gravidade específica (GE), peso de casca por superfície de área (PCSA) e espessura de casca ESPC. As análises de morfometria intestinal (altura de vilos, profundidade de cripta e a relação de vilo/cripta) foram realizadas no duodeno e jejuno aos 112 dias de idade. A avaliação de capacidade antioxidante foi realizada mediante as análises de DPPH, ABTS e FRAP em tecidos hepáticos. Houve interação ($P < 0,05$) entre as dietas e as fases de fornecimento de oleorresina de *Capsicum* para o CRD, para TP e CADZ e CAKG, com menor consumo e taxa de postura no grupo que receberam 20 mg.kg de oleorresina *Capsicum* apenas na fase de postura. Já a CADZ e CAKG foi melhorada quando fornecida 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura. A MO apresentou efeito ($P < 0,05$) apenas para a fase de fornecimento, com valor superior quando a oleorresina de *Capsicum* foi fornecida nas fases de crescimento e

postura. Já para as comparações entre os níveis de oleorresina e a dieta controle foi observado menor consumo ($P < 0,05$) do grupo de codornas que receberam dieta Caps50 comparado com controle. As variáveis UH, IG, GE (g ml^{-1}), PCSA e ESPC (mm) foram influenciadas pela fase de fornecimento ($P < 0,05$), sendo sempre superiores para a fase de crescimento e postura, comparativamente a postura. Além disso, verificou-se interação ($P < 0,05$) para a porcentagem de casca, com menor porcentagem de casca verificada nos ovos provenientes das aves que receberam 20 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum* apenas na fase de postura. Foi verificado ($P < 0,05$) aumento na altura de vilos nas porções do duodeno e jejuno e maior atividade antioxidante do tecido hepático de codornas que foram suplementadas com oleorresina de *Capsicum* na fase de crescimento e postura. Conclui-se que a utilização de 50 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas nas fases de crescimento e postura melhora o desempenho e aumenta a porcentagem de casca. Além disso, o fornecimento de oleorresina de *Capsicum* nas fases crescimento e postura melhora a qualidade externa da casca dos ovos, aumenta a altura de vilos do duodeno e jejuno e melhora a capacidade antioxidante do tecido hepático das aves.

Palavras-chave: Antioxidante, capsaicina, *coturnix coturnix japonica*, desempenho, pimenta, morfometria intestinal

ABSTRACT

The risk eminent risk possibility to human health in the antibiotics use as growth enhancers, increased the search for plants or for their isolated active ingredients, which can be used in poultry feed to provide animal health and welfare as well as consequently improve its performance. Therefore, the general objective in this study was to evaluate the *Capsicum* oleoresin addition influence in Japanese quails feeding in growth (starter and growth) and laying phases. Chapter III: The objective of this study was to evaluate two levels of *Capsicum* oleoresin addition to Japanese quail diet in the growth phase (starter and growth) on performance, intestinal morphometry, organ weight and antioxidant capacity of liver tissue. 840 1-day-old quails were used and distributed in a completely randomized design with three treatments, seven replicates and 40 birds per experimental unit. The treatments were arranged as follows: Control; Caps20: birds fed with reference diet + 20 mg.kg⁻¹ of oleoresin; Caps50: birds fed with reference diet + 50 mg.kg⁻¹ of *Capsicum* oleoresin. Feed intake, weight gain and feed conversion from 1 to 14, 15 to 42 and 1 to 42 days of age were evaluated. The organs relative weight and the intestinal morphometry analysis (villus height, crypt depth and villus/crypt ratio) of duodenum and jejunum were performed at 14 and 42 days of age. The evaluation of antioxidant capacity evaluation was carried out through the analysis of DPPH, ABTS and FRAP in liver tissue of quails at 42 days of age. There was no diets influence on performance in any of the studied phases. At 14 days the highest intestine relative weight was found in the Caps20 treatment, however, at 42 days of age the highest pancreas and intestine relative weights were observed in the Caps50 treatment. There was no influence on villus height, crypt depth and V/C ratio in the duodenum at 14 days. However, a reduction in the crypt depth and a higher V/C ratio was observed in jejunum in Caps50 treatment. At 42 days, the duodenum and jejunum morphometry were not influenced by treatments. Regarding the antioxidant capacity, there was an increase in the ABTS value

in Caps50 diet and an increase in the FRAP values in Caps20 and Caps50 diets. It is concluded that the *Capsicum* oleoresin use did not influence the quail's performance in growth phase. However, its supplementation, regardless of the levels studied, improved the jejunum morphometry at 14 days of age and improved the liver antioxidant capacity of Japanese quails. Chapter IV: The objective of this study was to evaluate the influence of two *Capsicum* oleoresin levels added in Japanese quails diet in growth and laying phase and to compare with supply only in the laying phase on performance, egg quality, intestinal morphometry and liver tissue antioxidant capacity. Japanese quails with 1 day of age were used, distributed in a completely randomized experimental design, arranged in a $2 \times 2 + 1$ factorial scheme, whose factors were: two *Capsicum* oleoresin levels (20 or 50 mg.kg⁻¹) and two supply phases (growth and laying phases or only in the laying phase), and the control (control), totaling five treatments with seven replications and 15 birds per experimental unit. The performance variables evaluated were feed intake (CRD), egg production rate (TP), egg mass (MO), feed conversion per dozen eggs and per kilogram of eggs (CADZ, CAKG). The analyzes for egg quality were: egg weight (PO), Haugh unit (UH), yolk index (IG), % yolk, % albumen and % shell, specific gravity (GE), shell weight per area surface (PCSA) and ESPC shell thickness. The intestinal morphometry analyzes (villus height, crypt depth and villus / crypt ratio) were performed in the duodenum and jejunum at 112 days of age. The evaluation of antioxidant capacity was carried out through the analysis of DPPH, ABTS and FRAP in liver tissues. There was an interaction ($P < 0.05$) between the diets and the *Capsicum* oleoresin supply phases for the CRD, for TP and CADZ and CAKG, with lower consumption and posture rate in the group that received 20 mg.kg of *Capsicum* oleoresin. only in the laying phase. CADZ and CAKG were improved when 50 mg.kg⁻¹ of *Capsicum* oleoresin was supplied in the growth and laying phases. The OM showed an effect ($P < 0.05$) only for the supply phase, with a higher value when *Capsicum*'s oleoresin was supplied in the growth and laying phases. For the comparisons between the levels of oleoresin and the control diet, lower consumption ($P < 0.05$) was observed in the group of quails that received Caps50 diet compared to control. The variables UH, IG, GE (g ml¹), PCSA and ESPC (mm) were influenced by the supply phase ($P < 0.05$), being always higher for the growth and posture phase, compared to posture. In addition, there was an interaction ($P < 0.05$) for the percentage of shell, with a lower percentage of shell found in eggs from birds that received 20 mg.kg⁻¹ of *Capsicum* oleoresin only in the laying phase. It was verified ($P < 0.05$) an increase in the height of villi in the portions of the duodenum and jejunum and

greater antioxidant activity of the liver tissue of quails that were supplemented with Capsoresum oleoresin in the growth and laying phase. It is concluded that the use of 50mg.kg⁻¹ of Capsicum oleoresin in the quail diet in the growth and laying phases improves performance and increases the percentage of shell. In addition, the supply of Capsicum oleoresin in the growth and laying phases improves the external quality of the eggshells, increases the height of villi in the duodenum and jejunum, and improves the antioxidant capacity of the liver tissue of birds.

Key words: Antioxidant, capsaicin, *coturnix coturnix japonica*, performance, pepper, intestinal morphometry

I.INTRODUÇÃO

Na produção de alimentos o setor de avicultura ocupa lugar de destaque no que diz respeito à produção de proteína animal, assim como na geração de empregos e desenvolvimento socioeconômico (Almeida et al., 2013). A coturnicultura vem ganhando seu espaço nesse cenário avícola IBGE (2018), e pode ser reflexo do desenvolvimento de grandes empreendimentos na produção que deixou seu período de amadorismo para trás e, passou a ocupar um cenário de atividade tecnicizada com resultados promissores (Bertechini, 2010).

É incontestável que o grande avanço no setor de avicultura nas últimas décadas tem a contribuição dos antimicrobianos promotores de crescimento, que atuam na manutenção da qualidade intestinal das aves, proporcionando melhores resultados (Gonzales et al., 2012). Os antibióticos em níveis subterapêuticos são os mais comumente utilizados na indústria avícola como promotores de crescimento, visando melhorar a taxa de crescimento e a eficiência da utilização de alimentos, assim como reduzir a mortalidade (Zeng et al., 2015).

No entanto, a utilização de antibióticos na produção animal tem sido alvo de discussão em relação à possibilidade dos microrganismos se tornarem imune a antibióticos específicos ao longo do tempo, com conseqüente surgimento de bactérias resistentes apresentando risco para a saúde humana, uma vez que a cadeia alimentar, como carne e ovos, são considerados rotas importantes pela qual os seres humanos são infectados com bactérias resistentes (Guo et al., 2004; Tekce e Gül, 2017).

Este fato levou muitos países a restringirem ou até mesmo proibirem, como é o caso da União Europeia (UE), o uso de antibióticos como aditivos para rações de aves

(Windisch et al., 2008). Portanto, a busca por aditivos que possam substituir os antibióticos como promotores de crescimento na produção de aves alavancaram pesquisas com derivados de plantas, como extratos, óleos essenciais, oleorresinas e seus componentes purificados (Jamroz et al., 2005; Altop et al., 2017; Ahsan et al., 2018; Pirgozliev et al., 2018).

Diversos benefícios são observados na utilização de aditivos fitoterápicos na alimentação de aves pelo alto teor de compostos fenólicos em sua composição (Karre et al., 2013), tais como: ação antioxidante e antimicrobianas, aumento da produção de secreções digestivas, redução dos níveis de bactérias patogênicas, melhoraria do *status* imune e promoção do bem-estar animal (Brenes & Roura, 2010; Hashemi & Davoodi, 2011; Placha et al., 2015) e, dessa forma, melhoraria do desempenho das aves.

Além disso, a busca por extratos naturais que possam minimizar os efeitos dos radicais livres no organismo das aves, assim como nos seus produtos, carne e ovos, também tem impulsionado pesquisas no uso dos aditivos fitoterápicos como antioxidantes, uma vez que a produção intensiva de aves eleva a exposição dos animais às condições de estresse oxidativo (Zhao et al., 2011; Yesilbag et al., 2013; Cengiz et al., 2015; Salami et al., 2016; Abou-Elkhair et al., 2018).

As pimentas do gênero *Capsicum*, tradicionalmente usadas como alimentos frescos ou processados, são fontes de nutrientes essenciais e com alto teor de capsaicina em sua composição, cuja substância é a principal responsável pela pungência e propriedades farmacológicas da pimenta (Maksimova et al., 2016), tais como: ação antioxidante (Ali et al., 2017; Pirgozliev et al., 2018), efeitos positivos sobre atividades enzimáticas pancreática e intestinal e, dessa forma, melhora a digestão de gorduras, carboidratos e proteínas (Prakash & Srinivasan, 2012; Srinivasan, 2016, Ali et al., 2017), assim como aumenta a absorção de alguns minerais como zinco, ferro e cálcio (Prakash & Srinivasan, 2013).

Embora trabalhos comprovem a eficiência de óleos essenciais na alimentação de aves, dados controversos são encontrados na literatura, uma vez que, a eficiência dos produtos derivados de plantas está intimamente ligada a diversos fatores, tais como, parte da planta utilizada, época de colheita, origem geográfica e a técnica para o processamento que pode modificar as substâncias ativas e os compostos associados no produto final (Windisch et al., 2008).

Aliado a isto, a avaliação da adição de aditivos fitoterápicos se concentram em frangos de corte e galinhas poedeiras com escassez de trabalhos na produção de codornas

e, levando em consideração que a coturnicultura tem ganhado importância na indústria avícola, com aumento no consumo de ovos de codornas, pesquisa voltada para melhorar e oferecer produtos saudáveis dessa espécie se faz necessária.

Portanto, esta revisão tem como objetivo principal uma análise científica sobre o uso de fitoterápicos na dieta das aves como alternativa aos melhoradores de desempenho. Adicionalmente, explicar sobre os possíveis benefícios do fornecimento de pimentas do gênero *Capsicum* e seu princípio ativo, a capsaicina, sobre o desempenho animal.

1. Revisão de literatura

1.1. Coturnicultura no Brasil

A avicultura é atividade importante no setor de produção de alimentos, sendo considerado um dos segmentos de maior relevância no agronegócio brasileiro, gerando capital, refletindo também no desenvolvimento social/econômico (Almeida et al., 2013). Nesse cenário avícola a coturnicultura, ou seja, a criação de codornas ganhou seu espaço no mercado ao longo dos anos, principalmente na produção de ovos.

Produtores que antes eram apenas de ovos de galinha poedeiras aproveitaram o ramo e seu conhecimento e passaram a explorar a criação de codornas como mais uma atividade e abertura de um novo mercado (Bertechini, 2013). Essa evidência pode ser sustentada pelas pesquisas estatísticas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e, é notório que a maior parte de produtores de codornas se concentra na região onde possui o maior número de galinhas alojadas e produção de ovos.

O constante crescimento na exploração comercial de codornas tem sido multifatorial, Pastore et al. (2013) cita o rápido crescimento, sua precoce maturidade sexual (35 a 42 dias), conseqüentemente precocidade na produção e longevidade em alta produção (14 a 18 meses), que aliado a possibilidade de criação em pequenos espaços, baixo investimento e com rápido retorno financeiro contribuiu com o crescimento desta atividade.

Tais características da criação de codornas possibilita uma alternativa em potencial para agregar renda de pequeno produtor ou agricultura familiar, é o que mostra recente pesquisa realizada por Silva et al. (2018) sobre a viabilidade econômico financeira da implementação da coturnicultura para o pequeno produtor.

Além disso, o crescimento do setor também pode estar associando com as mudanças sociais e de hábitos da população que se alimenta cada vez mais fora de casa,

redução do preço pelo aumento da produção e melhor conhecimento da qualidade do produto (Pastore et al., 2012).

No panorama mundial, os líderes na produção de ovos de codornas japonesas são: China, Japão, Brasil e a França, mas na América do Sul, o Brasil lidera a produção, seguido da Venezuela, Peru, Colômbia e Bolívia (Bertechini, 2013).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) no Brasil o efetivo de codornas (produção de carne ou ovos) em 2018 o efetivo de codornas foi de 16,8 milhões de aves, com maior concentração de produção na região sudeste, com 64,0% do total nacional com estado de São Paulo mantendo a liderança nesse mercado respondendo por 24,6% e em segundo Espírito Santo 21,0% da produção nacional (IBGE, 2018).

Embora a criação de codornas tenha superando o período de amadorismo e solidificado como exploração industrial (Pastore et al., 2012), sua produção ainda enfrenta vários desafios, dentre alguns se encontra poucos estudos, quando se compara com as galinhas poedeiras e frangos, falta de padronização dos manejos para codornas, uma vez que não existe um manual que contenha informações sobre o peso ideal para cada fase, requisitos nutricionais, gerenciamento de iluminação e outros aspectos (Molino et al., 2015).

1.2. Aditivos fitoterápicos

Durante a última década, o uso de aditivos de origem natural na nutrição animal tem sido encorajado impulsionando pesquisas que buscam elucidar sobre as estruturas bioquímicas e funções fisiológicas de vários aditivos alimentares, como probióticos, prebióticos, ácidos orgânicos e extratos de plantas (Frankič et al., 2009).

Aditivos fitoterápicos também conhecidos como nutracêuticos são produtos provenientes das plantas tais como ervas, especiarias e seus produtos derivados como os óleos essenciais, oleorresinas e extratos vegetais (Windisch et al., 2008), cuja principal diferença entre os extratos de plantas, óleos essenciais e oleorresinas é o método de extração utilizado.

Os extratos vegetais e seus princípios ativos extraídos são importantes componentes da medicina tradicional e sua utilização acompanha a história da humanidade (Menten et al., 2014). No entanto, essa classe de aditivos na alimentação animal, principalmente de aves, ganhou maior atenção nas últimas décadas como substitutos aos promotores de crescimento convencionais, após a proibição da maioria

dos antibióticos na União Europeia em 1999 e posteriormente, a proibição total aplicada em 2006, pelo suposto risco em gerar resistência aos antibióticos na microbiota patogênica (Windisch et al., 2008).

O uso de aditivos provenientes de plantas substituindo os antibióticos como promotores de crescimento na alimentação de aves visa a melhora da microbiota intestinal, evitando que bactérias patogênicas se alojem na mucosa intestinal e, conseqüentemente, melhore o desempenho produtivo das aves (Fernandes et al., 2015), mas sem gerar problemas como resíduos na carne ou ovos como tem sido apontado pelos antibióticos comerciais comumente utilizados, uma vez que derivados de plantas, incluindo extratos de plantas, óleos essenciais e seus componentes purificados têm sido reconhecidos pelos consumidores como seguros no seu uso pela indústria de alimentos (Brenes & Roura, 2010).

Estudos com aditivos fitoterápicos têm demonstrado melhora na digestibilidade de nutrientes por melhorar a produção e secreção digestiva (Brenes e Roura, 2010; Amad et al., 2011) ação antimicrobiana na redução de bactérias patogênicas (Brenes e Roura, 2010) e efeitos positivos no sistema imunológico (Lu et al., 2014).

Além disso, a demanda recente por antioxidantes naturais pelos consumidores tem impulsionado pesquisas voltadas na identificação de antioxidantes, a partir de fontes naturais, que possam ter a mesma eficácia dos antioxidantes sintéticos, uma vez que estes, pelo seu suposto efeito cancerígeno e tóxico têm sido alvo de preocupação por parte de consumidores cada vez mais preocupados com alimentação natural e saudável (Karre et al., 2013).

1.2.1 Óleos essenciais e Oleorresinas

Óleos essenciais (OEs) são conhecidos pela humanidade há milênios, antes mesmo da sua utilização como fragrâncias, pois eram usadas como remédios nos tempos em que a “autocura” era a única opção para o combate de parasitas e outras enfermidades (Schmidt, 2010). Devido as suas características lipofílicas os termos “óleo” e o “essencial” estão relacionados com sua propriedade aromatizante. Os óleos essenciais são também conhecidos como fitonutrientes, compostos bioativos, extrato de plantas ou compostos secundários de plantas (Silva, 2017).

Os óleos essenciais são subprodutos do metabolismo secundário das plantas caracterizados como misturas complexas constituídas de substâncias lipofílicas, voláteis, com baixo peso molecular (Krishan & Narang, 2014). A maioria dos óleos é mais leve

que a água, com gravidade específica entre 0,8 e 1,17, possui odor característico e são solúveis em solventes orgânicos (Morais, 2009; Krishan & Narang, 2014). Quimicamente, os OEs estão inseridos em duas classes de compostos que são os terpenos e fenilpropenos (Krishan & Narang, 2014).

Sua extração é realizada por meio da técnica de arraste a vapor, hidrodestilação ou expressão de pericarpo de frutos cítricos, solventes orgânicos apolares ou extração por CO₂ supercrítico, este último é o mais utilizado na indústria (Figueiredo et al., 2014). Vale ressaltar que os produtos extraídos por solventes orgânicos ou dióxido de carbono supercrítico, podem não ser considerados como OEs verdadeiros passando a serem considerados como resinas ou oleorresinas (Kubeczka, 2010).

A oleorresina por sua vez é produto obtido a partir de material vegetal fresco ou seco extraído por solventes orgânicos. São praticamente sólidas à temperatura ambiente, após a retirada do solvente e contêm todos os componentes lipofílicos que constituem o material vegetal. No processo de extração da oleorresina podem ser extraídos também óleos essenciais, ácidos graxos, carotenoides, cumarinas, esteróis e flavonas (Reverchon, 1997).

Os produtos da extração dos óleos essenciais e oleorresinas são misturas complexas produzidas no metabolismo secundário das plantas, tais como terpenoides, álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, entre outros, variando a quantidade e composição de acordo como o clima, tipo de solo, época da colheita, método de extração e uso de químicos (fertilizantes) (Shanjani et al., 2010; Krishan & Narang, 2014; Chrysargyris et al., 2017).

A função e eficácia exercidas pelos extratos estão diretamente relacionadas aos seus princípios ativos e as concentrações das substâncias majoritárias contida nas plantas, que podem variar em uma mesma planta nas suas diferentes partes (flores, folhas, cascas) (Krishan & Narang, 2014). Além disso, a literatura tem reportado que as substâncias que estão em menores quantidades podem potencializar efeito do princípio ativo que está em maior quantidade (majoritário) (Kamel, 2000), motivo pelas quais pesquisas com o uso de combinações de plantas ou combinações de princípios ativos na dieta animal têm sido realizadas a fim de verificar a ocorrência de sinergismo entre os compostos ativos das plantas (Bravo et al., 2014; Pirgozliev et al., 2018).

Várias são as substâncias encontradas nas plantas que têm despertado interesse de pesquisadores da nutrição animal, no entanto substâncias como: timol (tomilho), carvacrol (orégano), alina e alicina (alho), mentol (menta), cinamaldeído (canela),

capsaicina (pimenta) são as mais utilizadas por possuírem princípios ativos já conhecidos (Busquet et al., 2006).

1.3. Fitoterápico na produção e o desempenho das aves

Os mecanismos de ação os quais os aditivos fitoterápicos atuam como promotores de crescimento animal ainda não foram totalmente elucidados e seu aspecto de aplicação ainda é bastante limitado (Valenzuela-Grijalva et al., 2017; Pirgozliev et al., 2018).

No entanto, seu efeito no desempenho tem sido atribuído à soma de vários mecanismos, como resultado das diversas atividades biológicas dos fitoterápicos (Valenzuela-Grijalva et al., 2017). Dentre os mecanismos atribuídos na melhora do desempenho se encontram ação antimicrobiana e potencial antioxidante (Raeisi et al., 2016; Altop et al., 2018; Pirgozliev et al., 2018), melhoria na retenção de alguns minerais e ação estimulante da atividade enzimática digestiva e intestinal (Jamroz et al., 2005).

A melhora no desempenho pela ação antimicrobiana se deve a capacidade dos princípios ativos contidos nos fitoterápicos em reduzir bactérias patogênicas, como coliformes, *E. coli*, *C. perfringens* e *Salmonella spp.* (Manafi et al., 2016) e aumentar as populações de lactobacilos nos intestinos das aves (Ali et al., 2016; Skoufos et al., 2016). Os *Lactobacillus spp.* podem impedir a colonização de bactérias patogênicas mediante a competição por nutriente e sítios de ligação, ou ainda, produzir ácidos orgânicos e outras substâncias bactericidas que podem reduzir a colonização do intestino por bactérias não benéficas (Van der Wielen et al., 2002).

Além disso, alguns princípios ativos podem aumentar o número de células caliciformes que estão presentes na membrana das vilosidades do intestino (Ahsan et al., 2018), sugerindo aumento na produção de mucinas e compostos glicoproteicos que se ligam às bactérias não benéficas e não permite sua ligação com a mucosa intestinal (Belley et al., 1999). Portanto, o uso de fitoterápicos pode atuar na saúde das células e integridade intestinal e, dessa forma, favorecer a estrutura e crescimento das vilosidades intestinais (Ahsan et al., 2018) melhorando a capacidade de digestão e absorção de nutrientes, resultando em melhor desempenho dos animais (Skoufos et al., 2016).

Os fitoterápicos também melhoram a capacidade de digestão e absorção dos nutrientes por apresentarem diversas atividades biológicas relacionadas com as funções do trato intestinal, como aumento da atividade das enzimas lipase, tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase (Valenzuela-Grijalva et al., 2017; Yang et al., 2018). Atuam sobre a

estimulação da secreção de muco no estômago, no intestino e síntese de ácidos biliares no fígado (Platel&Srinivasan, 1996; Jamroz et al., 2005), melhorando o estado nutricional dos animais e, conseqüentemente, seu desempenho.

Pesquisa de Pirgozliev et al. (2018) demonstraram que adição de 100g/ton de um blend (carvacrol, cinamaldeído e oleorresina de *Capsicum*) na ração melhorou a conversão alimentar e os coeficientes de retenção de Ca e Na em frangos de corte.

Kim et al. (2016) verificaram aumento no ganho de peso diário e redução na conversão alimentar em frangos de corte, de 22 a 35 e de 1 a 35 dias de idade alimentados com adição da mistura de tomilho e anis estrelado, extratos de Quillaja. Os mesmos autores mencionam que os benefícios exercidos pelos óleos essenciais na nutrição de aves se devem a uma soma de fatores como o estímulo do apetite e consumo de ração, melhora da secreção enzimática digestiva endógena, ações antibacteriana, antioxidante e anti-helmíntica e ativação da resposta imune.

Bravo et al. (2014), ao estudarem a utilização de 100g/ton de um blend contendo 5% de carvacrol, 3% de cinamaldeído e 2% oleorresina de *Capsicum* na dieta de frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade, observaram maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, com tendência a maior retenção de energia na carcaça ($P = 0,062$), melhor digestibilidade da gordura de aves que consumiram dieta contendo óleos essenciais. Os autores justificam esses resultados aos efeitos benéficos exercidos pelos óleos essenciais que podem aumentar a eficiência na utilização de energia, portanto, a energia que seria necessária para manutenção é utilizada para o crescimento.

No entanto, Botsoglou et al. (2005) não observaram melhora no desempenho e na qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com adição de diferentes extratos de plantas (orégano, açafraão e alecrim). Da mesma forma, Çabuk et al. (2014) não encontraram melhora na qualidade de ovos de codornas suplementadas com fitoterápicos comparados com controle, mas observaram aumento na produção de ovos e melhor conversão alimentar.

Experimento para avaliar diferentes níveis de óleo de zimbro (100, 200 e 300 mg/kg) e uma dieta controle sobre desempenho e qualidade de ovos de codornas foi realizado por Cengiz et al. (2015). Os autores observaram aumento na unidade Haugh, espessura da casca do ovo e melhor resistência à ruptura da casca com melhores resultados com a utilização de 200 e 300mg/kg. Entretanto, não foi verificado influência dos tratamentos sobre o desempenho das aves, que de acordo com os autores, aves

saudáveis, bem alimentadas e criadas em boas condições geralmente não respondem a suplementos que promovem o desempenho.

A conversão alimentar, produção de ovos, peso dos ovos e da gema e a massa de ovos foram influenciados positivamente com a inclusão de semente de cominho preto na ração de poedeiras. Além disso, a inclusão dos extratos aumentou os valores de Unidade Haugh, assim como aumentou a espessura da casca e reduziu o colesterol da gema (Khan et al., 2013).

Os óleos essenciais também podem melhorar desempenho reprodutivo em aves. Tchoffo et al. (2017) demonstraram que a utilização de OEs de gengibre estimulam a síntese de LH, FSH e estradiol, atuando no eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal em codornas japonesas. Os mesmos autores observaram também aumento do peso do ovo com a consequente redução de mortalidade embrionária. Além disso, a adição do óleo essencial de gengibre melhorou a fertilidade, eclodibilidade de ovos férteis e taxa de eclosão.

Diversos fatores podem influenciar as funções fisiológicas dos fitoterápicos, desde a composição da matéria-prima e métodos de processamento até sua biodisponibilidade no organismo animal e condições em que os animais foram criados (Bohn et al., 2015; Salami et al., 2016). O que pode explicar em partes o conflito de dados encontrados na literatura.

1.4. Efeitos Fisiológicos e farmacológicos das pimentas do gênero *Capsicum* (capsaicina)

As pimentas do gênero *Capsicum* têm sido tradicionalmente usadas como alimentos frescos ou processados, sendo consideradas uma das hortaliças mais importantes em termos globais e embora sejam utilizadas em pigmentos naturais, como condimentos ou constituintes de pratos, como saladas, as pimentas são fontes de nutrientes essenciais, como flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides e vitaminas C, E, A (Bae et al., 2012; Wahyuni et al., 2013; Zhang et al., 2016; Ryu et al., 2017). Existem cinco espécies mais cultivadas: *Capsicum annum* (mais cultivada), *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (Jayaprakasha et al., 2012).

Dentre as diversas características da pimenta, o mais notório, é sua pungência (sabor picante) que ocorre pelos compostos fenólicos denominados de capsaicinoides que estão presentes nas pimentas do gênero *Capsicum* (Topuz & Ozdemir, 2004; Zhang et al., 2016). Os capsaicinoides são os responsáveis pelas diversas propriedades farmacológicas

da pimenta (Perucka & Materska, 2001) e seus níveis estão relacionados pelas diferenças genéticas e ambientais (Wahyuni et al., 2013). Existe uma variedade de capsaicinoides, no qual, a capsaicina e diidrocapsaicina constituem mais de 80% e estão presentes principalmente na placenta do fruto (Topuz & Ozdemir, 2004).

A capsaicina (8-metil-N-vanilil-trans-6-nonenamida) é um composto hidrofóbico, incolor, inodoro e cristalino, produzido como um metabólito secundário da planta (Srinivasan, 2016) considerado o principal componente pungente da pimenta e responsável por diversas propriedades fisiológicas e farmacológicas da pimenta (Maksimova et al., 2016).

Oleorresinas são extratos ou óleos extremamente concentrados, feitos de pimentas secas, picantes ou não, sendo que as oleorresinas de pimentas vermelhas, oleorresina de páprica e oleorresina de *Capsicum* são as três principais a serem utilizadas (Oyama et al., 2006).

Os efeitos farmacológicos da capsaicina têm sido usados desde os tempos antigos, mas estudos recentes têm demonstrado diversas aplicações específicas dessa substância, com efeitos positivos principalmente sobre o trato gastrointestinal (Reyes-Escogido et al., 2011).

Especiarias como a pimentas, devido a sua pungência, podem aumentar as secreções salivares e gástricas, portanto, a atividade de especiarias na digestão não se limita a uma única função, mas a combinação de suas influências nas secreções salivares, gástricas, pancreáticas e biliares e nas enzimas digestivas presentes na mucosa do intestino delgado (Platel & Srinivasan, 1996).

Portanto, a ação estimulante digestiva de especiarias, como a capsaicina pode ser mediada por dois possíveis modos: estimulação do fígado para liberar bile, que são abundantes em ácidos biliares importante na digestão e absorção da gordura (Prakash & Srinivasan, 2012; Srinivasan, 2016) ou mediante a estimulação de atividades enzimáticas pancreática e intestinal que participam na digestão (Prakash & Srinivasan, 2012).

Estudo com a utilização de capsaicina na alimentação de ratos demonstrou efeito positivo sobre as enzimas digestivas da mucosa intestinal, com aumento na produção de sacarose e maltose e na atividade enzimática da lipase, e pode ser considerado fator benéfico na digestão e absorção de carboidratos e gorduras (Platel & Srinivasan, 1996).

Experimento utilizando capsaicina na alimentação de ratos Prakash & Srinivasan (2012) verificaram aumento das atividades da lipase pancreática, amilase, tripsina e

quimotripsina e redução de triglicérides, colesterol e teor de fosfolípidios séricos, além de significativa redução hepática de triglicérides, colesterol e lípidios totais.

Ali et al. (2017) avaliando capsaicina (100 e 150mg/kg) na alimentação de patos também encontraram aumento significativo nas atividades das enzimas amilase, lipase e tripsina em todas as porções do intestino delgado.

A capsaicina também possui efeitos positivos sobre a absorção de minerais como zinco, ferro e cálcio no duodeno, jejuno e íleo e aumento do comprimento do intestino, sugerindo que a capsaicina pode alterar as características de permeação, presumivelmente aumentando a superfície de absorção (Prakash & Srinivasan, 2013).

A propriedade antioxidante do princípio ativo da pimenta também tem sido documentada. O efeito da capsaicina na prevenção da peroxidação lipídica induzida nas mitocôndrias de fígado de ratos foi estudado por Kogure et al. (2002). Os autores constataram que a atuação da capsaicina como antioxidante pode ser próximo da superfície da membrana ou no seu interior e que quando atuou no interior da membrana foi mais efetivo na inibição da peroxidação lipídica que o antioxidante α -tocoferol

Geralmente o grupo OH fenólico é o responsável pela eliminação dos radicais livres como acontece com α -tocoferol, no entanto no experimento realizado Kogure et al. (2002) foi constatado que o grupo fenólico OH de capsaicina permaneceu intacto após a remoção de radicais DPPH, sugerindo que o carbono benzílico na posição C7 da capsaicina é o local da eliminação de radicais livres.

Em experimento com frangos de corte Pirgozliev et al. (2018) observaram melhora no *status* antioxidantes de aves que foram alimentadas com uma mistura de aditivos que continha capsaicina, uma vez que houve aumento das concentrações hepáticas de vitamina E, caroteno e coenzima Q10 em 53,2%, 34,3% e 19,2%, respectivamente, quando comparadas a aves que consumiram ração sem adição do aditivo.

Ali et al. (2016) observaram redução na concentração de malonaldeído e aumento nas atividades séricas do superóxido dismutase e catalase em aves que foram alimentadas com 150 mg/kg de capsaicina na deita e submetidas ao estresse por calor.

Poucos trabalhos têm sido realizados com objetivo de avaliar a utilização de pimentas ou seus princípios ativos na produção, desempenho e qualidade ovos em poedeiras. Lokaewmanee et al. (2013), ao adicionarem pimenta vermelha (0,5%) em pó em rações de poedeiras, não verificaram diferenças no desempenho e qualidade de ovos quando comparadas ao controle, mas observaram diferenças na cor da gema com maior

deposição de pigmento vermelho. Li et al. (2012), avaliando adição 0,8% de pimenta vermelha na ração de poedeiras, obtiveram aumento no peso dos ovos, no entanto o consumo de ração, conversão alimentar e produção dos ovos não foram influenciados pelos tratamentos.

Da mesma forma, Vicente et al. (2007) não verificaram influência na utilização de dois níveis diferentes (18 e 36 mg) de capsaicina no desempenho e produção de ovos de poedeiras comerciais, mas observaram um efeito profilático sobre a *Salmonella enteritidis* experimental ao utilizar 36 mg de capsaicina e ambas as concentrações de capsaicina avaliadas aumentaram a pigmentação vermelha da gema.

1.5. Espécie reativa ao oxigênio e sistemas de defesa antioxidantes

Nas células eucarióticas a obtenção de energia (ATP) ocorre nas mitocôndrias (cadeia transportadora de elétrons) mediante a redução progressiva e completa do oxigênio (O_2) tendo como produtos duas moléculas de água (H_2O) (Cooper e Hausman, 2007; Halliwell & Gutteridge, 2015). No entanto, a redução incompleta do oxigênio durante este processo leva à formação de compostos químicos intermediários com propriedades oxidantes que são conhecidas como radicais livres (Halliwell & Gutteridge, 2015).

Os radicais livres são átomos, moléculas ou quaisquer compostos que contêm um ou mais elétrons não pareados (Cooper & Hausman, 2007). Alguns radicais livres são extremamente reativos a compostos próximos, célula ou tecido, cuja reação tem por finalidade captar um elétron para obter sua estabilização, sendo capazes de lesar moléculas como DNA, proteínas, lipídios e carboidratos (Birben et al., 2012; Panda & Cherian, 2014; Halliwell & Gutteridge, 2015). A maioria dos radicais livres no corpo é derivada de oxigênio e são chamadas espécies reativas de oxigênio (ERO) e derivados de nitrogênio denominados espécies reativas de nitrogênio (ERN) (Birben et al., 2012).

Existe dois tipos de EROs: 1) os radicalares, que contêm um ou mais elétrons não emparelhados em sua órbita molecular externa, como o ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radical hidroxila ($\bullet OH$), radical peroxil ($ROO\bullet$) e radical alcóxil ($RO\bullet$); 2) ROS não radicalares, que não têm elétrons não emparelhados mas são quimicamente reativos como o oxigênio singlete (1O_2), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido hipocloroso ($HOCl$) e peroxinitrito ($ONOO^-$) (Panda & Cherian, 2014; Boveris & Repetto, 2016).

Como o oxigênio é vital em reações metabólicas para as células conseguirem energia pela oxidação de nutrientes, a produção de EROs é constante e um processo

fisiológico normal (Halliwell & Gutteridge, 2015), quando geradas em baixas concentrações (Jung et al., 2007). Além disso, a formação dos EROs desempenha papel importante no organismo por atuarem na produção de energia, participação sobre as funções de sinalização celular e defesa contra micro-organismos (Barreiros et al., 2006; França et al., 2013).

Portanto, o paradoxo do oxigênio está no fato dele ser vital para os organismos aeróbicos e ao mesmo tempo ser o responsável pela produção de EROs que, quando ocorre excesso de sua produção ou redução da defesa antioxidante, acarreta estresse oxidativo com diversos danos ao organismo (Schneider & Oliveira, 2004; Barreiros et al., 2006; Sies, 2016).

Os radicais livres geram reações com substratos biológicos danificando biomoléculas, como quebra da cadeia de DNA e RNA, e uma vez que isso acontece, podem ocorrer mudanças da ordem das bases provocando mutações, como exemplo de enzimas que perdem sua função (Birben et al., 2012).

Além disso, os radicais podem provocar oxidação da camada lipídica da membrana celular (lipoperoxidação) com conseqüente prejuízo no processo de transporte ativo e passivo ou podem levar à morte celular por causar ruptura na membrana (Schneider & Oliveira, 2004; Barreiros et al., 2006).

Essa toxicidade do oxigênio resultou no desenvolvimento de mecanismos de defesa antioxidante com objetivo de manter a homeostase oxidativa e garantir a sobrevivência da célula (Barbosa et al., 2010; Augustyniak et al., 2010).

Os antioxidantes podem ser descritos como moléculas com capacidade de eliminar os radicais livres, atuando na redução da velocidade da reação de oxidação ou por reagir com os agentes oxidantes formando compostos menos prejudiciais (Britton, 1995). Os mecanismos de defesa antioxidante são agrupados como sistemas enzimáticos e não enzimáticos (Augustyniak et al., 2010) e inclui três níveis principais de defesa (Surai et al., 2016).

A defesa enzimática é a primeira linha de defesa endógena ao ataque de EROs, constituída pelas enzimas superóxido dismutase (SOD), glutaciona peroxidase (GSH-PX) e a catalase (CAT), que tem a função de eliminar o ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$), hidroperóxidos orgânicos e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), respectivamente (França et al., 2013; Boveris & Repetto, 2016), portanto essas enzimas impedem a formação de ERO ou evitam sua interação com alvos celulares, bloqueando, deste modo, a etapa de iniciação da cadeia radicalar (Surai et al., 2016).

No entanto, o primeiro nível de defesa não é suficiente para impedir completamente a produção de radicais livres, iniciando então a peroxidação lipídica e causando danos ao DNA e às proteínas (Surai et al., 2016). Nessa condição, encontra-se o segundo nível de defesa formado por antioxidantes não enzimáticos, que incluem compostos de baixo peso molecular, como vitamina E, coenzima Q (CoQ), carotenoides, vitamina A, ácido ascórbico, ácido úrico e alguns outros antioxidantes (Birben et al., 2012; Boveris & Repetto, 2016; Surai et al., 2016).

Esses antioxidantes têm função de impedir a etapa de propagação da peroxidação lipídica mediante a eliminação de intermediários de radical peroxila na reação em cadeia (Surai et al., 2016).

Já terceiro nível de defesa antioxidante inclui enzimas lipolíticas (lipases), proteolíticas (peptidases ou proteases) e outras enzimas (enzimas de reparo de DNA, ligases, nucleases, polimerases, proteinases, fosfolipases e várias transferases) cuja função é de reparação ou eliminação de moléculas danificadas. Deste modo, o sistema antioxidante é integrado e todos os antioxidantes supracitados operam em associação uns com os outros (Surai et al., 2016).

1.6. Aditivos fitoterápicos: ação antioxidante

Antioxidante é descrito como “qualquer substância presente em baixas concentrações, quando comparada com outras, que retarda ou previne significativamente a oxidação de substratos oxidáveis” (Halliwell et al., 1995).

Os antioxidantes são adicionados aos alimentos e rações a fim de preservar os componentes lipídicos da deterioração. Os antioxidantes mais comumente utilizados em alimentos e rações são sintéticos, como o hidroxianisolbutilado (BHA), hidroxitoluenobutilado (BHT), propilgalato (PG) e a terc-butil-hidroquinona (TBHQ), no entanto, a suspeita desses antioxidantes serem promotores da carcinogênese tem elevado o interesse na utilização de antioxidantes naturais (Shylaja et al., 2004).

Dentre as substâncias antioxidantes de ocorrência natural se destacam os compostos fenólicos, os quais incluem fenóis simples, ácidos fenólicos (derivados de ácidos benzoico e cinâmico), cumarinas, flavonoides, estilbenos, taninos condensados e hidrolisáveis, lignanas e ligninas (Nacz & Shahidi, 2004; Shylaja et al., 2004), encontrados nos óleos essenciais e oleorresinas de diversas plantas, que dentre as mais exploradas encontra-se orégano, sálvia (Sampaio et al., 2012), alecrim (Lara et al., 2011), manjerição (Juntachote et al., 2007) e tomilho (Haselmeyer et al., 2015).

Os compostos fenólicos são classificados como antioxidantes primários, ou seja, atuam na remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação da oxidação (Sousa et al., 2007). Devido à presença de grupos hidroxilas (OH) os compostos fenólicos atuam como doadores de hidrogênio para os radicais peróxidos formados durante a primeira etapa na oxidação lipídica retardando, dessa forma, a formação de peróxidos (Brenes & Roura, 2010). Portanto, a propriedade antioxidante dos compostos fitoterápicos também pode contribuir para a proteção dos lipídios da dieta aos danos oxidativos (Windisch et al., 2008).

Além disso, a ingestão de antioxidantes através da dieta pode auxiliar as defesas antioxidantes endógenas ou agir em sinergismo com as mesmas, potencializando a defesa do organismo contra os radicais livres, minimizando os danos oxidativos no organismo (Surai et al., 2016).

A adição de 50 e 100 mg / kg de óleo essencial de curcumina na alimentação de frangos de corte, submetidos a estresse calórico, proporcionou melhora no seu sistema de defesa antioxidante com consequente redução da produção de espécies reativas de oxigênio (Zhang et al., 2015). Placha et al. (2015) verificaram aumento da atividade da glutathione peroxidase (GPx) na mucosa duodenal, fígado e rim de poedeiras que receberam 0,1 g de óleo essencial de Sálvia.

As substâncias bioativas dos óleos essenciais e oleorresinas são rapidamente absorvidas após administração oral, pulmonar ou cutânea e a maioria é metabolizada e eliminada pelos rins em forma de glicuronídeo e por causa da rápida eliminação e meia vida curta dessas substâncias, a probabilidade de resíduo no organismo é pequeno (Kohlert et al., 2000).

Entretanto, estudos têm comprovado que os princípios ativos contidos nos aditivos fitoterápicos podem ser transferíveis para carne e ovos mediante alimentação da ave (Luna et al., 2010; Haselmeyer et al., 2015; Fernandez et al., 2017b). Lee et al. (2004) mencionam que constituintes dos óleos essenciais podem ser depositados em diversos tecidos de frangos alimentados continuamente com dietas contendo óleos essenciais, sem períodos de retirada. Podendo, dessa forma, melhorar a estabilidade oxidativa dos produtos, carne e ovos, de aves quando alimentadas com substâncias naturais com potencial antioxidante.

Luna et al. (2010) verificaram menores valores de Tbars em carne de frangos armazenados por 10 dias provenientes de aves que receberam a suplementação de timol e carvacrol quando comparados com as aves controle (sem antioxidante). De acordo com

os mesmos autores esse resultado fornece evidências indiretas de que esses antioxidantes podem ser absorvidos e entrar no sistema circulatório sistêmico após a ingestão.

Resultado semelhante foi encontrado por Botsoglou et al. (2002) que, ao avaliarem o efeito antioxidante da suplementação dietética com óleo essencial de orégano para frangos de corte sobre a estabilidade oxidativa da carne armazenada por 9 dias a 4°C, observaram menores valores de Tbars nas amostras oriundas de aves que receberam 100 mg/kg de óleo essencial de orégano na alimentação.

É importante ressaltar que a atividade metabólica, ou seja, a absorção e o potencial de se acumular nos tecidos comestíveis, diferem muito entre os compostos de origem vegetal, e deve ser avaliada individualmente para cada aditivo fitogênico (Windisch et al., 2008).

1.7. Aditivos fitoterápicos: morfometria intestinal

As aves recém-nascidas apresentam seu sistema digestório anatomicamente completo, no entanto ainda imaturo. O maior processo de maturação do sistema digestório das aves ocorre no período pós-eclosão (Pelicano et al., 2003), com modificações morfológicas, como aumento no comprimento do intestino, na altura e densidade dos vilos, no número de enterócitos e de células caliciformes e as alterações fisiológicas como aumento na produção de enzimas digestíveis com consequente melhora na capacidade de digestão (Murarolli, 2008).

O intestino delgado, segmento mais longo do trato gastrointestinal (TGI) dos animais domésticos, é dividido em duodeno, jejuno e íleo, cujas porções possuem diferenças funcionais e morfológicas (Boleli, 2002; Mendes et al., 2004). Dessas divisões, o duodeno é a região em que ocorre a mistura do bolo alimentar com as secreções digestivas e alcalinas, enquanto o jejuno é a porção em que a ocorre a maior parte da digestão e absorção (Vieira, 2002).

Além disso, o intestino delgado é composto por quatro camadas ou também denominadas de túnicas: a mucosa, submucosa, muscular e a serosa sendo que dessas, a camada mucosa possui maior relevância quanto a saúde intestinal (Mendes et al., 2004) devido aos processos de absorção serem dependentes dos mecanismos que ocorrem nessa camada (Macari & Maiorka, 2000).

A mucosa do intestino delgado possui várias vilosidades ou vilos que são protuberâncias da lâmina própria no lúmen intestinal que servem para aumentar a digestão e a área de absorção, possuindo tamanhos diferentes ao longo de todo o intestino, na

região do duodeno os vilos são geralmente mais longos e digitiformes, enquanto no jejuno e íleo, podem ser lameliformes com aspecto folheáceo (Boleli et al., 2002). Os vilos são constituídos pelas células caliciformes, células enteroendócrinas e enterócitos, as quais exercem funções diferentes (Boleli et al., 2002; Yamauchi, 2002; Eroschenko, 2008).

Na mucosa também se encontra as criptas de Lieberkuhn que são ductos que se abrem entre a base do vilos e a muscular da mucosa (Junior & Bacha, 2003), que possuem em sua constituição células-tronco, células absorptivas, células caliciformes, e células enteroendócrinas (Junqueira, 2003).

As células caliciformes presentes nos vilos e criptas são secretoras de muco composto de glicoproteínas, cujas funções são de proteger epitélio da ação de enzimas e dos efeitos abrasivos da digesta e de aproximar os nutrientes da superfície de absorção (Boleli et al., 2002; Boaro, 2009). Além disso, atua como uma barreira protetora impedindo o contato de microrganismos patogênicos que causam destruição da mucosa (Furlan et al., 2004).

Já os enterócitos são células com ação na digestão final do alimento e no transporte transepitelial dos nutrientes, a partir do lúmen ou para o lúmen (Boleli et al., 2002; Sousa et al., 2015). As células enteroendócrinas são responsáveis por produzir hormônios peptídeos e monoaminas biogênicas, que atuam na regulação da digestão, absorção e utilização de nutrientes (Boleli et al., 2002).

Dois eventos citológicos fazem parte do desenvolvimento da mucosa intestinal, uma delas é a renovação celular, em que ocorre a proliferação e diferenciação das células totipotentes localizadas na cripta e ao longo dos vilos e o outro evento é perda de células por descamação que acontece de forma natural no ápice dos vilos (Uni et al., 1998; Boleli et al., 2002). O equilíbrio entre a renovação e perda de células determina um turnover (proliferação – migração – extrusão) garantindo a manutenção do número de células e da capacidade funcional do epitélio (Macari et al., 1994)

Esses eventos citológicos influenciam o tamanho de vilos e a profundidade de cripta, pois se houver aumento na taxa de proliferação com baixa taxa de extrusão acarreta aumento no número de células e, portanto, aumento na altura e densidade dos vilos e conseqüentemente aumento na taxa de digestão e absorção (Furlan et al., 2004). No entanto, se houver aumento na taxa de extrusão, ocorre redução no tamanho do vilos e aumento na produção de células da cripta com conseqüente aumento na profundidade de cripta (Maiorka, 2001; Furlan et al., 2004).

As criptas intestinais servem como reservatório de células epiteliais e, deste modo, são indicativas de renovação celular (Markovic et al., 2009), em que cripta mais profunda indica aumento de turnover tecidual e, portanto, alta demanda por novos tecidos, cujo processo exige consumo de energia (Xu et al., 2003; Markovic et al., 2009).

Levando-se em consideração que a manutenção do intestino exige alta demanda de nutrientes, se houver aumento da taxa de troca de tecidos, aumentará também a exigência de nutrientes (Xu et al., 2003), e os nutrientes que seriam vitais para o crescimento serão consumidos para manutenção, podendo reduzir a eficiência do animal (Xu et al., 2003; Markovic et al., 2009). Em contrapartida, quando há redução na profundidade de cripta, pode indicar um intestino delgado eficiente que exige menos nutrientes para renovação celular (Markovic et al., 2009).

Já a altura de vilos e a relação entre a altura de vilo e profundidade de cripta são utilizados como indicativo de absorção intestinal (Shamoto e Yamauchi, 2000; Wealleans et al., 2017). De modo geral, é desejável vilos altos e cripta rasas, uma vez que quanto maior a relação da altura da vilosidade e a profundidade da cripta, melhor também será a absorção de nutrientes (Arruda et al., 2008). Por outro lado, a redução das áreas das vilosidades acarreta em menor atividade enzimática, redução na digestibilidade e absorção de nutrientes, aumento de secreção de toxinas no trato gastrointestinal e, conseqüentemente, prejuízo no desempenho animal (Xu et al., 2003; Arruda et al., 2008).

Um dos grandes desafios na produção de aves é a manutenção da integridade da mucosa intestinal, pois além de ser a via de entrada dos nutrientes para o desenvolvimento da ave é também local de enorme exposição a agentes que estão presentes no lúmen (Maiorka et al., 2000). O crescimento da mucosa é contínuo e sofre influência de diversos fatores, tais como níveis de hormônios como insulina, tiroxina, triiodotironina, IGF-I, colecistoquinina, entre outros, assim como pode ser influenciado pelos nutrientes da dieta, como as características físicas e químicas do alimento (Macari & Maiorka, 2000).

Diante da importância da saúde intestinal das aves, diversos trabalhos com aditivos fitoterápicos têm sido desenvolvidos com o objetivo de investigar a possibilidade desses aditivos em melhorar a integridade da mucosa intestinal (Mohiti-Asli & Ghanaatparast-Rashti, 2018; Hazrati et al., 2019), uma vez que, melhorias na morfologia intestinal, após a suplementação com fitoterápicos, tem sido acompanhadas por benefícios no desempenho das aves (Dehghani et al., 2018; Hazrati et al., 2019).

O modo de ação dos fitoterápicos sobre a morfometria intestinal pode ser atribuída ao seu efeito antimicrobiano, uma vez que estudos têm demonstrado redução de

microrganismos maléficos, como *E. coli*, *C. perfringens* e *Salmonella spp.* (Ghazanfari et al., 2015; Manafi et al., 2016) e aumento nas populações de lactobacilos nos intestinos das aves (Ali et al., 2016; Skoufos et al., 2016). Essa mudança na população microbiana de microrganismos patogênicos para comensais pode proporcionar aumento na altura de vilos (Ghazanfari et al., 2015) e na relação entre a altura de vilo e profundidade de cripta (Pan & Yu, 2014; Wealleans et al., 2017).

Ao comparar dietas contendo diferentes óleos essenciais (segurelha-anual, tomilho e menta) e uma dieta sem adição de aditivos, Dehghani et al. (2018) verificaram maior altura de vilos e menor profundidade de cripta de codornas japonesas que foram alimentadas com 400 mg/kg de tomilho.

Da mesma forma, Mohiti-Asli & Ghanaatparast-Rashti (2018) verificaram aumento na altura dos vilos e na relação vilos:cripta em frangos de corte que foram alimentados com dieta contendo 300 mg/kg de óleo essencial de orégano e redução na profundidade de cripta em aves que receberam dieta contendo 150 mg/kg de uma mistura de óleos essenciais contendo orégano, anis e casca de citros.

Em estudo realizado por Hashemipour et al. (2013), verificou-se que a adição de 100 e 200 mg / kg de timol + carvacrol na dieta aumentou a altura da vilosidade, área da superfície de vilosidade, relação vilo:cripta e número de células caliciformes de frangos de corte com 21 e 42 dias de idade.

No entanto, dados conflitantes são encontrados na literatura sobre a influência de fitoterápicos na morfometria intestinal de aves e podem estar associadas a diferenças das plantas e doses estudadas, assim como as condições de realização dos experimentos.

Ghazanfari et al. (2015) verificam maior profundidade de cripta e menor relação vilo:cripta e número de células caliciformes de aves que foram alimentadas com adição de 300mg/kg de óleo essencial de coentro quando comparado a uma dieta controle.

Para Adaszyńska-Skwirzyńska & Szczerbińska (2017), é importante selecionar e dosar de maneira adequada a suplementação do óleo essencial, pois alguns óleos podem causar irritação na mucosa intestinal resultando em inflamação.

De maneira geral, como visto nessa revisão o uso de fitoterápicos na alimentação de aves podem ser uma alternativa com grande potencial na substituição dos antibióticos como promotores de crescimento, uma vez que, através de mudanças na população de micro-organismos patogênicos para benéficos, tem proporcionado saúde intestinal com melhora na sua morfometria.

Além disso, alguns princípios ativos contidos nas plantas exercem efeitos positivos na digestão e absorção de nutrientes por estimular enzimas digestivas, assim como atuam na saúde geral dos animais pela sua ação antioxidante. Portanto, a soma de suas ações benéficas no organismo animal tem refletido de forma positiva no desempenho dos mesmos.

No entanto, ainda há divergências nos resultados encontrados na literatura, que podendo ser atribuído a eficácia do extrato, óleo essencial ou oleorresina ser dependente da quantia e do tipo de compostos majoritários encontrados nas plantas, e que estes por sua vez, depende de fatores como parte da planta, solo, adubação entre outros. Além disso, faz-se necessários maiores informações quanto a dosagem e tempo de fornecimento às aves.

Referências

- Abou-Elkhair, R.; Selim, S. e Hussein, E. 2018. Effect of supplementing layer hen diet with phytogetic feed additives on laying performance, egg quality, egg lipid peroxidation and blood biochemical constituents. *Animal Nutrition*, 4:394-400.
- Adaszyńska-Skwirzyńska, M. e Szczerbińska, D. 2017. Use of essential oils in broiler chicken production—a review. *Annals of Animal Science* 17:317-335.
- Ahsan, U.; Kuter, E.; Raza, I.; Köksal, B. H.; Cengiz, Ö.; Yıldız, M.; Kizanlik, P. K.; Kaya, M.; Tatli, O. e Sevim, Ö. 2018. Dietary Supplementation of Different Levels of Phytogetic Feed Additive in Broiler Diets: The Dynamics of Growth Performance, Caecal Microbiota, and Intestinal Morphometry. *Brazilian Journal of Poultry Science* 20:737-746.
- Alhadjj, M. S.; Alhobaishi, M.; Nabi, A. R. J. E. e Al-Mufarrej, S. I. 2017. Effect of Chinese star anise (*Illicium verum* Hook. f) on the blood biochemical parameters and antioxidant status in the serum and tissues of broiler chickens. *Agricultural Science* 27:15-23.
- Ali, W. A. H.; Ahmed, A. M. H. e El-Gabry, H. E. 2016. Effects of capsaicin supplementation on productive and physiological performance of pekin ducks during summer season. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 19:549-561.
- Ali, W. A. H.; Ahmed, A. M. H. e El-Gabry, H. E. 2016. Effects of capsaicin supplementation on productive and physiological performance of pekin ducks during summer season. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 19:549-561.

- Almeida, T. J.O.; Araújo, V. V.; da Silva, A. V.; Ferreira, R.; Silva, N. D. A. S.; Santana, M. D. e de Oliveira, V. P. 2013. Evolução da produção de codornas para abate e postura no Brasil. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2013, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, Recife, Brasil.
- Altop, A.; Erener, G.; Duru, M. E. e Isik, K. 2017. Effects of essential oils from *Liquidambar orientalis* Mill. leaves on growth performance, carcass and some organ traits, some blood metabolites and intestinal microbiota in broilers. *British Poultry Science* 59:121-127.
- Amad, A. A.; Männer, K.; Wendler, K. R.; Neumann, K. e Zentek, J. 2011. Effects of a phytogenic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 90:2811-2816.
- Arruda, A. M. V.; Fernandes, R. T. V.; Silva, J. M. e Lopes, D. C. 2008. Avaliação morfo-fisiológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. *Revista Caatinga* 21:01-11.
- Augustyniak, A.; Bartosz, G.; Čipak, A.; Duburs, G.; Horáková, L. U.; Łuczaj, W. e Stefek, M. 2010. Natural and synthetic antioxidants: an updated overview. *Free Radical Research* 44:1216-1262.
- Bae, H.; Jayaprakasha, G. K.; Crosby, K.; Jifon, J. L. e Patil, B. S. 2012. Influence of extraction solvents on antioxidant activity and the content of bioactive compounds in non-pungent peppers. *Plant Foods for Human Nutrition* 67:120-128.
- Barbosa, K. B. F.; Costa, N. M. B.; Alfenas, R. D. C. G.; De Paula, S. O.; Minim, V. P. R. e Bressan, J. 2010. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição* 23:629-643.
- Barreiros, A. L. B. S.; David, J. M. e David, J. P. D. L. 2006. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Química Nova* 29:113-123.
- Belley, A.; Keller, K.; Gottkle, M. e Chadee, K. 1999. Intestinal mucins in colonisation and host defence against pathogens. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 60:10-15.
- Bertechini, A. G. 2010. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: Simpósio Internacional, 5.; Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 4., 2010, Lavras. Anais... Lavras, MG: [UFLA].

- Bertechini, A. G. 2013. Situação atual e perspectivas da coturnicultura industrial. In: Simpósio Internacional, 5.; Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 4., 2013, Lavras. Anais... Lavras, MG: [UFLA].
- Birben, E.; Sahiner, U. M.; Sackesen, C.; Erzurum, S. e Kalayci, O. 2012. Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organization Journal* 5:9-19.
- Boaro, M. 2009. Morfofisiologia do trato intestinal. In: Conferencia Facta de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, RS: [FACTA].
- Boleli, I. C.; Maiorka, A. e Macari, M. 2008. Estruturafuncional do tratodigestório. In: Fisiologia Aviária - Aplicada a frangos de corte, 2 ed. Funep, Jaboticabal, SP.
- Botsoglou, N. A.; Christaki, E.; Fletouris, D. J.; Florou-Paneri, P. e Spais, A. B. 2002. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science* 62:259-265.
- Boveris, A. e Repetto, M. G. 2016. Mitochondria Are the Main Cellular Source of O_2^- , H_2O_2 and Oxidative Stress. In: *Biochemistry of Oxidative Stress*. Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Bravo, D.; Pirgozliev, V. e Rose, S. P. 2014. A mixture of carvacrol, cinnamaldehyde, and *capsicum* oleoresin improves energy utilization and growth performance of broiler chickens fed maize-based diet. *Journal of Animal Science* 92:1531-1536.
- Brenes, A. e Roura, E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology* 158:1-14.
- Britton, G. 1995. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal* 9:1551-1558.
- Çabuk, M.; Eratak, S.; Alçicek, A. e Bozkurt, M. 2014. Effects of herbal essential oil mixture as a dietary supplement on egg production in quail. *The Scientific World Journal* 2014:1-4.
- Cengiz, S. S.; Yesilbag, D.; Meral, Y.; Cetin, I. e Biricik, H. 2015. Juniper oil improves oxidative stability and eggshell and albumin quality of quail eggs. *British Poultry Science* 56:58-65.
- Chrysargyris, A.; Xylia, P.; Botsaris, G. e Tzortzakis, N. 2017. Antioxidant and antibacterial activities, mineral and essential oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) affected by the potassium levels. *Industrial Crops and Products* 103:202-212.
- Cooper, G. M. e Hausman, R. E. 2007. *A célula: uma abordagem molecular*. Artmed, Porto Alegre, Brasil.

- Daferera, D. J.; Ziogas, B. N. e Polissiou, M. G. 2003. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Crop Protection* 22:39-44.
- Dehghani, N.; Afsharmanesh, M.; Salarmoini, M.; Ebrahimnejad, H. e Bitaraf, A. 2018. Effect of pennyroyal, savory and thyme essential oils on Japanese quail physiology. *Heliyon* 4:e00881.
- El-Deek, A. A.; Al-Harhi, M. A.; Osman, M.; Al-Jassas, F. e Nassar, R. 2012. Hot pepper (*Capsicum Annum*) as an alternative to oxytetracycline in broiler diets and effects on productive traits, meat quality, immunological responses and plasma lipids. *European Poultry Science* 76:73-80.
- Eroschenko, V. 2008. Atlas of histology: with functional correlations. 11 ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Fernandes, R. T. V.; Arruda, A. M. V.; Morais Oliveira, V. R.; Queiroz, J. P. A. F.; Silva Melo, A.; Dias, F. K. D.; Marinho, J. B. M.; Souza, R. F.; Souza, A. O. V. e Santos Filho, C. A. 2015. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. *PUBVET* 9:502-557.
- Fernandez, M. E.; Palacio, M. A.; Labaque, M. C. 2017. Thymol detection and quantitation by solid-phase microextraction in faeces and egg yolk of Japanese quail. *Journal of Chromatography B* 1044:39-46.
- Ferreira, A. L. A. e Matsubara, L. S. 1997. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Revista da Associação Médica Brasileira* 43:61-68.
- Figueiredo, A. C.; Pedro, L. G. e Barroso, J. G. 2014. Plantas aromáticas e medicinais- óleos essenciais e voláteis. *Revista da APH* 114:29-32.
- França, B. K.; Alves, M. R. M.; Souto, F. M. S.; Tiziane, L.; Boaventura, R. F.; Guimarães, A. e Alves JR, A. 2013. Peroxidação lipídica e obesidade: Métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. *Jornal Português de Gastroenterologia* 20:199-206.
- Frankič, T.; Voljč, M.; Salobir, J. e Rezar, V. 2009. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta Agriculturae Slovenica* 94:95-102.
- Furlan, R. L.; Macari, M. e Luquetti, B. C. 2004. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: Simposio Técnico de Incubação, Matrizes de Corte e Nutrição, 2004. Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú, SC.

- Ghazanfari, S.; Mohammadi, Z. e Adib Moradi, M. 2015. Effects of coriander essential oil on the performance, blood characteristics, intestinal microbiota and histological of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 17:419-426.
- Gonzales, E.; Carvalho M. H. H. e Café, M. B. 2012. Uso de antibióticos promotores de Crescimento na alimentação e produção animal. *Revista UFG* 13:1-6.
- Guo, F. C.; Kwakkel, R. P.; Williams, B. A.; Li, W. K.; Li H. S.; Luo, J.Y.; Li, X. P.; Wei, Y. X e Yan, Z. T. 2004. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on growth performance of broilers. *British Poultry Science* 45:684-694.
- Halliwell, B. e Gutteridge, J. M. 2015. *Free radicals in biology and medicine*. 5 th ed. Oxford University Press, USA.
- Halliwell, B.; Aeschbach, R.; Löliger, J. e Aruoma, O. I. 1995. The characterization of antioxidants. *Food and Chemical Toxicology* 33:601-617.
- Haselmeyer, A.; Zentek, J. e Chizzola, R. 2015. Effects of thyme as a feed additive in broiler chickens on thymol in gut contents, blood plasma, liver and muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95:504-508.
- Hashemi, S. R. e Davoodi, H. 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications* 35:169-180.
- Hashemipour, H.; Kermanshahi, H.; Golian, A.; Raji, A. e Van Krimpen, M. M. 2013. Effect of thymol+ carvacrol by next enhance 150® on intestinal development of broiler chickens fed CMC containing diet. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 3:567-576.
- Hazrati, S.; Rezaeipour, V. e Asadzadeh, S. 2019. Effects of phytogetic feed additives, probiotic and mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, meat quality, intestinal morphology, and microbial population of Japanese quail. *British Poultry Science* 1-8.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2015. *Produção da Pecuária Municipal 2015*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 43:1-47.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2016. *Produção da Pecuária Municipal 2016*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 44:1-28.
- Jamroz, D.; Wiliczekiewicz, A.; Wiertelcki, T.; Orda, J. e Skorupińska, J. 2005. Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *British Poultry Science* 46:485-493.

- Jayaprakasha, G. K.; Bae, H.; Crosby, K.; Jifon, J. L. e Patil, B. S. 2012. Bioactive compounds in peppers and their antioxidant potential. In: *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds*, American Chemical Society, USA.
- Jung, T.; Bader, N. e Grune, T. 2007. Oxidized proteins: intracellular distribution and recognition by the proteasome. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 462:231-237.
- Junior, W. J. B. e Bacha, L. M. 2003. Sistema digestivo. In: *Atlas Colorido de Histologia Veterinária*. 2. ed. Roca São Paulo, SP.
- Junqueira, L. C. U. 2013. *Histologia básica: texto e atlas*. 12. ed. Guanabara Koogan Rio de Janeiro, RJ.
- Kamel, C. 2000. A novel look at a classic approach of plant extracts. *Feed Mix. The International Journal on Feed, Nutrition and Technology* 18:19- 24.
- Karre, L.; Lopez, K. e Getty, K. J. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science* 94:220-227.
- Khan, S. H.; Anjum, M. A.; Parveen, A.; Khawaja, T. e Ashraf, N. M. 2013. Effects of black cumin seed (*Nigella sativa* L.) on performance and immune system in newly evolved crossbred laying hens. *Veterinary Quarterly* 33:13-19.
- Kim, S. J.; Lee, K. W.; Kang, C. W. e An, B. K. 2016. Growth performance, relative meat and organ weights, cecal microflora, and blood characteristics in broiler chickens fed diets containing different nutrient density with or without essential oils. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29:549-554.
- Kogure, K.; Goto, S.; Nishimura, M.; Yasumoto, M.; Abe, K.; Ohiwa, C.; Sassa, H.; Kusumi, T. e Terada, H. 2002. Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1573:84-92.
- Kohlert, C.; Van Rensen, I.; Marz, R.; Shindler, G.; Graefe, E. U. e Veit, M. 2000. Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. *Planta Medica* 66:495-505.
- Krishan, G. e Narang, A. 2014. Use of essential oils in poultry nutrition: A new approach. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research* 1:156-162.
- Kubeczka, K. H. 2010. History and sources of essential oil research. In: *Handbook of Essential Oils*. Boca Raton, Florida, USA.
- Lee, K. W.; Evertas, H. e Beynen, A. C. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science* 3:738-752.

- Li, H.; Jin, L.; Wu, F.; Thacker, P.; Li, X.; You, J.; Wang, X.; Liu, S.; Li, S. e Xu, Y. 2012. Effect of red pepper (*Capsicum frutescens*) powder or red pepper pigment on the performance and egg yolk color of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25:1605-1610.
- Lokaewmanee, K.; Yamauchi, K. E.; Komori, T. e Saito, K. 2014. Eggshell quality, eggshell structure and small intestinal histology in laying hens fed dietary Pantoea-6® and plant extracts. *Italian Journal of Animal Science* 13:3163.
- Lu, H.; Adedokun, S. A.; Adeola, L. e Ajuwon, K. M. 2014. Anti-inflammatory effects of non-antibiotic alternatives in coccidia challenged broiler chickens. *The Journal of Poultry Science* 51:14-21.
- Luna, A.; Labaque, M. C.; Zygadlo, J. A. e Marin, R. H. 2010. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poultry Science* 89:366-370.
- Luz, H. K. M.; Schell L. W.; Rocha L. F.; Silva, C. M. G.; de Figueiredo, J. R. e Rodrigues, A. P. R. 2011. Papel de agentes antioxidantes na criopreservação de células germinativas e embriões. *Acta Scientiae Veterinariae* 39:1-14.
- Macari, M. e Maiorka, A. 2000. Função gastrointestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000, Campinas. Anais... Campinas, SP: [FACTA].
- Macari, M.; Furlan, R. L. e Gonzales, E. 1994. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. FUNEP/UNESP, 294p. Jaboticabal, SP.
- Maiorka, A. 2001. Adaptações digestivas pós-eclosão. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2001, Santos. Anais... Santos, SP: [FACTA].
- Maksimova, V.; Gudeva, L. K.; Gulaboski, R. e Nieber, K. 2016. Co-extracted bioactive compounds in *Capsicum* fruit extracts prevent the cytotoxic effects of capsaicin on B104 neuroblastoma cells. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26:744-750.
- Manafi, M., Hedayati, M. e Khalaji, S. 2016. Effectiveness of phytogetic feed additive as alternative to bacitracin methylene disalicylate on hematological parameters, intestinal histomorphology and microbial population and production performance of japanese quails. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29:1300-1308.
- Marinelli, E.; Orzali, L.; Lotti, E. e Riccioni, L. 2012. Activity of some essential oils against pathogenic seed borne fungi on legumes. *Asian Journal of Plant Pathology* 6:66-74.

- Markovi, R.; Sefer, D.; Krsti, M. e Petrujki, B. 2009. Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Archivos de Medicina Veterinaria* 41:63-169.
- Mendes, A. A.; Naas, I. e Macari, M. 2004. Saúde gastrointestinal, manejo e medidas para controlar as enfermidades gastrointestinais. In: *Produção de frangos de corte, 2004, Campinas. Anais... Campinas, SP: [FACTA]*.
- Menten, J. F. M.; Longo, F. A.; Viola, E. S. e Rizzo, P. V. 2014. Antibióticos, ácidos orgânicos e óleos essenciais na nutrição de monogástricos. In: *Nutrição de Não Ruminantes. Funep, Jaboticabal, Brasil*.
- Miller, D. M.; Buettner, G. R. e Aust, S. D. 1990. Transition metals as catalysts of “autoxidation” reactions. *Free Radical Biology and Medicine* 8:95-108.
- Mishra, B. e Jha, R. 2019. Oxidative stress in the poultry gut: Potential challenges and interventions. *Frontiers in Veterinary Science* 6:1-5.
- Mohiti-Asli, M. e Ghanaatparast-Rashti, M. 2018. Comparing the effects of a combined phytogenic feed additive with an individual essential oil of oregano on intestinal morphology and microflora in broilers. *Journal of Applied Animal Research* 46: 184-189.
- Molino, A. B.; Garcia, E. A.; Santos, G. C.; Vieira Filho, J. A.; Baldo, G. A. A. e Almeida Paz, I. C. L. 2015. Photostimulation of Japanese quail. *Poultry Science* 94:156-161.
- Morais, L. A. S. 2009. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira* 27:S4050-S4063.
- Murarolli, V. D. A. 2008. Efeito de prebiótico, probiótico e simbiótico sobre o desempenho, morfologia intestinal e munidade de frangos de corte. 2008. 101p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassuninga.
- Oyama, K.; Hernandez-Verdugo, S.; Sanchez, C.; González-Rodríguez, A.; Sanchez-Pena, P.; Garzon-Tiznado, J. A. e Casas, A. 2006. Genetic structure of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from northwestern Mexico analyzed by RAPDs. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53:553-562.
- Pan, D. e Yu, Z. 2014. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes* 5:108-119.
- Panda, A. K. e Cherian, G. 2013. Role of vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. *The Journal of Poultry Science* 51:109-117.

- Pastore, S. M.; Oliveira, W. D. e Muniz, J. C. L. 2012. Panorama da coturnicultura no Brasil. *Revista Eletrônica Nutritime* 9:2041-2049.
- Pelicano, E. R. L.; Souza, P. A.; Souza, H. B. A.; Norkus, E. A.; Kodawara, L. M. e Lima, T. M. A. 2003. Morfometria e ultra-estrutura da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes probióticos. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 98:125-134.
- Perucka, I. e Materska, M. 2001. Phenylalanine ammonia-lyase and antioxidant activities of lipophilic fraction of fresh pepper fruits *Capsicum annum* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2:189-192.
- Pirgozliev, V.; Mansbridge, S. C.; Rose, S. P.; Mackenzie, A. M.; Beccaccia, A.; Karadas, F.; Ivanova, S. G.; Staykova, G. P.; Oluwatosin, O. O. e Bravo, D. 2018. Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. *Animal* 13:502-508.
- Placha, I.; Ryzner, M.; Cobanova, K.; Faixova, Z. e Faix, S. 2015. Effects of dietary supplementation with sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil on antioxidant status and duodenal wall integrity of laying strain growers. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 18:741-749.
- Placha, I.; Simonova, M. P.; Cobanova, K.; Laukova, A. e Faix, S. 2010. Effect of *Enterococcus faecium* AL41 and *Thymus vulgaris* essential oil on small intestine integrity and antioxidative status of laying hens. *Research in Veterinary Science* 89:257-261.
- Platel, K. e Srinivasan, K. 1996. Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 47:55-59.
- Pôrto, W. G. 2001. Radicais livres e neuro degeneração. Entendimento fisiológico: Base para nova terapia. *Revista Neurociências* 9:70-76.
- Prakash, U. N. e Srinivasan, K. 2012. Fat digestion and absorption in spice-pretreated rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92:503-510.
- Prakash, U. N. e Srinivasan, K. 2012. Fat digestion and absorption in spice-pretreated rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92:503-510.
- Prakash, U. N. e Srinivasan, K. 2013. Enhanced intestinal uptake of iron, zinc and calcium in rats fed pungent spice principles—Piperine, capsaicin and ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 27:184-190.

- Raeisi, M.; Tajik, H.; Aminzare, M.; Sangin Abadi, S.; Yarahmadi, A.; Yarahmadi, E. e Tepe, B. 2016. The role of nisin, monolaurin, and EDTA in antibacterial effect of *Rosmarinus officinalis* L. and *Cinnamomum zeylanicum* Blume essential oils on foodborne pathogens. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 19:1709-1720.
- Reverchon, E. 1997. Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products. *The Journal of Supercritical Fluids* 10:1-37.
- Reyes-Escogido, M.; Gonzalez-Mondragon, E. G. e Vazquez-Tzompantzi, E. 2011. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules* 16:1253-1270.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Hannas, M. I.; Donzele, J. L.; Sakomura, N. K.; Perazzo, F. G.; Saraiva, A.; Teixeira, M. L.; Rodrigues, P. B.; Oliveira, R. F.; Barreto, S. L. T. e Brito, C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Ryu, W. K.; Kim, H. W.; Kim, G. D. e Rhee, H. I. 2017. Rapid determination of capsaicinoids by colorimetric method. *Journal of Food and Drug Analysis* 25:798-803.
- Salami, S. A.; Guinguina, A.; Agboola, J. O.; Omede, A. A.; Agbonlahor, E. M. e Tayyab, U. 2016. In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: a review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. *Animal* 10:1375-1390.
- Schmidt, E. 2010. Production of Essential Oils. In: *Handbook of Essential oil: science, technology, and applications*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Schneider, C. D. e Oliveira, Á. R. D. 2004. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 10:308-313.
- Shahidi, F. e Naczki, M. 2003. *Phenolics in food and nutraceuticals*. Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Shamoto, K. e Yamauchi, K. 2000. Recovery responses of chick intestinal villus morphology to different refeeding procedures. *Poultry Science* 79:718-723.
- Shanjani, P. S.; Mirza, M.; Calagari, M. e Adams, R. P. 2010. Effects drying and harvest season on the essential oil composition from foliage and berries of *Juniperus excelsa*. *Industrial Crops and Products* 32:83-87.
- Shylaja, M. R. e Peter, K. V. 2004. The functional role of herbal spices. *Handbook of Herbs and Spices* 2:26-45.

- Sies, H. 2016. The concept of oxidative stress after 30 years. In: Biochemistry of Oxidative Stress. Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Silva, R. B. 2017. Suplementação de vacas leiteiras com óleos essenciais. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Lavras, Lavras-Minas Gerais.
- Silva, W. J. D.; Gouveia, A. B. V. S.; Sousa, F. E. D.; Santos, F. R. D.; Minafra-Rezende, C. S.; Silva, J. M. S. e Minafra, C. S. 2018. Turmeric and sorghum for egg-laying quails. *Italian Journal of Animal Science* 17:368-376.
- Singh, G.; Maurya, S. e Catalan, C. A. 2007. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. *Food and Chemical Toxicology* 45:1650-1661.
- Skoufos, I.; Giannenas, I.; Tontis, D.; Bartzanas, T.; Kittas, C.; Panagakis, P. e Tzora, A. 2016. Effects of oregano essential oil and attapulgite on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. *South African Journal of Animal Science* 46:77-88.
- Sousa, C. D. M.; Silva, H. R.; Vieira-Jr, G. M.; Ayres, M. C. C.; Costa, C. D.; Araújo, D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, E. D. S.; Araújo, P. B. M.; Brandão, M. S. e Chaves, M. H. 2007. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova* 30:351-355.
- Sousa, D. C.; Dourado, L. R. B. e Campos Ferreira, G. J. B. 2015. Sistema digestório das aves e o glicerol na dieta de frangos de corte: Revisão. *PubVet* 9:348-399.
- Srinivasan, K. 2016. Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its pungent principle capsaicin: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56:1488-1500.
- Surai, P. F.; Fisinin, V. I. e Karadas, F. 2016. Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. *Animal Nutrition* 2:1-11.
- Tchoffo, H.; Ngoula, F.; Kana, J. R.; Kenfack, A.; Ngoumtsop, V. H. e Vemo, N. B. 2017. Effects of ginger (*Zingiber officinale*) rhizomes essential oil on some reproductive parameters in laying Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Advances in Reproductive Sciences* 5:64-74.
- Tekce, E. e Gül, M. 2017. Effects of *Origanum Syriacum* Essential Oil on Blood Parameters of Broilers Reared at High Ambient Heat. *Brazilian Journal of Poultry Science* 19:655-662.

- Topuz, A. e Ozdemir, F. 2004. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. *Food Chemistry* 86:509-515.
- Uni, Z.; Platin, R. e Sklan, D. 1998. Cell proliferation in chicken intestinal epithelium occurs both in the crypt and along the villus. *Journal of Comparative Physiology* 168:241-247.
- Valenzuela-Grijalva, N. V.; Pinelli-Saavedra, A.; Muhlia-Almazan, A.; Domínguez-Díaz, D. e González-Ríos, H. 2017. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of Animal Science and Technology* 59:1-17.
- Vicente, J. L., Lopez, C., Avila, E., Morales, E., Hargis, B. M. e Tellez, G. 2007. Effect of dietary natural capsaicin on experimental *Salmonella enteritidis* infection and yolk pigmentation in laying hens. *International Journal of Poultry Science* 6:393-396.
- Vieira, S. L. 2002. Carboidratos: Digestão e Absorção. In: Macari, M.; Furlan, R. L.; Gonzales, E. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. 2. ed. FUNEP/UNESP, Jaboticabal-SP.
- Wahyuni, Y.; Ballester, A. R.; Sudarmonowati, E.; Bino, R. J. e Bovy, A. G. 2013. Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. *Journal of Natural Products* 76:783-793.
- Wealleans, A. L.; Sirukhi, M. e Egorov, I. A. 2017. Performance, gut morphology and microbiology effects of a *Bacillus* probiotic, avilamycin and their combination in mixed grain broiler diets. *British Poultry Science* 58:523-529.
- Windisch, W.; Schedle, K.; Plitzner, C. e Kroismayr, A. 2008. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 86(suppl_14):E140-E148.
- Xu, Z. R.; Hu, C. H.; Xia, M. S.; Zhan, X. A. e Wang, M. Q. 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science* 82:1030-1036.
- Yamauchi, K. 2002. Review on Chicken Intestinal Villus Histological Alterations Related with Intestinal Function. *Journal of Poultry Science* 39:229-242.
- Yesilbag, D.; Gezen, S. S.; Biricik, H. e Meral, Y. 2013. Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. *British Poultry Science* 54:231-237.

- Zeng, Z.; Zhang, S.; Wang, H. e Piao, X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6:1-10.
- Zhang, X. M.; Zhang, Z. H.; Gu, X. Z.; Mao, S. L.; Li, X. X.; Joel, C.; Alain, P.; Wang, L. H. e Zhang, B. X. 2016. Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture* 15:1991-2001.
- Zhao, X.; Yang, Z. B.; Yang, W. R.; Wang, Y.; Jiang, S. Z. e Zhang, G. G. 2011. Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on laying performance and antioxidant status of laying hens and on dietary oxidation stability. *Poultry Science* 90:1720-1727.
- Zorro, A. F. C.; Gomes, J.; Pinto, P. C. e Rodrigues, A. L. 2012. Determinação da Lipoperoxidação em óleo alimentar. *Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária* 5:39-42.

II- OBJETIVOS GERAIS

Verificar a influência da utilização de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas japonesas nas fases de cria, recria e postura.

2.1 Objetivos específicos

Capítulo III: Avaliar os efeitos da utilização de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas nas fases de cria e recria sobre o desempenho animal, peso de órgãos e morfometria intestinal do duodeno e jejuno, bem como avaliar a capacidade antioxidante de tecidos hepáticos de codornas com 42 dias de idade.

Capítulo IV: Avaliar os efeitos da suplementação de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas na fase de produção, quando suplementadas nas fases de crescimento e postura (1 a 120 dias de idade) e comparar com sua utilização somente na postura (42 a 120 dias de idade) sobre o desempenho animal, qualidade de ovos, morfometria intestinal do duodeno e jejuno e capacidade antioxidante de tecidos hepáticos.

III. Adição de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas em crescimento sobre o desempenho, peso de órgãos, morfometria intestinal e atividade antioxidante em tecidos hepáticos¹

Resumo:

1. Objetivou-se neste estudo avaliar a influência da adição de dois níveis de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas na fase de crescimento (cria e recria) sobre o desempenho, morfometria intestinal, peso de órgãos e capacidade antioxidante de tecido hepático.

2. Foram utilizadas 840 codornas de 1 dia de idade, que foram distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso (DIC) com três tratamentos, sete repetições e 40 aves/unidade experimental. Os tratamentos ficaram dispostos da seguinte forma: Controle: dieta referência; Caps20: aves que foram alimentadas com dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50: aves que foram alimentadas com dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*.

3. As variáveis analisadas foram consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de 1 a 14, 15 a 42 e 1 a 42 dias de idade. O peso relativo dos órgãos e as análises de morfometria intestinal (altura de vilos, profundidade de criptas e a relação de vilo/cripta) do duodeno e jejuno foram realizadas aos 14 e 42 dias de idade. A avaliação de capacidade antioxidante foi realizada mediante as análises de DPPH, ABTS e FRAP em tecido hepático das aves aos 42 dias de idade.

4. Os resultados não demonstram diferenças significativas para o desempenho. Aos 14 dias o maior peso relativo do intestino foi verificado no tratamento Caps20, no entanto, aos 42 dias de idade maiores pesos relativos do pâncreas e intestino foram observados no tratamento Caps50. Não houve influência para altura de vilos, profundidade de cripta e na relação V/C no duodeno aos 14 dias. No entanto, redução na profundidade de cripta e maior relação V/C foi verificado no jejuno no tratamento Caps50. Já aos 42 dias, a morfometria do duodeno e jejuno não foram influenciados pelos tratamentos. Em relação a capacidade antioxidante foi verificado aumento no valor do ABTS na dieta Caps50 e aumento no valor do FRAP nos fígados providentes de codornas que receberam oleorresina de *Capsicum* independentes do nível estudado.

5. Conclui-se que a utilização de oleorresina de *Capsicum* não influenciou o desempenho de codornas na fase de crescimento. No entanto, sua suplementação, independente dos níveis estudados, melhorou a morfometria do jejuno aos 14 dias de idade. Além disso, o uso de 20mg.kg⁻¹oleorresina de *Capsicum* proporcionou maior peso relativo do intestino

aos 14 dias de idade. Já aos 42 dias de idade o nível de 50mg.kg¹ oleorresina de *Capsicum* foi mais efetivo nos pesos relativos do pâncreas e intestino. Adicionalmente, a suplementação de oleorresina de *Capsicum* independente dos níveis estudados melhorou a capacidade antioxidante do fígado de codornas japonesas.

Palavras-chave: Capsaicina, cortunix cortunix japônica, fitoterápico, pimenta, produção

INTRODUÇÃO

A produção avícola representa um dos setores do agronegócio de maior crescimento, pois sua carne e ovos estão entre as fontes de alimento mais consumidos em nível global e entre as maiores commodities agrícolas do mundo (Pirgozliev et al., 2018). Essa expansão na produção de aves se deve a diversos fatores, mas é inquestionável que o uso dos antibióticos em níveis subterapêuticos como promotores de crescimento tem sido grande aliado para o sucesso desse setor (Gonzales et al., 2012; Zeng et al., 2015).

No entanto, a possibilidade de microrganismos se tornarem imune a antibióticos específicos ao longo do tempo com potenciais riscos à saúde humana (Tekce & Gül, 2017; Simitzis et al., 2017) levou muitos países a restringirem ou até mesmo proibirem, como é o caso da União Europeia (UE), o uso de antibióticos como aditivos para rações de aves (Windisch et al., 2008). Tal fato, alavancou a busca por alternativas que sejam eficazes e que possam substituir os antibióticos como promotores de crescimento.

Neste contexto, encontram-se os compostos bioativos das plantas também conhecidos como fitogênicos, fitoquímicos, fitonutrientes e metabólitos secundários das plantas (Patra et al., 2019), que devido aos compostos fenólicos possuem ação antioxidante e antimicrobiana, atuam de forma positiva sobre a morfometria intestinal, aumentam a produção de secreções digestivas, podem melhorar o *status* imune e promover o bem-estar animal (Brenes & Roura, 2010; Hashemi & Davoodi, 2011; Placha et al., 2015; Ahsan et al., 2018) podendo, dessa forma, melhorar o desempenho das aves.

As pimentas do gênero *Capsicum*, tradicionalmente usadas como alimentos frescos ou processados, são fontes de nutrientes essenciais, como flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides e vitaminas (Zhang et al., 2016; Ryu et al., 2017), além disso, possuem alto teor de capsaicina em sua composição, cuja substância é a principal responsável pela pungência e propriedades farmacológicas da pimenta (Maksimova et al., 2016).

Os efeitos farmacológicos da capsaicina (8-metil-N-vanilil-trans-6-nonenamida) têm sido usados desde os tempos antigos, mas estudos recentes têm demonstrados diversos benefícios no uso dessa substância como: ação antioxidante (Ali et al., 2017; Pirgozliev et al., 2018), efeitos positivos sobre atividades enzimáticas pancreática e intestinal que participam da digestão de gorduras, carboidratos e proteínas (Prakash & Srinivasan, 2012; Srinivasan, 2016, Ali et al., 2017) e aumento da absorção de alguns minerais como zinco, ferro e cálcio (Prakash & Srinivasan, 2013). Portanto, a soma de suas ações benéficas no organismo animal pode refletir de forma positiva no desempenho dos mesmos.

Contudo, dados conflitantes são encontrados na literatura quanto ao uso desses aditivos e embora estudos sobre a utilização de fitoterápicos na alimentação de aves tenham aumentado significativamente nas últimas décadas, seu modo de ação ainda é limitado (Pirgozliev et al., 2018), desta forma, neste estudo se propôs avaliar a adição de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas japonesas (*coturnix coturnix japonica*) em crescimento sobre o desempenho, peso de órgãos internos, morfometria intestinal e atividades antioxidantes de tecido hepático.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, instalações e manejo

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Foram utilizadas codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de um dia de idade, fêmeas, obtidas de um criatório em Assis-SP. As codornas foram alojadas em boxes de 5,0 m² em um galpão convencional, com cobertura de telha de cimento amianto, piso de terra batida, com cama de palha de arroz e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e providas de cortinas laterais.

Água e ração foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. Os comedouros utilizados foram do tipo bandeja e os bebedouros tipo infantil até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros tubulares e bebedouros pendulares até os 42 dias de idade. De 1 a 14 dias de idade em cada unidade experimental (box) foram utilizados círculos de proteção para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre as aves, e como fonte de aquecimento foi utilizada campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) até 14 dias. Durante todo o período experimental foi fornecido somente iluminação natural.

Diariamente, no início da manhã e no final da tarde, foi realizada a averiguação das condições térmicas do aviário por meio de termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em três pontos do galpão, obtendo-se os valores de temperatura média (27,7°C), mínima (18,9°C), máxima (30,5°C) e média de umidade relativa do ar de (54,7%), mínima (42,2%), máxima (67,0%) durante o período experimental.

Dieta e delineamento experimental

Foram utilizadas 840 codornas distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com três tratamentos, sete repetições e 40 aves/unidade experimental.

As aves foram submetidas a duas fases de criação: cria (1 a 14 dias de idade) e recria (15 a 42 dias), sendo que em cada fase uma dieta referência foi formulada à base milho e farelo de soja, levando em consideração as recomendações para atender às exigências nutricionais das codornas japonesas nas fases de cria e recria assim como os valores de composição química e energética dos alimentos proposto por Rostagno et al. (2017) (Tabela 1).

O aditivo fitogênico utilizado foi uma oleorresina de *Capsicum* (XTract® CAPS XL- Pancosma SA, Genebra, Suíça), que é um ativo microencapsulado contendo capsaicina (aproximadamente 20%). O aditivo foi adicionado à ração em substituição ao inerte sendo mantidos os mesmos níveis nutricionais em todas as rações.

As dietas experimentais ficaram dispostas da seguinte forma: Controle: dieta referência; Caps20: aves que foram alimentadas com dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50: aves que foram alimentadas com dieta referência + 50 mg.g⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*.

Tabela 1 – Composições centesimal e calculada das rações experimentais para as fases de cria e recria

	Cria	Recria
Ingredientes		
Milho grão 7,86%	56,79	60,81
Farelo de soja 46%	38,00	35,35
Fosfato bicálcico	2,102	1,670
Calcário	1,259	1,059
Óleo de soja	0,800	0,021
Sal comum	0,483	0,506
Suplemento vit./min ¹	0,400	0,400
DL-Metionina 99%	0,139	0,108
Inerte ²	0,020	0,020
L-Treonina 99%	-	0,050
Total	100,00	100,00
Valores Calculados		
EM ³ (Mcal/kg)	2,89	2,90
Proteína bruta (%)	22,21	21,31
Met.+cist. digestível (%)	0,743	0,694
Lisina digestível (%)	1,096	1,035
Treonina digestível (%)	0,761	0,780
Triptofano digestível (%)	0,258	-
Cálcio (%)	1,092	0,911
Fosforo disponível (%)	0,513	0,428
Sódio (%)	0,205	0,214

¹Suplemento vitamínico e mineral – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio– 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto– 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ²Areia lavada; EM³: energia metabolizável.

Desempenho e coleta de amostras

As codornas e as rações foram pesadas no início e ao final de cada fase experimental para avaliação do ganho de peso (g), consumo de ração (g) e conversão alimentar (g/g). As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração.

Peso relativo dos órgãos e morfometria intestinal

Aos 14 e 42 dias de idade foram abatidas duas aves por unidade experimental, de acordo com o peso médio ($\pm 5\%$) de cada unidade para a realização da pesagem dos

órgãos. Foi realizada a evisceração e pesagem em balança de precisão do coração (g), fígado (g) pâncreas (g), pró-ventrículo (g), moela (g), intestino (g). O peso relativo foi obtido pelo seguinte cálculo: peso relativo do órgão = (Peso do órgão (g)/ Peso da ave viva (g)) x 100. Além disso, foi mensurado através de uma fita métrica o comprimento do intestino (cm).

Posteriormente, foi coletado um fragmento de 2 cm do duodeno e jejuno de três aves por tratamento, e com o auxílio de uma seringa com agulha, foi realizada a lavagem do lúmen intestinal com solução fisiológica (4°C). Todas amostras foram identificadas e acondicionadas individualmente em eppendorfs contendo solução de formalina tamponada (10%), para fixação dos tecidos até a realização da análise.

Os fragmentos foram desidratados em concentrações crescentes de álcool, clarificados em xileno, impregnados e incluídos em parafina. Os materiais sofreram microtomia para obtenção de cortes semisseriados de 5µm de espessura e posteriormente corados pelo método de Hematoxilina-Eosina (HE) conforme Luna (1968).

A captura de imagens para análise morfométrica foi realizada mediante uma câmera digital de alta resolução (Moticam 2500 – 5.0M pixel), acoplada ao microscópio MOTIC BA400 e o analisador de imagem computadorizado MOTIC IMAGE PLUS 2.0. Foram realizadas 20 medidas (10 medidas para altura de vilo e 10 para profundidade de cripta) por segmento. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do vilo, coincidente com a porção superior das criptas, até seu ápice. As criptas foram medidas da sua base até a região de transição cripta: vilo. A relação vilo:cripta foi obtida por meio da razão entre a altura do vilo e a profundidade da cripta.

Atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP)

Imediatamente após a evisceração foi coletado o fígado de cinco aves por tratamento que foram envolvidos em papel alumínio devidamente identificado de acordo com a dieta experimental e colocados em nitrogênio líquido, e posteriormente foram armazenados sob congelamento de – 80 °C até a realização das análises.

Extração das amostras de tecido hepático

Para o preparo do homogenato do tecido hepático foram pesadas 0,5 g de amostra e homogeneizadas com 4,5 mL de álcool metílico por 15 minutos e centrifugadas (Hermle, modelo Z323 K, Germany), a 3000 rpm x g por 10 minutos. Posteriormente foi retirado o sobrenadante e realizadas as análises referentes a atividade antioxidante.

DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

A atividade antioxidante foi analisada pelo método 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) determinada de acordo com Li et al. (2009), com algumas modificações. Foi pipetado 150 µL do extrato de tecido hepático e misturado com 2,85 mL de solução de DPPH (0,06mM/L) no vórtex por 10 segundos e então armazenado em ambiente escuro que após 30 minutos foi medido a absorvância a 515nm. A atividade antioxidante pela eliminação radical de DPPH (%) foi calculada usando a Eq. 1: % DPPH = (1 - (amostra A T(30)/ amostras A T(0)) x 100, em que:

Amostra A T(30): absorvância das amostras a 30 min;

Amostra A T(0): Absorvância da amostra no tempo zero.

ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico])

A atividade antioxidante determinada pelo método de captura do radical livre ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico]) foi realizada de acordo com o protocolo de Re et al. (1999), com adaptações. O cátion ABTS⁺ foi obtido incubando ABTS (7 mM) com persulfato de potássio (140 mM) durante 16 h à temperatura ambiente em condições escuras.

Posteriormente, o radical ativado ABTS foi diluído com etanol para que a absorvância chegasse a $0,70 \pm 0,02$. Depois de alcançado esse valor de absorvância 1,960 mL da solução do radical ABTS foi transferido para cubeta e adicionado 40 µL do extrato de tecido hepático e então, após 6 minutos foi realizada leitura em absorvância a 734nm. A atividade sequestradora de radicais ABTS (%) foi calculada utilizando a Eq. 2:

% ABTS = (1 - (amostra A T(6)/ amostras A T(0)) x 100, em que:

Amostra A T(6): absorvância das amostras a 6 min;

Amostra A T(0): Absorvância da amostra no tempo zero.

FRAP (Poder antioxidante redutor férrico)

O FRAP foi determinado nos extratos de tecido hepático, conforme descrito por Zhu et al. (2002). Inicialmente 250µL de amostra, 1,25 mL de tampão fosfato de sódio pH 7,0 (50 mM) e 1,25 mL de ferricianeto de potássio (1%) foram misturados e incubados a 50°C por 20 min. Posteriormente, adicionou-se 1,25 mL de ácido tricloroacético (10%) e a mistura resultante foi centrifugada por 10 min. Depois, 2,5 mL do sobrenadante foi recuperado e misturado com alíquota de 0,5 mL de Cloreto férrico (0,1%) e

imediatamente foi medida a absorvância a 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de GAE (equivalente em ácido gálico) por g de amostra.

Análise estatística

As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio do programa estatístico RStudio (R Core Team, 2014). Os dados inicialmente foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Após verificar que os resíduos das variáveis apresentaram distribuição normal, aplicou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS

Não houve efeito das dietas ($P < 0,05$) sobre o consumo, ganho de peso e conversão alimentar nas diferentes fases de criação (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho de codornas japonesas, nas fases de cria e recria, alimentadas com dietas contendo níveis de oleorresina de *Capsicum*

1 a 14 dias de idade					
Variáveis	Controle	Caps20	Caps50	EPM	Valor de P
Consumo de ração (g/ave)	96,38	96,37	95,73	0,584	0,886
Ganho de peso (g/ave)	37,87	38,21	38,66	0,288	0,558
Conversão alimentar (g/g)	2,47	2,51	2,46	0,013	0,238
15 a 42 dias de idade					
Consumo de ração (g/ave)	524,83	541,63	533,5	6,69	0,648
Ganho de peso (g/ave)	80,29	80,71	82,09	0,379	0,346
Conversão alimentar (g/g)	6,29	6,49	6,51	0,09	0,586
1 a 42 dias de idade					
Consumo de ração (g/ave)	619,87	629,57	619,53	6,44	0,788
Ganho de peso (g/ave)	117,1	117,95	118,91	0,45	0,272
Conversão alimentar (g/g)	5,18	5,34	5,28	0,06	0,597

EPM: erro padrão da média; Caps20: dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50: Dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*.

Os efeitos dos tratamentos dietéticos sobre a morfometria intestinal são mostrados na Tabela 3. Houve efeito ($< 0,05$) dos tratamentos sobre a profundidade de cripta e relação altura de vilos e profundidade de cripta (V/C) no jejuno de codornas aos 14 dias de idade. Codornas que receberam a dieta Caps50 apresentaram menor profundidade de cripta e maior relação V/C no jejuno quando comparados aos demais

tratamentos sendo que tratamento controle foi o que apresentou maior profundidade de cripta no jejuno.

Para altura de vilos, profundidade de cripta e relação altura de vilos e profundidade de cripta aos 14 dias, não foram observadas diferenças significativas entre as dietas.

Tabela 3. Altura de vilos (μm), profundidade de cripta (μm) e relação altura de vilos e profundidade de cripta (V/C) (μm) do duodeno e jejuno de codornas japonesas, aos 14 e 42 dias de idade, em função dos níveis de oleoresina de *Capsicum*

14 dias de idade						
Dietas	Duodeno			Jejuno		
	VILO	CRIPTA	V/C	VILO	CRIPTA	V/C
Controle	658,0	110,3	7,4	363,5	74,3a	4,5b
Caps20	857,7	89,6	8,9	356,6	58,0b	6,6b
Caps50	765,3	94,0	8,3	397,0	42,0c	10,0a
Valor de P	0,274	0,28	0,469	0,806	0,002	0,004
EPM	37,11	5,34	0,450	20,13	23,46	0,800
42 dias de idade						
Dietas	Duodeno			Jejuno		
	VILO	CRIPTA	V/C	VILO	CRIPTA	V/C
Controle	804,6	98,33	8,63	387,6	69,3	5,6
Caps20	828,6	100,66	9,1	452,3	66,5	7,7
Caps50	1013,3	102,33	10,96	503,6	80,3	7,1
Valor de P	0,181	0,949	0,178	0,114	0,148	0,179
EPM	49,9	4,4	0,50	23,3	3,06	0,47

Médias seguidas de letras distintas na coluna são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; EPM: erro padrão da média; Caps20: dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleoresina de *Capsicum*; Caps50: Dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleoresina de *Capsicum*.

Aos 14 dias de idade, verificou-se efeitos (<0,05) das dietas apenas para o peso relativo do intestino, sendo o maior peso para o tratamento Caps20 quando comparado com o controle (Tabela 4). Aos 42 dias de idade, verificou-se efeitos (<0,05) das dietas apenas para o peso relativo do pâncreas e intestino, sendo observado maior peso relativo de ambos para aves que receberam a dieta Caps50 em comparação ao controle.

Tabela 4. Peso relativo de órgãos de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade alimentadas com oleorresina de *Capsicum*

	14 dias de idade				
	Controle	Caps20	Caps50	EPM	Valor de P
Fígado %	3,78	3,56	3,52	0,068	0,270
Coração %	0,79	0,88	0,92	0,023	0,103
Moela %	3,13	3,45	3,30	0,071	0,188
Pâncreas %	0,54	0,57	0,56	0,020	0,863
Proventrículo %	0,66	0,71	0,61	0,022	0,273
Peso do Intestino %	3,7b	4,2a	3,9ab	0,087	0,033
Comprimento do Intestino (cm)	38,8	39,25	40,47	0,350	0,139
	42 dias de idade				
	Controle	Caps20	Caps50	EPM	Valor de P
Fígado %	2,68	2,83	2,64	0,056	0,325
Coração %	1,08	1,1	1,11	0,010	0,842
Moela %	2,65	2,55	2,62	0,040	0,632
Pâncreas %	0,27b	0,28ab	0,32a	0,006	0,033
Proventrículo%	0,38	0,38	0,42	0,010	0,182
Peso do Intestino %	2,43b	2,51ab	2,62a	0,029	0,032
Comprimento do Intestino (cm)	50,76	49,46	49,21	0,600	0,564

Médias seguidas de letras distintas na linha são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; EPM: erro padrão da média; Caps20: dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50: Dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*.

Em relação a capacidade antioxidantes do tecido hepático, observou-se diferença (P<0,05) para FRAP com maiores valores nas dietas com adição de oleorresina de *capsicum* independentes dos níveis quando comparados ao controle. Já, para o ABTS foi verificado efeito (<0,05) da dieta com maior valor na dieta Caps50.

Tabela 5. Capacidade antioxidante no fígado de codornas japonesas aos 42 dias de idade, alimentadas com oleorresina de *Capsicum*

Tratamentos	¹ DPPH%	² FRAP (mg ³ GAE/g)	⁴ ABTS %
Controle	35,4	0,41b	47,9b
Caps20	41,8	0,53a	48,9b
Caps50	37,7	0,52a	62,2a
Valor de P	0,271	0,002	0,008
EPM	1,48	0,017	2,53

Médias seguidas de letras distintas na coluna são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; EPM: erro padrão da média; Caps20: dieta referência + 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50: Dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; ¹DPPH: eliminação de radicais livres de DPPH, ²FRAP: poder antioxidante da redução férrica; ³GAE: equivalente em ácido gálico; ⁴ABTS: eliminação radical de ABTS.

DISCUSSÃO

Extratos vegetais contêm diferentes moléculas bioativas que podem influenciar a fisiologia e o metabolismo dos animais (Pirgozliev et al., 2014). No caso das pimentas do gênero *Capsicum*, seu princípio ativo de maior importância é a capsaicina, que além de atuar aumentando a produção e atividade de enzimas digestivas e, dessa forma, melhorar o aproveitamento dos nutrientes (Ali et al., 2016), possui ação antimicrobiana, que e ao evitar que bactérias patogênicas se alojem na mucosa intestinal, promove a aumento na absorção de nutrientes no intestino (Fernandes et al., 2015; Ali et al., 2016) melhorando o estado nutricional dos animais e, conseqüentemente, seu desempenho.

No entanto, no presente estudo a inclusão de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas não alterou o desempenho em nenhuma das fases estudadas comparadas com o controle. Resultados semelhantes foram encontrados por Cengiz et al. (2015) e Kheiri et al. (2018) que, ao avaliarem o óleo essencial de zimbro e óleo essencial de tomilho, respectivamente, não verificam diferenças significativas no desempenho das aves.

Em contraste, diversos estudos têm demonstrado que a adição de fitoterápicos na alimentação melhora o desempenho das aves (Pirgozliev et al., 2014; Kim et al., 2016; Pirgozliev et al., 2018). A diferença entre esses estudos e o presente trabalho pode ser parcialmente explicada pelas diferenças entre as fontes (plantas), níveis de inclusão dos fitoterápicos e composição da ração.

Além disso, as condições de criação e higiene que as aves são submetidas pode influenciar na eficiência dos fitoterápicos, uma vez que os benefícios desses aditivos têm sido mais pronunciados em aves que receberam algum desafio ambiental ou sanitário (Lee et al., 2003; Pirgozliev et al., 2014), pois aves saudáveis, bem alimentadas e criadas em boas condições geralmente não respondem a suplementos que promovem o desempenho (Cengiz et al., 2015) o que pode explicar a ausência de resultado do presente estudo, uma vez que o experimento foi realizado em condições ideais de experimentação.

As distintas porções do intestino delgado são áreas de absorção de nutrientes e sua estrutura está intimamente relacionada à sua função, em que alteração na composição da dieta, assim como a suplementação de aditivos podem acarretar modificações na morfologia das diferentes partes do intestino (Garcia et al., 2007).

Tal fato vem de encontro com os achados do presente estudo, que aos 14 dias de idade, codornas alimentadas com dietas contendo 50mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps50) apresentaram a menor profundidade de cripta e maior relação de altura de vilos

e comprimento de cripta (V/C) no jejuno, quando comparadas aos demais tratamentos. Além disso, a suplementação de 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps20) proporcionou aumento na relação V/C no jejuno quando comparado ao controle.

A altura de vilos e a relação altura de vilos e profundidade de criptas são utilizados como um indicativo de absorção intestinal, em função do aumento da superfície de contato (Shamoto e Yamauchi, 2000; Wealleans et al., 2017). Em contrapartida, a redução das vilosidades e o aumento na profundidade das criptas podem afetar negativamente a absorção de nutrientes, aumentar a secreção de toxinas no trato gastrointestinal e, conseqüentemente, prejudicar o desempenho animal (Xu et al., 2003).

No presente estudo a maior profundidade de cripta foi verificada no tratamento controle. A profundidade da cripta intestinal, por atuar como um reservatório de células epiteliais, é um indicativo de renovação celular (Markovic et al., 2009), portanto, cripta mais profunda pode indicar aumento de *turnover* tecidual e uma alta demanda por novos tecidos, cujo processo exige consumo de energia (Xu et al., 2003; Markovic et al., 2009).

Levando-se em consideração que a manutenção do intestino exige alta demanda de nutrientes, se houver aumento da taxa de troca de tecidos, aumentará também a exigência de nutrientes (Xu et al., 2003), portanto os nutrientes que seriam vitais para o crescimento serão consumidos para manutenção do tecido intestinal podendo reduzir a eficiência do animal (Xu et al., 2003; Markovic et al., 2009). Por outro lado, criptas rasas podem indicar um intestino delgado eficiente que exige menos nutrientes para renovação celular (Markovic et al., 2009).

As modificações causadas na morfologia intestinal pelo uso da oleorresina de *Capsicum* na alimentação das codornas observadas neste estudo pode ser atribuída a presença de capsaicina contida no produto, cuja substância possui ação antimicrobiana (Ali et al., 2016) o que pode ter provocado mudanças na microbiota intestinal das aves. A microbiota em equilíbrio no intestino atua como barreira defensiva, aderindo às paredes intestinais e impedindo a fixação dos patógenos, evitando o encurtamento das vilosidades (Belley et al., 1999)

Estudos com uso de fitoterápicos com potencial ação antimicrobiana têm demonstrado eficientes na redução de bactérias patogênicas (Manafi et al., 2016) e no aumento das populações de bactéria benéficas (Ali et al., 2016; Skoufos et al., 2016). Essas mudanças nas populações de bactérias têm sido apontadas como responsável por alterações na morfometria, como aumento na altura de vilos (Ghazanfari et al., 2015) e

na relação de altura de vilos e profundidade de cripta (Pan & Yu, 2014; Wealleans et al., 2017).

Além disso, as melhorias na morfologia intestinal após a suplementação com fitoterápicos têm sido acompanhadas pela melhoria no desempenho das aves (Dehghani et al., 2018; Hazrati et al., 2019). Tal fato não foi observado no presente estudo, pois os benefícios sobre a morfometria das codornas alimentadas com oleorresina de *Capsicum* aos 14 dias não resultaram em efeitos positivos sobre o desempenho.

Resultados semelhantes foram observados por Ahsan et al. (2018) que, ao suplementarem a ração de frango de corte com uma mistura de óleo essencial contendo canela, cominho, hortelã-pimenta, alho, anis e funcho, verificaram aumento na altura de vilos e na relação vilo:cripta e redução da profundidade de cripta sem que houvesse alteração no desempenho das aves.

A adição de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas não influenciou os pesos relativos da moela, proventrículo, fígado, coração, pâncreas e comprimento do intestino aos 14 dias de idade neste estudo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Hazrati et al. (2019) que ao avaliarem o óleo essencial de ajowan na alimentação de codornas japonesas também não encontraram diferenças nos pesos relativos do fígado, coração, pâncreas, proventrículo e comprimento do intestino. Entretanto, os autores verificaram maior peso relativo da moela de codornas que foram alimentadas com 250 mg.kg⁻¹ de óleo essencial de ajowan quando comparada a aves alimentadas com ração controle.

Bozkurt et al. (2012) verificaram aumento no peso relativo do fígado de aves que receberam 24 mg.kg de uma mistura de óleo essencial contendo carvacrol, timol, 1,8-cineol e limoneno.

Aos 42 dias de idade apenas os pesos relativos do pâncreas e intestino foram influenciados pela adição de 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps50) na alimentação. Lee et al. (2003) ao avaliarem adição de 100 mg.kg⁻¹ de timol na alimentação de frango de corte também observaram aumento de 8% no peso do pâncreas quando comparados ao tratamento controle. Da mesma forma, Denli et al. (2004) relataram aumento no peso e comprimento intestinal de codornas que foram alimentadas com tomilho e óleo essencial de semente preta.

Além das propriedades antioxidantes, a adição de fitoterápicos na alimentação animal tem sido estudada quanto a deposição dos seus princípios ativos em tecidos como músculo e fígado (Loetscher et al., 2013). Se eficaz, o uso de fitoterápico poderia

amenizar a produção de espécies reativas ao oxigênio, uma vez que a produção intensiva pode expor as aves ao estresse oxidativo acarretando peroxidação lipídica, nitração proteica, dano ao DNA e apoptose das células e tecidos comprometendo a saúde e a produção de aves (Mishra e Jha, 2019).

A adição de fitoterápicos na alimentação de aves pode levar a uma transferência e deposição dos seu princípios ativos em vários tecidos quando as aves são alimentadas continuamente com dietas contendo esses aditivos, e pode auxiliar as defesas antioxidantes endógenas ou agir em sinergismo com as mesmas melhorando dessa forma, a defesa do organismo contra os radicais livres e portanto reduzindo os danos oxidativos no organismo das aves (Lee et al., 2004; Haselmeyer et al., 2015; Luna et al., 2010; Surai et al., 2016; Fernandez et al., 2017).

No presente estudo, o uso de oleorresina de *Capsicum* aumentou os valores do FRAP, independentemente dos níveis estudados, e no valor do ABTS de fígados provenientes de codornas que foram alimentadas com a adição de 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*.

Esses resultados sugerem que a adição de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de aves pode aumentar a capacidade antioxidante do fígado e dessa forma auxiliar na proteção do organismo das aves contra o estresse oxidativo.

A eficiência na utilização de fitoterápicos como antioxidantes se deve aos compostos fenólicos encontrados em sua composição, que no caso do presente estudo a ação antioxidante se deve principalmente a capsaicina, principal princípio ativo encontrado na oleorresina de *Capsicum*.

Os compostos fenólicos são classificados como antioxidantes primários e, portanto, atuam na remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação da oxidação (Sousa et al., 2007). A capsaicina, diferentemente dos demais composto fenólicos que removem os radicais livres mediante seu grupo fenólico OH, seu local de eliminação de radicais livres é mediante o carbono benzílico na posição C7 (Kogure et al., 2002).

Além disso, a capsaicina possui propriedades quelantes de ferro e por consequência pode reduzir o ferro disponível restringindo, dessa forma, a produção de peróxido de hidrogênio H₂O₂ (Dairam et al., 2008), um metabólito do oxigênio extremamente deletério por participar da reação que produz o OH e sua toxicidade pode ser aumentada de dez para mil vezes quando em presença de ferro (Ferreira e Matsubara, 1997).

Zhang et al. (2015), ao avaliarem a adição de curcumina na alimentação de frango de corte, verificaram aumento nas atividades de eliminação do radical ABTS no músculo do peito de aves que foram suplementadas com 50 e 100 mg/kg de curcumina, no entanto não foi verificada diferença na porcentagem de inibição dos radicais DPPH dos grupos tratados com curcumina em comparação ao grupo controle.

Yong et al. (2013), ao estudarem o uso de fitoterápicos na alimentação de frango de corte também verificaram aumento na capacidade de sequestro do radical DPPH na coxa e no peito. Lee et al. (2012) verificaram aumento na atividade de eliminação do radical DPPH e atividade redutora do radical ABTS da carne da coxa de frangos de corte que foram alimentados com antioxidante (ácido gálico).

Com base nos resultados deste estudo, conclui-se que a suplementação de oleoresina de *Capsicum*, considerando os dois níveis utilizados, melhorou a morfometria do jejuno de codornas com 14 dias de idade e a capacidade antioxidante no fígado aos 42 dias de idade, sem alteração no desempenho das aves.

Além disso, a adição de 20mg.kg⁻¹ oleoresina de *Capsicum* proporcionou maior peso relativo do intestino aos 14 dias de idade. Já aos 42 dias de idade o nível de 50mg.kg⁻¹ oleoresina de *Capsicum* foi mais efetivo nos pesos relativos do pâncreas e intestino.

REFERÊNCIAS

- Ahsan, U., Kuter, E., Raza, I., Köksal, B. H., Cengiz, Ö., Yildiz, M., Kizanlik, P. K., Kaya, M., Tatli, O. & Sevim, Ö. 2018. Dietary supplementation of different levels of phytogetic feed additive in broiler diets: the dynamics of growth performance, caecal microbiota, and intestinal morphometry. *Brazilian Journal of Poultry Science* 20 (4): 737-746. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0698.
- Ali, W. A. H., Ahmed, A. M. H. & El-Gabry, H. E. 2016. Effects of capsaicin supplementation on productive and physiological performance of pekin ducks during summer season. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 19 (3): 549-561.
- Belley, A.; Keller, K.; Gottkle, M. e Chadee, K. 1999. Intestinal mucins in colonisation and host defence against pathogens. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 60:10-15.
- Bertechini, A. G. 2013. Situação atual e perspectivas da coturnicultura industrial. In: Simpósio Internacional, 5.; Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 4., 2013, Lavras. Anais...Lavras, MG: [UFLA].

- Bozkurt, M., Tokuşoğlu, Ö., Küçükylmaz, K., Akşit, H., Çabuk, M., UğurÇatli, A., Kamil S. & Çınar, M. 2012. Effects of dietary mannan oligosaccharide and herbal essential oil blend supplementation on performance and oxidative stability of eggs and liver in laying hens. *Italian Journal of Animal Science* 11 (2): e41. doi: 10.4081/ijas.2012.e41.
- Brenes, A. & Roura, E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology* 158 (1-2): 1-14. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007.
- Cengiz, S. S., Yesilbag, D., Meral, Y., Cetin, I. & Biricik, H. 2015. Juniper oil improves oxidative stability and egg shell and albumin quality of quail eggs. *British Poultry Science* 56 (1): 58-65. doi: 10.1080/00071668.2014.988123
- Dairam, A., Fogel, R., Daya, S. & Limson, J. L. 2008. Antioxidant and iron-binding properties of curcumin, capsaicin, and S-allylcysteine reduce oxidative stress in rat brain homogenate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (9): 3350-3356. doi: 10.3389/fvets.2019.00060.
- Dehghani, N., Afsharmanesh, M., Salarmoini, M., Ebrahimnejad, H. & Bitaraf, A. 2018. Effect of pennyroyal, savory and thyme essential oils on Japanese quail physiology. *Heliyon* 4 (10): e00881. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e 00881.
- Denli, M., Okan, F. & Uluocak, A. N. 2004. Effect of dietary supplementation of herb essential oils on the growth performance, carcass and intestinal characteristics of quail (*Coturnix coturnix japonica*). *South African Journal of Animal Science* 34 (3): 174-179.
- Fernandes, R. T. V., de Arruda, A. M. V., de Moraes Oliveira, V. R., de Queiroz, J. P. A. F., da Silva Melo, A., Dias, F. K. D., Marinho, J. B. M., Souza, R. F., Souza, A. O. V. & dos Santos Filho, C. A. 2015. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. *PUBVET* 9 (12): 502-557.
- Fernandez, M. E., Palacio, M. A. & Labaque, M. C. 2017. Thymol detection and quantitation by solid-phase microextraction in faeces and egg yolk of Japanese quail. *Journal of Chromatography B* 1044:39-46. doi: 10.1016/j.jchromb.2016.12.042.
- Ferreira, A. L. A. & Matsubara, L. S. 1997. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Revista da Associação Médica Brasileira* 43 (1): 61-68. doi: 10.1590/S0104-42301997000100014.
- Garcia, V., Catala-Gregori, P., Hernandez, F., Megias, M. D. & Madrid, J. 2007. Effect of formic acid and plant extracts on growth, nutrient digestibility, intestine mucosa

- morphology, and meat yield of broilers. *Journal of Applied Poultry Research* 16 (4): 555-562. doi: 10.3382/japr.2006-00116.
- Ghazanfari, S., Mohammadi, Z. & Adib Moradi, M. 2015. Effects of coriander essential oil on the performance, blood characteristics, intestinal microbiota and histological of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 17 (4): 419-426. doi: 10.1590/1516-635X1704419-426.
- Gonzales, E., de Carvalho Mello, H. H. & Café, M. B. 2012. Uso de antibióticos promotores de crescimento na alimentação e produção animal. *Revista UFG* 13: (13), 48-53.
- Haselmeyer, A., Zentek, J. E. & Chizzola, R. 2015. Effects of thyme as a feed additive in broiler chickens on thymol in gut contents, blood plasma, liver and muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (3): 504-508. doi: 10.1002/jsfa.6758.
- Hashemi, S. R. e Davoodi, H. 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications* 35:169-180.
- Hazrati, S., Rezaeipour, V. & Asadzadeh, S. 2019. Effects of phytogetic feed additives, probiotic and mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, meat quality, intestinal morphology, and microbial population of Japanese quail. *British Poultry Science* 11: 1-8. doi: 10.1080/00071668.2019.1686122.
- Kheiri, F., Faghani, M. & Landy, N. 2018. Evaluation of thyme and ajwain as antibiotic growth promoter substitutions on growth performance, carcass characteristics and serum biochemistry in Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Animal Nutrition* 4 (1): 79-83. doi: 10.1016/j.aninu.2017.09.002.
- Kim, S. J., Lee, K. W., Kang, C. W. & An, B. K. 2016. Growth performance, relative meat and organ weights, cecal microflora, and blood characteristics in broiler chickens fed diets containing different nutrient density with or without essential oils. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29 (4): 549-554. doi: 10.5713/ajas.15.0426.
- Kogure, K., Goto, S., Nishimura, M., Yasumoto, M., Abe, K., Ohiwa, C., Sassa, H., Kusumi, T. & Terada, H. 2002. Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1573 (1): 84-92. doi: 10.1016/S0304-4165(02)00335-5.
- Lee, K. H., Jung, S., Kim, H. J., Kim, I. S., Lee, J. H. & Jo, C. 2012. Effect of dietary supplementation of the combination of gallic and linoleic acid in thigh meat of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25 (11): 1641-1648. doi: 10.5713/ajas.2012.12260.

- Lee, K. W., Evertas, H. & Beynen, A. C. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science* 3 (12): 738-752.
- Lee, K. W., Everts, H., Kappert, H. J., Frehner, M., Losa, R. & Beynen, A. C. 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British Poultry Science* 44 (3): 450-457. doi: 10.1080/0007166031000085508.
- Li, W., Hydamaka, A., Lowry, L. & Beta, T. 2009. Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. *Central European Journal of Biology* 4 (4): 499–506. doi: 10.2478/s11535-009-0041-1.
- Loetscher, Y., Kreuzer, M. & Messikommer, R. E. 2013. Oxidative stability of the meat of broilers supplemented with rosemary leaves, rosehip fruits, chokeberry pomace, and entire nettle, and effects on performance and meat quality. *Poultry Science* 92 (11): 2938-2948. doi: 10.3382/ps.2013-03258.
- Luna, A., Labaque, M. C., Zygadlo, J. A. & Marin, R. H. 2010. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poultry Science* 89 (2): 366-370. doi: 10.3382/ps.2009-00130.
- Luna, G.L. 1968. Manual of Histologic staining methods of the armed forces institute of pathology. Third Edition. London: Mc Graw-Hill Book Company.
- Maksimova, V., Gudeva, L. K., Gulaboski, R. & Nieber, K. 2016. Co-extracted bioactive compounds in Capsicum fruit extracts prevent the cytotoxic effects of capsaicin on B104 neuroblastoma cells. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26 (6): 744-750. doi: 10.1016/j.bjp.2016.06.009.
- Manafi, M., Hedayati, M. & Khalaji, S. 2016. Effectiveness of phyto-genic feed additive as alternative to bacitracin methylene disalicylate on hematological parameters, intestinal histomorphology and microbial population and production performance of japanese quails. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29 (9): 1300-1308. doi: 10.5713/ajas.16.0108.
- Markovic, R., Sefer, D., Krsti, M. & Petrujki, B. 2009. Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Archivos de Medicina Veterinaria* 41 (2): 163-169. doi: 10.4067/S0301-732X2009000200010.
- Mishra, B. & Jha, R. 2019. Oxidative stress in the poultry gut: Potential challenges and interventions. *Frontiers in Veterinary Science* 6 (60) 1-5. doi: 10.3389/fvets.2019.00060.
- Pan, D. & Yu, Z. 2014. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes* 5 (1): 108-119. doi: 10.4161/gmic.26945.

- Patra, A. K., Amasheh, S. & Aschenbach, J. R. 2019. Modulation of gastrointestinal barrier and nutrient transport function in farm animals by natural plant bioactive compounds—A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (20): 3237-3266. doi: 10.1080/10408398.2018.1486284.
- Pirgozliev, V., Bravo, D. & Rose, S. P. 2014. Rearing conditions influence nutrient availability of plant extracts supplemented diets when fed to broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 98 (4): 667-671. doi: 10.1111/jpn.12119.
- Pirgozliev, V., Mansbridge, S. C., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., Beccaccia, A., Karadas, F., Ivanova, S. G., Staykova, G. P., Oluwatosin, O. O. & Bravo, D. 2018. Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. *Animal* 13 (3): 502-508. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0511.
- Placha, I., Ryzner, M., Cobanova, K., Faixova, Z. & Faix, S. 2015. Effects of dietary supplementation with sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil on antioxidant status and duodenal wall integrity of laying strain growers. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 18 (4): 741-749. doi: 10.1515/pjvs-2015-0096.
- Prakash, U. N. & Srinivasan, K. 2012. Fat digestion and absorption in spice-pretreated rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92 (3): 503-510. doi: 10.1002/jsfa.4597.
- Prakash, U. N. & Srinivasan, K. 2013. Enhanced intestinal uptake of iron, zinc and calcium in rats fed pungent spice principles—Piperine, capsaicin and ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 27 (3): 184-190. doi: 10.1016/j.jtemb.2012.11.003.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26 (9-10): 1231-1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Saraiva, A., Teixeira, M. L., Rodrigues, P. B., Oliveira, R. F., Barreto, S. L. T. & Brito, C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Ryu, W. K., Kim, H. W., Kim, G. D. & Rhee, H. I. 2017. Rapid determination of capsaicinoids by colorimetric method. *Journal of Food and Drug Analysis* 25 (4): 798-803. doi: 10.1016/j.jfda.2016.11.007.

- Shamoto, K. & Yamauchi, K. 2000. Recovery responses of chick intestinal villus morphology to different refeeding procedures. *Poultry Science* 79 (5): 718-723. doi: 10.1093/ps/79.5.718.
- Simitzis, P. E. 2017. Enrichment of animal diets with essential oils a great perspective on improving animal performance and quality characteristics of the derived products. *Medicines* 4 (2): 1-21. doi: 10.3390/medicines4020035.
- Skoufos, I., Giannenas, I., Tontis, D., Bartzanas, T., Kittas, C., Panagakis, P. & Tzora, A. 2016. Effects of oregano essential oil and attapulгите on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. *South African Journal of Animal Science* 46 (1): 77-88. doi: 10.4314/sajas.v46i1.10.
- Sousa, C. D. M., Silva, H. R., Vieira-Jr, G. M., Ayres, M. C. C., Costa, C. D., Araújo, D. S., Cavalcante, L. C. D., Barros, E. D. S., Araújo, P. B. M., Brandão, M. S. & Chaves, M. H. 2007. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova* 30 (2): 351-355. doi: 10.1590/S0100-40422007000200021.
- Surai, P. F., Fisinin, V. I. & Karadas, F. 2016. Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. *Animal Nutrition* 2 (1): 1-11. doi: 10.1016/j.aninu.2016.01.001.
- Tekce, E. & Gül, M. 2017. Effects of *origanum syriacum* essential oil on blood parameters of broilers reared at high ambient heat. *Brazilian Journal of Poultry Science* 19 (4): 655-662. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0511.
- Wealleans, A. L., Sirukhi, M. & Egorov, I. A. 2017. Performance, gut morphology and microbiology effects of a *Bacillus* probiotic, avilamycin and their combination in mixed grain broiler diets. *British Poultry Science* 58 (5): 523-529. doi: 10.1080/00071668.2017.1349298.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C. & Kroismayr, A. 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 86 (suppl_14): E140-E148. doi: 10.2527/jas.2007-0459.
- Xu, Z. R., Hu, C. H., Xia, M. S., Zhan, X. A. & Wang, M. Q. 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science* 82 (6): 1030-1036. doi: 10.1093/ps/82.6.1030.
- Yong, H. I., Kim, H. J., Jung, S., Jayasena, D. D., Bae, Y. S., Lee, S. K. & Jo, C. 2013. Effect of dietary supplementation of wild grape on the antioxidative potential of the breast

and leg meat of broilers. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 33 (1): 83-88. doi: 10.5851/kosfa.2013.33.1.83.

Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H. & Piao, X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6 (1): 1-10. doi: 10.1186/s40104-015-0004-5.

Zhang, J., Hu, Z., Lu, C., Bai, K., Zhang, L. & Wang, T. 2015. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63 (15): 3880-3886. doi: 10.1021/jf505889b.

Zhang, X. M., Zhang, Z. H., Gu, X. Z., Mao, S. L., Li, X. X., Joel, C., Alain, P., Wang, L. H. & Zhang, B. X. 2016. Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture* 15 (9): 1991-2001. doi 10.1016/S2095-3119(16)61364-3.

Zhu, Q.Y., Hackman, R.M., Ensunsa, J.L., Holt, R.R. & Keen, C.L. 2002. Antioxidative activities of oolong tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (23): 6929–6934. doi:10.1021/jf0206163

IV. Oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas japonesas nas fases de crescimento e postura melhora o desempenho, a qualidade externa de ovos, morfometria intestinal e capacidade antioxidante em tecidos hepáticos

Resumo:

1. Objetivou-se neste estudo avaliar a influência de dois níveis de oleorresina de *Capsicum* adicionada na dieta de codornas japonesas nas fases de crescimento e postura e comparar com fornecimento apenas na fase de postura sobre o desempenho, qualidade de ovos, morfometria intestinal e capacidade antioxidante de tecido hepático.
2. Foram utilizadas 525 codornas japonesas com 1 dia de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC), disposto em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, cujos os fatores foram: 2 níveis de oleorresina de *Capsicum* (20 ou 50 mg.kg⁻¹) e 2 fases de fornecimento (fases de crescimento e postura ou somente na fase de postura), e a testemunha (controle), totalizando cinco tratamentos com sete repetições e 15 aves/unidade experimental.
3. As variáveis analisadas foram consumo de ração (CRD), taxa de produção de ovos (TP), massa de ovos (MO), conversão alimentar por dúzia de ovos e por quilo de ovos (CADZ, CAKG). As análises para qualidade de ovos foram: peso dos ovos (PO), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), % gema, % albúmen e % casca, gravidade específica (GE), peso de casca por superfície de área (PCSA) e espessura de casca ESPC. As análises de morfometria intestinal (altura de vilos, profundidade de criptas e a relação de vilo/cripta) foram realizadas no duodeno e jejuno aos 112 dias de idade. A avaliação da capacidade antioxidante foi realizada mediante as análises de DPPH, ABTS e FRAP em tecido hepático.
4. Houve interação ($P < 0,05$) entre as dietas e as fases de fornecimento de oleorresina de *Capsicum* para o CRD, para TP e CADZ e CAKG, com menor consumo e taxa de postura no grupo que receberam 20 mg.kg de oleorresina *Capsicum* apenas na fase de postura. Já a CADZ e CAKG foi melhorada quando fornecida 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura. A MO apresentou efeito ($P < 0,05$) apenas para a fase de fornecimento, com valor superior quando a oleorresina de *Capsicum* foi fornecida nas fases de crescimento e postura. Já para as comparações entre os níveis de oleorresina e a dieta controle foi observado menor consumo ($P < 0,05$) do grupo de codornas que receberam dieta Caps50 comparado com controle. As variáveis UH, IG, GE (g ml⁻¹), PCSA e ESPC (mm) foram influenciadas pela fase de fornecimento ($P < 0,05$), sendo sempre superiores para a fase de crescimento e postura, comparativamente a postura.

Além disso, verificou-se interação ($P < 0,05$) para a porcentagem de casca, com menor porcentagem de casca verificada nos ovos provenientes das aves que receberam 20 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum* apenas na fase de postura. Foi verificado ($P < 0,05$) aumento na altura de vilos nas porções do duodeno e jejuno e maior atividade antioxidante do tecido hepático de codornas que foram suplementadas com oleorresina de *Capsicum* na fase de crescimento e postura.

6. Conclui-se que a utilização de 50 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas nas fases de crescimento e postura melhora o desempenho e aumenta a porcentagem de casca. Além disso, o fornecimento de oleorresina de *Capsicum* nas fases crescimento e postura melhora a qualidade externa da casca dos ovos, aumenta a altura de vilos do duodeno e jejuno, e melhora a capacidade antioxidante do tecido hepático das aves.

Palavras-chave: Capsaicina, cortunix cortunix japônica, fitoterápico, morfometria intestinal, pimenta, produção, ovos.

INTRODUÇÃO

Na produção de alimentos, o setor de avicultura há anos ocupa lugar de destaque no que diz respeito à produção de proteína animal e a coturnicultura vem ganhando seu espaço nesse cenário avícola. Esse avanço no setor nas últimas décadas se deve a diversos fatores, mas é inquestionável a contribuição dos antimicrobianos promotores de crescimento que atuam na manutenção da qualidade intestinal das aves levou a melhores resultados zootécnicos (Gonzales et al., 2012; Zeng et al., 2015).

No entanto, a utilização de antibióticos na produção animal foi restringindo e em alguns lugares, como é o caso da União Europeia (UE), foi proibido em 2006 por causa da possibilidade de resistência bacteriana (Windisch et al., 2008) o que poderia apresentar risco para a saúde humana (Guo et al., 2004; Tekce & Gül, 2017).

Tal fato impulsionaram pesquisas na busca por aditivos derivados de plantas como: óleos essenciais, oleorresina e seus componentes purificados, isolados ou combinados, que possam ter a mesma eficácia dos promotores de crescimento e assim conseguir substituir os antibióticos na alimentação de aves (Jamroz et al., 2005; Altop et al., 2017; Ahsan et al., 2018; Pirgozliev et al., 2018).

Os aditivos fitoterápicos apresentam várias funções podendo atuar sobre o aumento na produção de secreções digestivas, conseqüentemente, aumento na digestibilidade de nutrientes (Brenes e Roura, 2010; Amad et al., 2011). Além disso, possuem ação antimicrobiana (Brenes e Roura, 2010; Alhaji et al., 2015) e ação benéfica sobre o sistema imunológico das aves (Lu et al., 2014).

As pimentas do gênero *Capsicum*, tradicionalmente usadas como alimentos frescos ou processados, são fonte de nutrientes essenciais, como flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides e vitaminas como C, E e A (Zhang et al., 2016; Ryu et al., 2017). Dentre as diversas características da pimenta o mais notório é sua pungência que ocorre pelos compostos denominados de capsaicinoides.

Dentre os capsaicinoides, a capsaicina (8-metil-N-vanilil-trans-6-nonenamida) é o principal componente pungente e responsável por diversas propriedades fisiológicas e farmacológicas da pimenta (Maksimova et al., 2016), dentre as quais se destaca sua ação antioxidante (Pirgozliev et al., 2018), seu efeito positivo sobre enzimas gastrointestinais (Reyes-Escogido et al., 2011), melhorando a digestão de lipídeos, carboidratos e proteínas (Prakash e Srinivasan, 2012; Ali et al., 2016), além de auxiliar na absorção de minerais (Prakash e Srinivasan, 2013).

Um ponto importante na criação de poedeiras diz respeito às suas distintas fases em que esses animais passam desde seu crescimento até a fase adulta. As codornas de postura têm seu período de vida dividido em fases de crescimento (cria e recria) e postura, que segundo Vargas Junior et al. (2003) medidas adotadas nas primeiras fases de vida das aves podem refletir sobre seu desempenho na fase de produção de ovos.

Diante do exposto, pesquisas com objetivo de avaliar o uso de fitoterápico nas distintas fases de criação das codornas japonesas a fim de verificar seus efeitos em longo prazo e curto prazo são de grande relevância, uma vez que não há informações sobre o uso de fitoterápicos na alimentação de codornas poedeiras nas primeiras fases (cria e recria) e seus possíveis benefícios quando essas aves estiverem em produção comparando com aves que somente foram suplementadas quando estavam na fase adulta.

Portanto, o presente experimento teve como objetivo avaliar a suplementação de dois níveis de oleoresina de *Capsicum* em rações de codornas japonesas nas fases de crescimento e postura e comparar com sua utilização apenas na fase de postura sobre o desempenho, qualidade de ovos, morfometria intestinal e capacidade antioxidante de tecido hepático.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, instalações e manejo

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá. Foram utilizadas codornas de postura japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) fêmeas de 1 dia de idade adquiridas de criatório comercial (linhagem Vicami®, Assis-SP).

As codornas foram alojadas em um galpão convencional com cobertura de telha de cimento amianto, piso de terra batida, com cama de casca de arroz e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado, providas de cortinas laterais.

De 1 a 14 dias de idade foram utilizados círculos de proteção e campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) por 24 horas, como fonte de aquecimento. Até 10 dias de idade foram utilizados comedouros tipo bandeja e bebedouro infantil, posteriormente substituídos por comedouros tubulares e bebedouros pendulares até 42 dias de idade.

Aos 42 dias de idade, as codornas foram transferidas para galpão de postura, tipo convencional, com gaiolas de arame galvanizado que comporta três aves por gaiola, dispondo de bebedouros tipo nipple e comedouro tipo calha. A ração e a água foram fornecidas à vontade para as aves.

O programa de iluminação adotado foi de 14 horas de luz (natural + artificial) aos 42 dias de idade e semanalmente foram adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz (natural + artificial), por meio de programador automático (timer). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lux / m². Diariamente no período da manhã (8h) foi realizada a averiguação das condições térmicas do aviário por meio de termohigrômetro, obtendo-se os valores de temperatura média (23,2°C), mínima (18,9°C), máxima (34,1°C) e média de umidade relativa do ar de (75,5%), mínima (59,7%), máxima (79,8%) durante todo período experimental.

Dieta e delineamento experimental

Uma dieta referência foi formulada à base milho e farelo de soja, levando em consideração as recomendações para atender às exigências nutricionais das codornas japonesas, assim como os valores de composição química e energética dos alimentos proposto por Rostagno et al. (2017) (Tabela 1). A essa dieta referência foi adicionado dois níveis de oleorresina de *Capsicum* ficando disposto da seguinte forma: dieta referência +

20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps20) ou dieta referência + 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps50).

O aditivo fitogênico utilizado foi uma oleorresina de *Capsicum* (XTract® CAPS XL - Pancosma SA, Genebra, Suíça), que é um ativo microencapsulado contendo capsaicina (aproximadamente 20%). O aditivo foi adicionado à ração em substituição ao inerte sendo mantidos assim os mesmos níveis nutricionais em todas as rações.

Foram utilizadas um total de 525 codornas japonesas com 1 dia de idade, que foram divididas em 5 grupos de 105 codornas cada. Dois grupos receberam as dietas contendo os diferentes níveis de oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento (1 a 42 dias de idade) e postura (42 a 120 dias de idade). Outros dois grupos receberam dietas referência na fase de crescimento (1 a 42 dias de idade) e ao atingirem 42 dias de idade (fase de postura) passaram a receber as dietas contendo os diferentes níveis de oleorresina de *Capsicum*, a fim de comparar a utilização do fitoterápico nas fases de crescimento e postura com sua utilização apenas na fase de postura. E um grupo (controle) recebeu dieta referência nas fases de crescimento e postura (1 a 120 dias de idade).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC), disposto em esquema fatorial 2 x 2 + 1, cujos os fatores foram os seguintes: 2 níveis de oleorresina de *Capsicum* (20 ou 50 mg.kg⁻¹), 2 fases de fornecimento (fases de crescimento e postura ou somente na fase de postura), e a testemunha (controle), totalizando cinco tratamentos com sete repetições e 15 aves/unidade experimental.

Tabela 1 - Composições centesimal e calculada da ração referência para codornas japonesas na fase de cria, recria e postura

	Cria	Recria	Postura
Ingredientes			
Milho grão 7,86%	56,80	60,82	59,76
Farelo de soja 46%	38,00	35,34	29,70
Fosfócio	2,10	1,67	1,20
Calcário	1,26	1,06	7,35
Óleo de soja	0,80	0,020	0,50
Sal comum	0,483	0,506	0,36
Suplemento vitamínico e mineral ^{1,2}	0,400	0,400	0,400
DL-Metionina 99%	0,139	0,108	0,393
L-Lisina HCL 78%	-	-	0,221
L-Triptofano 99%	-	-	0,050
L-Treonina 99%	-	-	0,035
Inerte ²	0,020	0,0200	0,020
Total	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados			
Proteína bruta (%)	22,21	21,31	18,99
Energia Metabolizável (Mcal/kg ⁻¹)	2,89	2,90	2,80
Ácido linoleico (%)	-	-	1,668
Met.+cist digestível (%)	0,743	0,693	0,908
Lisina digestível (%)	1,096	1,034	1,107
Treonina digestível (%)	0,761	0,780	0,674
Triptofano digestível (%)	0,258	-	0,260
Cálcio (%)	1,092	0,911	3,157
Fósforo disponível (%)	0,513	0,428	0,326
Sódio (%)	0,205	0,214	0,155

¹Suplemento vitamínico e mineral (cria e recria) – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio– 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto– 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ²Areia lavada;

²Suplemento vitamínico e mineral (postura)– Níveis de garantia por kg ração: Vit.A – 4,500,000 UI; Vit. D3 – 1,250,000 UI; Vit. E – 40 mg; Vit. B1 – 2,78 mg; Vit. B2 – 20 mg; Vit. B6 – 5,25 mg; Vit. B12 – 50 mg; Vit. K3 – 10,07 mg; Pantotenato de Cálcio – 40 mg; Niacina – 100 mg; Colina – 1400 mg; Zinco – 315 mg; Ferro – 245 mg; Manganês – 387,5 mg; Cobre – 76,56 mg; Cobalto – 1 mg; Iodo – 4,84 mg; Selênio – 1,27 mg. ²Areia lavada.

Desempenho

As aves foram avaliadas durante três ciclos de produção de 21 dias cada. A coleta de ovos foi realizada diariamente (8h), para cálculo da taxa de postura (%) e produção de massa de ovos (g ovos. ave. dia¹) contabilizando todos os ovos produzidos incluindo os quebrados, trincados, anormais e de casca mole. As aves mortas também foram contabilizadas para realizar a correção do consumo de ração.

A taxa de postura (%) foi calculada pela seguinte equação: Taxa de postura (%) = (número de ovos produzidos / número de aves alojadas) x 100. A massa de ovos foi

obtida de acordo com a equação: Massa de ovos (g ovos ave dia) = (peso médio dos ovos (g) x número de ovos produzidos) / número de aves alojadas.

As rações foram pesadas ao final de cada ciclo para obtenção consumo de ração (g), e cálculo da conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) (g.dz^{-1} de ovos) e conversão alimentar por kg de ovos (CAKG) (kg kg^{-1} de ovos).

Qualidade interna e externa dos ovos

As análises referentes a determinação do peso médio dos ovos foram realizadas nos três últimos dias de cada ciclo utilizando apenas os ovos viáveis. Além do peso dos ovos, as seguintes características de qualidade foram avaliadas: gravidade específica (g/mL), índice de gema, % de casca, % de gema, % de albúmen, peso de casca por superfície de área e espessura da casca (mm).

A gravidade específica foi realizada em todos os ovos pelo do método de imersão dos ovos em diferentes concentrações de solução salina (densímetro de Baumé variando $0,005 \text{ g mL}^{-1}$ desde 1,060 a $1,090 \text{ g mL}^{-1}$) de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as demais análises de qualidade, foram utilizados três ovos dentro do peso médio da unidade experimental que foram identificados e avaliados. Posteriormente, os ovos foram quebrados sobre uma placa de vidro para determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen utilizando paquímetro digital (marca Digimess, com precisão de 0,02 mm).

A mensuração da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e da altura do albúmen na região mais próxima à gema. A determinação do diâmetro da gema e albúmen foi obtida pela média de duas mensurações.

Através desses dados foi possível determinar o índice de gema pela equação: $\text{IG} = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a Unidade Haugh (UH) que considera a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO) $\text{Unidade Haugh} = 100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times \text{PO}^{0,37})$.

Posteriormente, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, o peso da gema e da casca. Através dos dados de peso foram calculadas as porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: $\% \text{ do componente} = (\text{peso do componente (g)} / \text{peso do ovo (g)}) \times 100$.

As cascas foram lavadas e após secas em temperatura ambiente foram determinados o peso e a espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, utilizando um micrômetro digital (Mitutoyo®, modelo 700-118 “Quick Mini”). O peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA) foi calculado utilizando a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que PC corresponde ao peso da casca (g) e PO ao peso do ovo (g), ($PCSA = (PC / 3,9782 * PO^{0,7056}) \times 100$).

Atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP)

Aos 120 dias de idade foram abatidas cinco aves por tratamento, de acordo com o peso médio ($\pm 10\%$) de cada unidade experimental para a realização das análises relacionadas a capacidade antioxidante. Imediatamente após a coleta de tecido hepático, as amostras foram colocadas em nitrogênio líquido e, posteriormente, armazenadas sob refrigeração a -80°C até a realização das análises. A capacidade antioxidante das amostras foi determinada pelo método de captação do radical DPPH (2,2 - difenil 1-picrilhidrazil), pelo método de captura do radical livre ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico]) e pelo método FRAP (Poder antioxidante redutor férrico).

Extração das amostras de tecido hepático

Para o preparo do homogenato do tecido hepático foram pesadas 0,5 g de amostra e homogeneizadas com 4,5 mL de álcool metílico por 15 minutos e centrifugadas (Hermle, modelo Z323 K, Germany), a 3000 rpm x g por 10 minutos. Posteriormente foi retirado o sobrenadante e realizadas as análises referentes a atividade antioxidante.

DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

A atividade antioxidante pelo método 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) foi determinada de acordo com Li et al. (2009), com algumas modificações. Foi pipetado 150 μL do extrato de tecido hepático e misturado com 2,85 mL de solução de DPPH (0,06mM/L) no vórtex por 10 segundos e então armazenados em ambiente escuro que após 30 minutos foi medido a absorbância a 515nm. A atividade antioxidante pela eliminação radical de DPPH (%) foi calculada usando a Eq. 1: $\% \text{ DPPH} = (1 - (\text{amostra A T}(30) / \text{amostras A T}(0))) \times 100$.

Em que: Amostra A T(30): absorvância das amostras a 30 min;

Amostra A T(0): Absorvância da amostra no tempo zero.

ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico])

Para atividade antioxidante determinada pelo método de método de captura do radical livre ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico]) foi realizada de acordo com o protocolo de Re et al. (1999), com adaptações. O cátion ABTS⁺ foi realizado incubando ABTS (7 mM) com persulfato de potássio (140 mM) durante 16 horas à temperatura ambiente em condições escuras. Posteriormente, o radical ativado ABTS foi diluído com etanol para que a absorvância chegasse a $0,70 \pm 0,02$. Depois de alcançado esse valor de absorvância 1,960 mL da solução do radical ABTS foi transferido para cubeta e adicionado 40 µL do extrato de tecido hepático e então, após 6 minutos foi a absorvância a 734nm. Atividade sequestradora de radicais ABTS (%) foi calculada utilizando a Eq. 2:

$$\% \text{ DPPH} = (1 - (\text{amostra A T}(6) / \text{amostras A T}(0))) \times 100.$$

Em que: Amostra A T(6): absorvância das amostras a 6 min;

Amostra A T(0): Absorvância da amostra no tempo zero.

FRAP (Poder antioxidante redutor férrico)

O FRAP foi determinado nos extratos, conforme descrito por Zhu et al. (2002). Inicialmente 250µl de amostra, 1,25 mL de tampão fosfato de sódio pH 7,0 (50 mM) e 1,25 mL de ferricianeto de potássio (1%) foram misturados e incubados a 50°C por 20 min. Posteriormente, adicionou-se 1,25 mL de ácido tricloroacético (10%) e a mistura resultante foi centrifugada por 10 min. Depois, 2,5 mL do sobrenadante foi recuperado e e misturado com alíquota de 0,5 ml de cloreto férrico (0,1%) e imediatamente foi medida a absorvância a 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de GAE (equivalente em ácido gálico) por g de amostra.

Morfometria Intestinal

Foi coletado um fragmento de 2 cm do duodeno e jejuno de três aves por tratamento, que com o auxílio de uma seringa com agulha, foi realizada a lavagem do lúmen intestinal com solução fisiológica (4°C). Todas amostras foram identificadas e acondicionadas individualmente em eppendorfs contendo solução de formalina tamponado (10%), para fixação dos tecidos até a realização das análises.

Os fragmentos foram desidratados em concentrações crescentes de álcool, clarificados em xileno, impregnados e incluídos em parafina. Os materiais passaram por microtomia para obtenção de cortes semisseriados de 5µm de espessura e posteriormente corados pelo método de Hematoxilina-Eosina (HE) conforme Luna (1968).

A captura de imagens para análise morfológica foi realizada mediante uma câmera digital de alta resolução (Moticam 2500 – 5.0M pixel), acoplada ao microscópio MOTIC BA400 e o analisador de imagem computadorizado MOTIC IMAGE PLUS 2.0. Foram realizadas 20 medidas (10 medidas para altura de vilo e 10 para profundidade de cripta) por segmento. As alturas dos vilos foram medidas a partir da região basal do vilo, coincidente com a porção superior das criptas, até seu ápice. As criptas foram medidas da sua base até a região de transição cripta: vilo. A relação vilo:cripta foi obtida por meio da razão entre a altura do vilo e a profundidade da cripta.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico RStudio (R Core Team, 2014). Os dados inicialmente foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Após verificar que os resíduos das variáveis apresentaram distribuição normal, aplicou-se a análise de variância para avaliar os efeitos dos tratamentos e testar o fatorial. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). O teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar o tratamento controle a cada um dos demais tratamentos.

RESULTADOS

Houve interação ($P < 0,05$) entre as dietas e as fases de fornecimento de oleorresina de *Capsicum* para CRD, para a TP e para CAKG e CADZ (Tabela 2). Para MO observou-se efeito ($P < 0,05$) apenas para a fase de fornecimento, sendo 1,43 g superior para aves que receberam oleorresina de *Capsicum* desde 1 dia de idade até a postura (120 dias de idade).

Já para as comparações entre as dietas pelo teste de Dunnet foi observado diferença ($P < 0,05$) para o consumo de ração entre a dieta Caps50 e o tratamento controle. Em relação as demais não houve efeito significativo.

Tabela 2. Efeitos dos níveis de oleorresina de *Capsicum* e seu fornecimento em diferentes fases sobre o desempenho de codornas japonesas em produção

Fatores		Variáveis				
		CRD	TP	MO	CA (kg/dz)	CA (kg/kg)
Caps20 ¹	CP ³	27,03a	81,63a	9,34	0,38a	3,10a
	P ⁴	21,38b	71,75b	7,70	0,38a	3,22a
Caps50 ²	CP	23,12b	84,56a	9,31	0,32b	2,61b
	P	22,54b	82,75a	8,10	0,39a	3,24a
Efeitos Principais						
Fases fornecidas (F)	CP	25,07	83,09	9,32a	0,35	2,86
	P	21,96	77,25	7,89b	0,39	3,24
Dieta (D)	Controle	25,02	81,24	8,92	0,37	3,00
	Caps20	24,2	76,69*	8,52	0,38	3,17
	Caps50	22,83*	83,65	8,7	0,36	2,93
CV%		6,76	3,95	9,11	6,88	8,28
Valor de P						
Fases fornecidas (F)		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dietas (D)		0,0318	<0,001	0,542	0,041	0,02
F x D		<0,001	0,002	0,4752	0,002	0,013

Médias seguidas de letras distintas na coluna são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *Difere em relação ao controle pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; Caps20¹: dieta referência + 20 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50²: Dieta referência + 50 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; CP³: crescimento e postura; P⁴: postura; CRD: consumo de ração diário (g ave dia⁻¹); TP: taxa de produção de ovos (%); MO: Massa de ovos (g de ovos ave dia); CA (kg/dz): conversão alimentar por dúzia de ovos; CA kg/kg: conversão alimentar por quilo de ovos.

Ao avaliar as interações, observa-se que o maior consumo de ração foi das aves que receberam dieta suplementada com 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina *Capsicum* (Caps20) na fase crescimento e postura, com consumo de 20,9% maior que as aves alimentadas com o mesmo nível, mas que receberam a suplementação apenas quando estavam na fase de postura. Além disso, os resultados revelaram que aves que foram alimentadas com a dieta Caps20 tiveram aumento no consumo de 14,46 % quando comparada com a dieta Caps50 quando ambos os níveis foram oferecidos nas fases de crescimento e postura.

A taxa de postura de aves alimentadas com 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina *Capsicum* (Caps20) na fase de crescimento e postura foi 12,10% superior em comparação com o mesmo nível, mas utilizado apenas na fase de postura. Ao avaliar os níveis apenas na fase de postura, verificou-se que a adição de 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina *Capsicum* (Caps50) proporcionou 13,29% a mais na taxa de postura que a adição de 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina *Capsicum* (Caps20).

A conversão alimentar, por dúzia de ovos e por quilo de ovos foi menor nas aves alimentadas com dieta contendo 50 mg.kg^{-1} de oleorresina *Capsicum* (Caps50) nas fases de crescimento e postura quando comparada ao mesmo nível utilizado apenas na fase de postura. Adicionalmente, a dieta Caps50 proporcionou melhor conversão alimentar que a dieta Caps20 quando ambas foram ofertadas nas fases de crescimento e postura.

Não houve efeito dos tratamentos ($P > 0,05$) para peso do ovo e porcentagem de albúmen e gema (Tabela 3). As variáveis unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), gravidade específica (GE) (g ml^{-1}), peso de casca por superfície de área (PCSA) e espessura de casca (ESPC) (mm) foram influenciadas pela fase de fornecimento ($P < 0,05$), sendo sempre superiores para a fase de crescimento e postura, comparativamente a postura. Além disso, verificou-se interação ($P < 0,05$) para a porcentagem de casca.

Já para as comparações entre as dietas com o tratamento controle pelo teste de Dunnett, observou-se diferença ($P < 0,05$) para a porcentagem de casca, com maior valor desse parâmetro em ovos provenientes de codornas que foram alimentadas com 50 mg.kg^{-1} de oleorresina *Capsicum* (Caps50).

Tabela 3. Efeitos dos níveis de oleorresina de *Capsicum* e seu fornecimento em diferentes fases sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas em produção

Fatores		PO	UH	IG	GE	Albúmen	Gema	Casca	PCSA	ESPC
		g			(g ml ⁻¹)		%			(mm)
Caps20 ¹	CP ³	10,26	93,62	0,48	1,0740	62,31	29,97	7,89a	3,93	0,218
	P ⁴	10,16	92,29	0,47	1,0722	62,19	30,02	7,61b	3,80	0,210
Caps50 ²	CP	10,36	92,97	0,47	1,0737	62,25	29,91	7,82a	3,92	0,217
	P	10,32	92,44	0,47	1,0735	62,14	30,08	7,80a	3,85	0,214
Efeitos principais										
Fases fornecidas (F)	CP	10,31	93,29a	0,47a	1,0738a	62,28	29,94	7,85	3,92a	0,218 a
	P	10,23	92,36b	0,46b	1,0728b	62,16	30,05	7,71	3,82b	0,212b
Dieta (D)	Controle	10,34	92,72	0,47	1,0742	62,37	29,80	7,69	3,85	0,213
	Caps20	10,20	92,95	0,47	1,0731	62,25	30,00	7,76	3,86	0,214
	Caps50	10,34	92,71	0,47	1,0736	62,20	30,00	7,82*	3,88	0,216
CV%		1,99	1,14	1,37	0,10	1,07	1,71	1,62	1,64	1,88
Valor de P										
Fases fornecidas (F)		0,342	0,028	0,029	0,017	0,650	0,573	0,005	<0,001	0,002
Dietas (D)		0,102	0,548	0,066	0,239	0,825	0,995	0,223	0,350	0,216
F x D		0,683	0,324	0,267	0,054	0,985	0,779	0,011	0,253	0,117

Médias seguidas de letras distintas na coluna são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *Difere em relação ao controle pelo teste de Dunnet, a 5% de probabilidade; CV%: Coeficiente de variação; Caps20¹: dieta referência + 20 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50²: Dieta referência + 50 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; CP³: crescimento e postura; P⁴: postura; PO: peso dos ovos; UH: unidade Haugh; IG: índice de gema; GE: gravidade específica; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca.

A menor porcentagem de casca foi verificada nos ovos provenientes das aves que receberam 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps20), apenas na fase de postura quando comparada ao mesmo nível, mas oferecidos nas fases de crescimento e postura. Já o nível de 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps50) suplementado somente na postura proporcionou porcentagem de casca maior que a Caps20 na mesma fase.

Não houve interação ($P>0,05$), para altura de vilo (μm), profundidade de cripta (μm) e relação vilo/cripta, tanto para o duodeno quanto para o jejuno em codornas que receberam dieta suplementada com diferentes níveis de oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura e/ou somente na fase de postura (Tabela 4).

No entanto, houve efeito ($P<0,05$) para a fase de fornecimento quando se avaliou altura de vilo no jejuno e duodeno, sendo superior na fase de crescimento e postura, comparativamente a fase de postura. Além disso, houve efeito da dieta sobre ($P<0,05$) a relação vilo/cripta no jejuno, sendo esta 1,6 menor para as aves que receberam a adição 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* na dieta (Caps50).

A demais, a dieta com inclusão de 50 mg.kg⁻¹ (Caps50) de oleorresina de *Capsicum* diferiu ($P<0,05$) quanto ao tratamento controle em relação V/C no jejuno.

Tabela 4. Efeitos dos níveis de oleorresina de *Capsicum* e seu fornecimento em diferentes fases sobre altura de vilo, profundidade de cripta e relação altura de vilo: profundidade de cripta (V/C) do duodeno e jejuno de codornas japonesas em produção

Fatores	Duodeno			Jejuno			
		VILO (μm)	CRIPTA (μm)	V/C	VILO (μm)	CRIPTA (μm)	V/C
Caps20 ¹	CP ³	1127,7	139,0	9,36	782,0	103,0	8,2
	P ⁴	1006,0	111,3	9,21	536,5	96,7	6,6
Caps50 ²	CP	1065,3	123,7	9,51	577,3	99,0	6,3
	P	1001,0	127,0	9,05	527,3	106,7	5,3
Efeitos principais							
Fases fornecidas (F)	CP	1096,5a	131,3	9,44	679,6a	101,0	7,2
	P	1003,5b	119,1	9,13	531,9b	101,6	5,9
Dieta (D)	Controle	1085,2	113,3	11,1	570,8	86,2	7,7
	Caps20	1066,8	125,2	9,3	659,3	99,8	7,4a
	Caps50	1033,2	125,3	9,3	552,3	102,8	5,8b*
CV%		5,37	22,58	21,88	14,9	21,19	14,97
Valor de P							
Fases fornecidas (F)		0,021	0,477	0,799	0,022	0,958	0,053
Dietas (D)		0,331	0,992	0,998	0,074	0,815	0,023
F x D		0,404	0,370	0,898	0,098	0,588	0,571

Médias seguidas de letras distintas na coluna são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *Difere em relação ao controle pelo teste de Dunnet, a 5% de probabilidade; CV%: Coeficiente de variação; Caps20¹: dieta referência + 20 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; Caps50²: Dieta referência + 50 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum*; CP³:crescimento e postura; P⁴: postura.

Os resultados revelaram diferenças ($P < 0,05$) para a fase de fornecimento para capacidade antioxidante pelo método de ABTS (%) e para a capacidade de remoção de radicais livres DPPH (%), sendo ambos superiores na fase de crescimento e postura (Tabela 5).

Já o FRAP diferiu ($P < 0,05$) entre as dietas experimentais, sendo superior na dieta com adição de 50 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum* na dieta de codornas, comparativamente a adição de 20 mg.kg^{-1} . Além disso, esta variável apresentou maior valor no tratamento Caps50 ($P < 0,05$) quando comparada ao tratamento controle.

Tabela 5. Efeitos dos níveis de oleorresina de *Capsicum* e seu fornecimento em diferentes fases sobre a capacidade antioxidante no tecido hepático de codornas japonesas em produção.

Fatores		⁵ ABTS %	⁶ DPPH %	⁷ FRAP (mg ⁸ GAE/g)
Caps20 ¹	CP ³	62,8	32,8	0,45
	P ⁴	49,2	28,6	0,48
Caps50 ²	CP	66,7	35,9	0,60
	P	45,5	30,2	0,55
Efeitos principais				
Fases fornecidas (F)	CP	64,7a	34,4a	0,53
	P	46,8b	29,3b	0,52
Dieta (D)	Controle	51,1	25,8	0,43
	Caps20	57,0	30,7	0,47b
	Caps50	54,9	33,1	0,58a*
CV%		15,48	12,42	10,35
Valor de P				
Fases fornecidas		0,001	0,026	0,812
Dietas (D)		0,643	0,251	<0,001
F x D		0,406	0,714	0,195

Médias seguidas de letras distintas na coluna são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *Difere em relação ao controle pelo teste de Dunnet, a 5% de probabilidade; CV%: Coeficiente de variação; Caps20¹: dieta referência + 20 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum*; Caps50²: Dieta referência + 50 mg.kg^{-1} de oleorresina de *Capsicum*; CP³:crescimento e postura; P⁴: postura; ⁵ABTS: eliminação radical de ABTS; ⁶DPPH: eliminação de radicais livres de DPPH; ⁷FRAP: poder antioxidante da redução férrica; ⁸GAE: equivalente em ácido gálico.

DISCUSSÃO

As aves produtoras de ovos possuem características e cuidados distintos ao longo do seu tempo de vida, portanto, tomar medidas que possam beneficiar o organismo das aves na sua fase de crescimento (cria e recria) pode levar ao melhor índice de produção quando alcançarem a fase adulta (Vargas Junior et al., 2003).

Dessa forma, o uso de fitoterápicos pode ser uma ferramenta a ser utilizada na fase inicial das aves visando possíveis melhoras na produção e qualidade de ovos quando as mesmas atingirem a fase de postura, uma vez que diversos efeitos são exercidos pelo uso de extratos de plantas ou seus princípios ativos isolados, tais como estímulo do apetite com consequente aumento no consumo de ração e da secreção enzimática digestiva endógena, ações antibacterianas, antioxidantes e anti-helmínticas e ativação da resposta imune (Kim et al., 2016).

Neste estudo foi verificado que a adição de 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* (Caps20) nas fases de crescimento e postura aumentou o consumo de ração quando comparado aos demais tratamentos. Em contrapartida, a utilização do mesmo nível (20 mg.kg⁻¹) ofertado apenas quando as aves já estavam na sua fase adulta ocasionou acentuada redução na ingestão de alimento.

Em trabalho realizado por El-Deek et al. (2012) avaliando a adição de 1,5 e 3,0 g / kg de pimenta na alimentação de frangos de corte, os autores verificaram redução no consumo de cerca de 15 e 14,5% , respectivamente, comparado com controle (sem suplementação) em aves na fase de 1 a 21 dias de idade, no entanto quando as aves estavam na fase de 22 a 45 dias de idade foi verificado aumento no consumo de ração de 16,3 e 18,4%, respectivamente, quando comparados ao controle. Os autores justificaram essa redução inicial no consumo, devido ao sabor do alimento e que com tempo de fornecimento, os efeitos estimulantes, antissépticos e digestivos da capsaicina, princípio ativo da pimenta, assim como adaptação das aves a dieta acarretou em aumento do consumo na fase de 22 a 45 dias de idade.

Resultados diferentes foram encontrados por Bravo et al. (2014) e Pirgozliev et al. (2015) que ao adicionarem uma combinação de extratos vegetais contendo 2% de oleorresina de *Capsicum* na dieta de frangos de corte não observaram influência sobre o consumo diário. Da mesma forma, Lokaewmanee et al. (2014) ao adicionarem pimenta vermelha (0,5%) e Li et al. (2012) avaliando adição 0,8% de pimenta vermelha na dieta de poedeiras comerciais não encontraram diferença no consumo quando comparado com controle.

A menor taxa de produção de ovos observada nas codornas que receberam a dieta Caps20 somente na postura pode estar associado a acentuada redução do consumo observado nesse tratamento, uma vez que o consumo verificado neste estudo quando utilizou 20 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* apenas na fase de postura está abaixo dos citados por Albino e Barreto (2003) que mencionam que o consumo médio diário de ração por ave para codornas japonesas na sua fase adulta está entre 23 a 26g.

No entanto, a utilização da oleorresina de 20 mg.kg⁻¹ *Capsicum*, nas fases de crescimento e postura proporcionou aumento na produção de ovos. Adicionalmente, a suplementação de 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura melhorou a conversão alimentar das codornas em produção. Já a massa de ovos aumentou em 15,34% quando a oleorresina de *Capsicum* foi fornecida nas fases de crescimento e postura.

O mecanismo de ação pela qual os fitoterápicos influenciam de forma positiva o desempenho animal ainda não são totalmente claros. No caso de pimentas do gênero *Capsicum*, a melhora no desempenho tem sido atribuída a capsaicina, principal substância responsável pela ação farmacológica das pimentas desse gênero, que possui diversos efeitos benéficos no organismo animal (Fernandes et al., 2015).

Levando-se em consideração que a oleorresina de *Capsicum* do presente estudo possui aproximadamente 20% capsaicina em sua composição, a melhora no desempenho observada pode ser atribuída ao potencial efeito antibacteriano dessa substância ao evitar que bactérias patogênicas se alojem na mucosa intestinal contribuindo para maior absorção de nutrientes no intestino (Fernandes et al., 2015; Ali et al., 2016).

Além disso, estudos têm demonstrado que a capsaicina possui efeito positivo sobre o trato gastrointestinal, estimulando enzimas como a sacarase, maltase, amilase, lipase, tripsina, quimotripsina e estimular a produção e secreção de bile pelo fígado, com consequente aumento na digestão de carboidratos, lipídeos e proteínas (Platel e Srinivasan 1996; Reyes-Escogido et al., 2011; Prakash e Srinivasan, 2012; Ali et al., 2016; Srinivasan, 2016). Portanto, a capsaicina pode melhorar o aproveitamento dos nutrientes da dieta com reflexo positivo sobre o desempenho das aves.

Embora a ação antimicrobiana e atividades enzimáticas digestivas não tenham sido investigadas no presente estudo, trabalhos têm apontado essas ações da capsaicina na melhora do desempenho das aves.

Resultados semelhantes a este estudo foram encontrados por Çabuk et al. (2014) e Khan et al. (2013) que observaram melhor conversão alimentar e aumento na produção

de ovos ao usar fitoterápicos na dieta de poedeiras. Ali et al. (2016) verificaram redução na conversão alimentar em patos alimentados com dietas contendo 100 e 150 mg.kg de capsaicina. Bravo et al. (2014) e Pirgozliev et al. (2018) relataram que 100 mg.kg de uma mistura de óleos essenciais contendo 5% de carvacrol, 3% de cinamaldeído e 2% oleorresina de *Capsicum* melhorou o desempenho de frangos de corte. Abou-Elkhair et al. (2018) ao avaliarem a inclusão dietética de pimenta vermelha (5 g / kg) verificaram aumento na produção de ovos, massa de ovos e menor conversão alimentar que aves que receberam dieta controle.

Em contrapartida, Lokaewmanee et al. (2013) e Li et al. (2012) avaliando a adição de 0,5% e 0,8% de pimenta vermelha na dieta de poedeiras, respectivamente, não verificaram diferenças no desempenho quando comparadas com controle. Da mesma forma, Vicente et al. (2007) não verificaram influência na utilização de dois níveis (18 e 36 mg.kg) de capsaicina sobre o desempenho de poedeiras comerciais.

Em relação às características de qualidade dos ovos, os resultados obtidos demonstraram que os tratamentos não influenciaram o peso do ovo e as porcentagens de albúmen e gema. Concordando com esses resultados, Lokaewmanee et al. (2013) ao adicionarem pimenta vermelha na dieta de poedeiras não verificaram diferenças no peso do ovo e nas porcentagens de albúmen e gema. Por outro lado, Li et al. (2012) constataram aumento no peso dos ovos ao utilizarem pimenta vermelha nas dietas de poedeiras, mas não verificaram influência sobre os demais parâmetros relacionados a qualidade de ovos.

Os resultados do presente estudo demonstraram que a suplementação de oleorresina de *Capsicum* nas dietas das aves desde a fase inicial até a postura proporcionou maior índice de gema quando comparado ao seu uso apenas na fase de postura. Esse resultado pode também ser atribuído ao efeito benéfico da capsaicina sobre o aumento da digestibilidade dos nutrientes da dieta, aumentando a absorção de minerais, lipídeos e proteínas (Platel e Srinivasan 1996; Prakash e Srinivasan, 2012; Srinivasan, 2016; Ali et al., 2016) e, portanto, proporcionado dessa forma aumento do índice de gema. Entretanto, fica evidente que os benefícios oferecidos pelo uso desse fitoterápico são alcançados com seu uso desde primeiro dia de idade até a fase de postura.

Da mesma forma, os valores de unidade Haugh (UH), gravidade específica (GE) (g mL^{-1}), peso de casca por superfície de área (PCSA) e espessura de casca (ESPC) (mm) foram superiores em ovos provenientes de codornas que foram alimentadas com oleorresina de *Capsicum* na fase de crescimento e postura quando comparada apenas na postura.

A capsaicina pode alterar as características de permeação presumivelmente aumentando a superfície de absorção pelos segmentos intestinais levando ao aumento da absorção de minerais como zinco, ferro e cálcio (Prakash e Srinivasan, 2013). Os minerais chegam a representar de 3 a 4% do peso vivo das aves, estando envolvidos em várias vias metabólicas, exercendo funções importantes no crescimento e reprodução (Pinto et al., 2012).

O Cálcio (Ca) é um dos principais minerais utilizados no desenvolvimento das codornas participando, principalmente, na formação óssea e ovos (Vargas Junior et. al., 2003). Nunes et al. (2006) mencionam que a utilização do cálcio pelo organismo das aves depende principalmente da idade, uma vez que na fase de crescimento o Ca é direcionado para a formação óssea e nas aves adultas é utilizado na produção e formação da casca do ovo, constituída por 90% de minerais dos quais 98% são cálcio (Macari e Mendes, 2005). Honma (1992) destaca a importância desse mineral na fase de crescimento das aves, uma vez que o cálcio acumulado nos ossos durante as primeiras fases de desenvolvimento das aves atua como reservatório para ser utilizado durante toda a vida da ave.

Levando em consideração que a ração experimental do presente estudo foi formulada para atender as exigências das aves em suas diferentes fases, os resultados relacionados a qualidade de casca pode ser atribuído ao possível aumento da absorção de minerais, principalmente cálcio, exercido pela capsaicina presente na oleorresina de *Capsicum* nas primeiras fases das aves, refletindo na melhora da casca dos ovos produzidos por essas aves na fase adulta.

Os resultados também revelaram maiores valores de Unidade Haug e gravidade específica (g mL^{-1}) quando utilizado o oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura. Esses dados podem estar relacionados a melhora da qualidade de casca observada na utilização da oleorresina de *Capsicum* desde primeiro dia de idade até sua fase de postura.

Os benefícios sobre o desempenho de aves alimentadas com aditivos fitoterápicos também têm sido atribuído a alterações na morfologia intestinal ocasionados por esses aditivos (Ghazanfari et al., 2015), uma vez que a altura das vilosidades, assim como a relação altura de vilos e profundidade de cripta podem ser indicadores de absorção intestinal em que aumento desses parâmetros pode resultar em melhor absorção dos nutrientes (Shamoto e Yamauchi, 2000) por aumentar a superfície de absorção (Wealleans et al., 2017).

Neste estudo, a suplementação dietética de oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura proporcionou maior altura de vilos no duodeno e jejuno quando comparada a seu uso apenas na postura, dessa forma os resultados encontrados pode reforçar a hipótese de que houve aumento da absorção dos nutrientes com consequente melhoria do desempenho e qualidade dos ovos de codornas alimentadas com oleorresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura.

As modificações morfológicas observadas neste estudo, provavelmente, não é uma ação direta da oleorresina de *Capsicum*, mas um efeito indireto mediante a manipulação da estrutura do microbioma intestinal das aves. Os fitoterápicos e seus princípios ativos isolados podem reduzir bactérias patogênicas (Manafi et al., 2016) e aumentar as populações de bactérias benéficas (Ali et al., 2016; Skoufos et al., 2016). Tais mudanças na população de microrganismos patogênicos para comensais podem aumentar a altura de vilos (Ghazanfari et al., 2015) e a relação de altura de vilos e profundidade de cripta (Pan & Yu, 2014; Wealleans et al., 2017). Diversos estudos têm demonstrados aumento na altura de vilos e na relação vilo/cripta com a utilização de óleos essenciais na dieta de aves (Lokaewmanee et al., 2013; Ahsan et al., 2018; Hazrati et al., 2019).

No entanto, a redução da relação de altura de vilos e profundidade de cripta pode estar associada a danificação de vilos e aumento na atividade proliferativa nas criptas com objetivo de restaurar a morfometria e a função do epitélio (Santos, 2008).

No presente estudo, a redução da relação vilo/cripta com a utilização de 50 mg.kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* nas dietas das aves que pode estar associada a dose inadequada desse fitoterápico, e pode ter causado danos na mucosa intestinal, uma vez que alguns aditivos fitoterápicos podem promover inflamação por serem irritantes para o revestimento mucoso, levando à redução da superfície intestinal (Adaszyńska-Skwirzyńska & Szczerbińska, 2017).

A produção intensiva em que são submetidas aumenta a exposição das aves às condições de estresse oxidativo levando à peroxidação lipídica, nitração proteica, dano ao DNA e apoptose das células e tecidos influenciando negativamente a saúde e a produtividade (Mishra e Jha, 2019).

Os princípios ativos como os compostos fenólicos contidos nos aditivos fitoterápicos podem ser depositados em diversos tecidos de aves alimentadas continuamente com dietas contendo esses aditivos, podendo, portanto auxiliar as defesas antioxidantes endógenas ou agir em sinergismo com as mesmas aumentando a defesa do

organismo contra os radicais livres e reduzindo, dessa forma, os danos oxidativos no organismo das aves (Lee et al., 2004; Haselmeyer et al., 2015; Luna et al., 2010; Surai et al., 2016; Fernandez et al., 2017).

A eficiência da capsaicina, principal princípio ativo da oleoresina de *Capsicum* como antioxidante quando usado continuamente pode ser observada a partir dos resultados revelados pelo teste de eliminação do radical DPPH e ABTS neste estudo, que demonstraram aumento da capacidade de remoção de radicais livres DPPH e ABTS em fígado provenientes de aves que foram suplementadas com oleoresina de *Capsicum* nas fases de crescimento e postura. Além disso, os resultados revelaram aumento no valor do FRAP, ao se utilizar 50 mg.kg⁻¹ de oleoresina de *Capsicum* na dieta de codornas.

Os compostos fenólicos (capsaicina) são classificados como antioxidantes primários, ou seja, atuam na remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação da oxidação (Sousa et al., 2007). Geralmente, o grupo hidroxila (OH) fenólico é o responsável pela eliminação dos radicais livres, no entanto foi verificado que o grupo fenólico OH de capsaicina permaneceu intacto após a remoção de radicais DPPH, sugerindo, portanto que o carbono benzílico na posição C7 da capsaicina é o local da eliminação de radicais livres (Kogure et al., 2002).

Yong et al. (2013) ao estudarem o uso de fitoterápicos na alimentação de frango de corte, também verificaram aumento na capacidade de sequestro do radical DPPH na coxa e no peito. Lee et al. (2012) também verificaram aumento na atividade de eliminação do radical DPPH e atividade redutora do radical ABTS da carne da coxa de frangos de corte que foram alimentados com antioxidante (ácido gálico).

Nas condições do presente experimento e com base nos resultados deste estudo, conclui-se que a utilização de oleoresina de *Capsicum* melhora o desempenho de codornas japonesas em produção e aumenta a porcentagem de casca dos ovos quando fornecida desde suas primeiras fases de vida até a postura no nível de 50 mg.kg⁻¹ de ração.

Também ficou claro que o uso de oleoresina de *Capsicum* quando utilizado nas fases de crescimento e postura melhora a morfometria intestinal, a qualidade dos ovos e a capacidade antioxidante de tecidos hepáticos.

REFERÊNCIAS

- Abou-Elkhair, R., Selim, S. & Hussein, E. 2018. Effect of supplementing layer hen diet with phytogetic feed additives on laying performance, egg quality, egg lipid peroxidation and blood biochemical constituents. *Animal Nutrition* 4 (4): 394-400. doi: 10.1016/j.aninu.2018.05.009.
- Adaszyńska-Skwirzyńska, M. & Szczerbińska, D. 2017. Use of essential oils in broiler chicken production—a review. *Annals of Animal Science* 17 (2): 317-335. doi: 10.1515/aoas-2016-0046.
- Ahsan, U., Kuter, E.; Raza, I., Köksal, B. H., Cengiz, Ö., Yildiz, M., Kizanlik, P. K., Kaya, M., Tatli, O. & Sevim, Ö. 2018. Dietary Supplementation of Different Levels of Phytogetic Feed Additive in Broiler Diets: The Dynamics of Growth Performance, Caecal Microbiota, and Intestinal Morphometry. *Brazilian Journal of Poultry Science* 20 (4): 737-746. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0698.
- Albino, L. F. T. & Toledo Barreto, S. L. 2003. Criação de codornas para produção de ovos e carne. Ed. 1. Aprenda fácil.
- Alhajj, M. S., Alhobaishi, M., Nabi, A. R. J. E. & Ai-Mufarrej, S. I. 2017. Effect of Chinese star anise (*Illicium verum* Hook. f) on the blood biochemical parameters and antioxidant status in the serum and tissues of broiler chickens. *Agricultural Science* 27 (1): 15-23.
- Ali, W. A. H., Ahmed, A. M. H. & El-Gabry, H. E. 2016. Effects of capsaicin supplementation on productive and physiological performance of pekin ducks during summer season. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 19 (3): 549-561.
- Altop, A., Erener, G., Duru, M. E. & Isik, K. 2017. Effects of essential oils from *Liquidambar orientalis* Mill. leaves on growth performance, carcass and some organ traits, some blood metabolites and intestinal microbiota in broilers. *British Poultry Science* 59 (1): 121-127. doi: 10.1080/00071668.2017.1400657.
- Amad, A. A., Männer, K., Wendler, K. R., Neumann, K. & Zentek, J. 2011. Effects of a phytogetic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 90 (12): 2811-2816. doi: 10.3382/ps.2011-01515.
- Bertechini, A. G. 2010 Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: Simpósio Internacional, 5.; Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 4., 2010, Lavras. Anais... Lavras, MG: [UFLA].

- Bravo, D., Pirgozliev, V. & Rose, S. P. 2014. A mixture of carvacrol, cinnamaldehyde, and capsicum oleoresin improves energy utilization and growth performance of broiler chickens fed maize-based diet. *Journal of Animal Science* 92 (4): 1531-1536. doi: 10.2527/jas.2013-6244.
- Brenes, A. & Roura, E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology* 158 (1-2): 1-14. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007.
- Çabuk, M., Eratak, S., Alçicek, A. & Bozkurt, M. 2014. Effects of herbal essential oil mixture as a dietary supplement on egg production in quail. *The Scientific World Journal* 2014 (1): 1-4. doi: 10.1155/2014/573470.
- El-Deek, A. A., Al-Harhi, M. A., Osman, M., Al-Jassas, F. & Nassar, R. 2012. Hot pepper (*Capsicum Annum*) as an alternative to oxytetracycline in broiler diets and effects on productive traits, meat quality, immunological responses and plasma lipids. *European Poultry Science* 76 (2): 73-80.
- Fernandes, R. T. V., de Arruda, A. M. V., de Moraes Oliveira, V. R., de Queiroz, J. P. A. F., da Silva Melo, A., Dias, F. K. D., Marinho, J. B. M., Souza, R. F., Souza, A. O. V. & dos Santos Filho, C. A. 2015. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. *PUBVET* 9 (12): 502-557.
- Fernandez, M. E., Palacio, M. A. & Labaque, M. C. 2017. Thymol detection and quantitation by solid-phase microextraction in faeces and egg yolk of Japanese quail. *Journal of Chromatography B* 1044: 39-46. doi: 10.1016/j.jchromb.2016.12.042.
- Ghazanfari, S., Mohammadi, Z. & Adib Moradi, M. 2015. Effects of coriander essential oil on the performance, blood characteristics, intestinal microbiota and histological of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 17 (4): 419-426. doi: 10.1590/1516-635X1704419-426.
- Gonzales, E., de Carvalho Mello, H. H. & Café, M. B. 2012. Uso de antibióticos promotores de crescimento na alimentação e produção animal. *Revista UFG* 13: (13), 48-53.
- Guo, F. C., Kwakkell, R. P., Williams, B. A., Li, W. K., Li, H. S., Luo, J. Y. & Verstegen, M. W. A. 2004. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on growth performance of broilers. *British Poultry Science* 45 (5): 684-694. doi: 10.1080/00071660400006214
- Hamilton, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality 1, 2. 1982. *Poultry Science* 61 (10): 2022-2039. doi: 10.3382/ps.0612022.

- Haselmeyer, A., Zentek, J. E. & Chizzola, R. 2015. Effects of thyme as a feed additive in broiler chickens on thymol in gut contents, blood plasma, liver and muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (3): 504-508. doi: 10.1002/jsfa.6758.
- Hazrati, S., Rezaeipour, V. & Asadzadeh, S. 2019. Effects of phytogetic feed additives, probiotic and mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, meat quality, intestinal morphology, and microbial population of Japanese quail. *British Poultry Science* 11: 1-8. doi: 10.1080/00071668.2019.1686122.
- Honma, N.H. Efeitos dos níveis nutricionais de cálcio sobre a capacidade reprodutiva e integridade dos ossos de galos reprodutores de corte. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1992. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Wertelecki, T., Orda, J. & Skorupińska, J. 2005. Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *British Poultry Science* 46 (4): 485-493. doi: 10.1080/00071660500191056.
- Karadağoğlu, Ö., Kadir, Ö. N. K., Şahin, T., Bingöl, S. A., Elmal, D. A. & Durna, Ö. 2016. Effects of different levels of essential oil mixed (peppermint-thyme-anise oil) supplementation in the drinking water on the growth performance, carcass traits and histologic structure of terminal ileum in quails. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 22 (2): 253-260.
- Khan, S. H., Anjum, M. A., Parveen, A., Khawaja, T. & Ashraf, N. M. 2013. Effects of black cumin seed (*Nigella sativa* L.) on performance and immune system in newly evolved crossbred laying hens. *Veterinary Quarterly* 33 (1): 13-19. doi: 10.1080/01652176.2013.782119.
- Kim, S. J., Lee, K. W., Kang, C. W. & An, B. K. 2016. Growth performance, relative meat and organ weights, cecal microflora, and blood characteristics in broiler chickens fed diets containing different nutrient density with or without essential oils. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29 (4): 549-554. doi: 10.5713/ajas.15.0426.
- Kogure, K., Goto, S., Nishimura, M., Yasumoto, M., Abe, K., Ohiwa, C., Sassa, H., Kusumi, T. & Terada, H. 2002. Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1573 (1): 84-92. doi: 10.1016/S0304-4165(02)00335-5.
- Lee, K. H., Jung, S., Kim, H. J., Kim, I. S., Lee, J. H. & Jo, C. 2012. Effect of dietary supplementation of the combination of gallic and linoleic acid in thigh meat of broilers.

- Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25 (11): 1641-1648. doi: 10.5713/ajas.2012.12260.
- Lee, K. W., Evertas, H. & Beynen, A. C. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science* 3 (12): 738-752.
- Li, H., Jin, L., Wu, F., Thacker, P., Li, X., You, J., Wang, X., Liu, S., Li, S. & Xu, Y. 2012. Effect of red pepper (*Capsicum frutescens*) powder or red pepper pigment on the performance and egg yolk color of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25 (11): 1605-1610. doi: 10.5713/ajas.2012.12235.
- Li, W., Hydamaka, A., Lowry, L. & Beta, T. 2009. Comparison of antioxidant capacity and phenolic compounds of berries, chokecherry and seabuckthorn. *Central European Journal of Biology* 4 (4): 499–506. doi: 10.2478/s11535-009-0041-1.
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K. E., Komori, T. & Saito, K. 2014. Eggshell quality, eggshell structure and small intestinal histology in laying hens fed dietary Pantoea-6® and plant extracts. *Italian Journal of Animal Science*, 13 (2): 333-339. doi: 10.4081/ijas.2014.3163.
- Lu, H., Adedokun, S. A., Adeola, L. & Ajuwon, K. M. 2014. Anti-inflammatory effects of non-antibiotic alternatives in coccidia challenged broiler chickens. *The Journal of Poultry Science* 51 (1): 14-21. doi: 10.2141/jpsa.0120176.
- Luna, A., Labaque, M. C., Zygadlo, J. A. & Marin, R. H. 2010. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poultry Science* 89 (2): 366-370. doi: 10.3382/ps.2009-00130.
- Macari, M. & Mendes, A. A. Manejo de Matrizes de Corte. Facta, Campinas, 2005. p. 421.
- Maksimova, V., Gudeva, L. K., Gulaboski, R. & Nieber, K. 2016. Co-extracted bioactive compounds in *Capsicum* fruit extracts prevent the cytotoxic effects of capsaicin on B104 neuroblastoma cells. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26 (6): 744-750. doi: 10.1016/j.bjp.2016.06.009.
- Manafi, M., Hedayati, M. & Khalaji, S. 2016. Effectiveness of phytogenic feed additive as alternative to bacitracin methylene disalicylate on hematological parameters, intestinal histomorphology and microbial population and production performance of Japanese quails. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29 (9): 1300-1308. doi: 10.5713/ajas.16.0108.
- Mishra, B. & Jha, R. 2019. Oxidative stress in the poultry gut: Potential challenges and interventions. *Frontiers in Veterinary Science* 6 (60) 1-5. doi: 10.3389/fvets.2019.00060.

- Nunes, R. V., Pozza, P. C., Scherer, C., Campestrini, E., Rocha, L. D., Nunes, C. G. V., & Costa, F. G. P. 2006. Efeito dos teores de cálcio para poedeiras semipesadas durante a fase de pré-postura e no início da postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35 (5): 2007-2012. doi: 10.1590/S1516-35982006000700018.
- Orband, J. I. & Roland, S. R. D.A. 1990. Correlation of eggshell quality with tibia status and other production parameters in commercial leghorns at ovoposition and 10-hour post oviposition. *Poultry Science* 69 (12): 2068-2073. doi: 10.3382/ps.0692068.
- Pan, D. & Yu, Z. 2014. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes* 5 (1): 108-119. doi: 10.4161/gmic.26945.
- Pinto, S., Barros, C. S., Slomp, M. N., Lázzaro, R., Costa, L. F. & Bruno, L. D. G. 2012. Cálcio e fósforo na dieta de galinhas de postura: uma revisão. *Scientia Agraria Paranaensis* 11 (1): 5-18. doi: 10.18188/sap.v11i1.6022.
- Pirgozliev, V., Bravo, D., Mirza, M. W. & Rose, S. P. 2015. Growth performance and endogenous losses of broilers fed wheat-based diets with and without essential oils and xylanase supplementation. *Poultry Science* 94 (6): 1227-1232. 10.3382/ps/peu017.
- Pirgozliev, V., Mansbridge, S. C., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., Beccaccia, A., Karadas, F., Ivanova, S. G., Staykova, G. P., Oluwatosin, O. O. & Bravo, D. 2018. Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. *Animal* 13 (3): 502-508. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0511.
- Platel, K. & Srinivasan, K. 1996. Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 47 (1): 55-59. doi 10.3109/09637489609028561.
- Prakash, U. N. & Srinivasan, K. 2012. Fat digestion and absorption in spice-pretreated rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92 (3): 503-510. doi 10.1002/jsfa.4597.
- Prakash, U. N. & Srinivasan, K. 2013. Enhanced intestinal uptake of iron, zinc and calcium in rats fed pungent spice principles—Piperine, capsaicin and ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 27 (3): 184-190. doi: 10.1016/j.jtemb.2012.11.003.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26 (9-10): 1231–1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.

- Reyes-Escogido, M., Gonzalez-Mondragon, E. G. & Vazquez-Tzompantzi, E. 2011. Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules*, 16 (2): 1253-1270. doi 10.3390/molecules16021253.
- Rodrigues, P. B., Bertechini, A. G., Oliveira, B. C., Teixeira, A. S. & Oliveira, A. I. G. 1996. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 25 (2): 248-260.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Saraiva, A., Teixeira, M. L., Rodrigues, P. B., Oliveira, R. F., Barreto, S. L. T. & Brito, C. O. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Ryu, W. K., Kim, H. W., Kim, G. D. & Rhee, H. I. 2017. Rapid determination of capsaicinoids by colorimetric method. *Journal of Food and Drug Analysis* 25 (4): 798-803. doi: 10.1016/j.jfda.2016.11.007.
- Shamoto, K. & Yamauchi, K. 2000. Recovery responses of chick intestinal villus morphology to different refeeding procedures. *Poultry Science* 79 (5): 718-723. doi: 10.1093/ps/79.5.718.
- Skoufos, I., Giannenas, I., Tontis, D., Bartzanas, T., Kittas, C., Panagakis, P. & Tzora, A. 2016. Effects of oregano essential oil and attapulгите on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. *South African Journal of Animal Science* 46 (1): 77-88. doi: 10.4314/sajas.v46i1.10.
- Sousa, C. D. M., Silva, H. R., Vieira-Jr, G. M., Ayres, M. C. C., Costa, C. D., Araújo, D. S., Cavalcante, L. C. D., Barros, E. D. S., Araújo, P. B. M., Brandão, M. S. & Chaves, M. H. 2007. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova* 30 (2): 351-355. doi: 10.1590/S0100-40422007000200021.
- Srinivasan, K. 2016. Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its pungent principle capsaicin: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56 (9): 1488-1500. doi 10.1080/10408398.2013.772090.
- Surai, P. F., Fisinin, V. I. & Karadas, F. 2016. Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. *Animal Nutrition* 2 (1): 1-11. doi: 10.1016/j.aninu.2016.01.001.
- Tekce, E. & Gül, M. 2017. Effects of *origanum syriacum* essential oil on blood parameters of broilers reared at high ambient heat. *Brazilian Journal of Poultry Science* 19 (4): 655-662. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0511.

- Vargas Junior, J. G., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Gomes, P. C., Carvalho, D. C. O., Cupertino, E. S. & Pinto, R. 2004. Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 13 a 20 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33 (5): 1263-1273. doi: 10.1590/S1516-35982004000500019.
- Vicente, J. L., Lopez, C., Avila, E., Morales, E., Hargis, B. M. & Tellez, G. 2007. Effect of dietary natural capsaicin on experimental *Salmonella enteritidis* infection and yolk pigmentation in laying hens. *International Journal of Poultry Science* 6 (6): 393-396. doi: 10.3923/ijps.2007.393.396.
- Wealleans, A. L., Sirukhi, M. & Egorov, I. A. 2017. Performance, gut morphology and microbiology effects of a *Bacillus* probiotic, avilamycin and their combination in mixed grain broiler diets. *British Poultry Science* 58 (5): 523-529. doi: 10.1080/00071668.2017.1349298.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C. & Kroismayr, A. 2008. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 86 (suppl_14): E140-E148. doi: 10.2527/jas.2007-0459.
- Yong, H. I., Kim, H. J., Jung, S., Jayasena, D. D., Bae, Y. S., Lee, S. K. & Jo, C. 2013. Effect of dietary supplementation of wild grape on the antioxidative potential of the breast and leg meat of broilers. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 33 (1): 83-88. doi: 10.5851/kosfa.2013.33.1.83.
- Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H. & Piao, X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6 (1): 1-10. doi: 10.1186/s40104-015-0004-5.
- Zhang, X. M., Zhang, Z. H., Gu, X. Z., Mao, S. L., Li, X. X., Joel, C., Alain, P., Wang, L. H. & Zhang, B. X. 2016. Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture* 15 (9): 1991-2001. doi 10.1016/S2095-3119(16)61364-3.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos neste estudo, verificou-se que a adição de oleorresina de *Capsicum* na alimentação de codornas em crescimento pode melhorar a morfometria e a capacidade antioxidante das aves, assim como promover aumento de pesos de alguns órgãos internos, como intestino e pâncreas.

No entanto, seu efeito benéfico ficou mais evidente quando utilizado em maiores períodos, como foi verificado nas codornas avaliadas na sua fase de produção, mas que foram suplementadas desde 1 dia de idade e permaneceram sendo alimentadas com o oleorresina de *Capsicum* na fase de postura. A notória melhora na conversão alimentar e expressivo aumento na produção de ovos quando as codornas foram alimentadas com 50 mg/kg⁻¹ de oleorresina de *Capsicum* desde 1 dia de vida até sua fase adulta pode contribuir com aumento dos lucros para produtores de ovos.

Adicionalmente, uso do oleorresina de *Capsicum* também melhorou capacidade antioxidante das aves e qualidade externa dos ovos quando utilizado nas fases de crescimento e postura (1 a 120 dias de idade). Este resultado pode refletir em melhor saúde para as aves e maior defesa do organismo contra os radicais livres, e sua melhora na qualidade externa dos ovos tem enorme relevância por evitar perdas por quebras e rachaduras, evitando dessa forma prejuízo ao produtor.

Contudo, análises avaliando a atividade de enzimas digestivas e microbiológicas com uso de oleorresina de *Capsicum* se faz necessário para que haja maiores esclarecimentos sobre a atuação no organismo das aves sobre o desempenho. Além disso, há necessidade de experimentos na fase de crescimento para que possam verificar resultados com uso de oleorresina de *Capsicum*.