



INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

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

COMUNIDADE BACTERIANA DE CODORNAS DE POSTURA
ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEO ESSENCIAL
DE CANELA (*CINNAMOMUM VERUM*) E ORÉGANO (*ORIGANUM*
***VULGARE*)**

Autora: Samantha L. S. Andrade Alexandrino

Orientadora: Dra. Cibele Silva Minafra

Rio Verde – GO
Dezembro – 2021

**COMUNIDADE BACTERIANA DE CODORNAS DE
POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO
ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*CINNAMOMUM
VERUM*) E ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*)**

Autora: Samantha L. S. Andrade Alexandrino

Orientadora: Dra. Cibele Silva Minafra

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

Rio Verde – GO
Dezembro– 2021

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

AAL382 Alexandrino, Samantha Leandro de Sousa Andrade
c Comunidade bacteriana de codornas de postura
alimentadas com rações contendo óleo essencial de
canela (*Cinnamomum verum*) e orégano (*Origanum
vulgare*) / Samantha Leandro de Sousa Andrade
Alexandrino; orientadora Cibele Silva Minafra; co-
orientadora Ana Paula Cardoso Gomide. -- Rio Verde,
2021.
80 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Aditivos Fitogênicos. 2. Cinamaldeído. 3.
Coturnicultura. 4. Microbiota. 5. Timol. I. Silva
Minafra, Cibele, orient. II. Cardoso Gomide, Ana
Paula, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese
 Dissertação
 Monografia – Especialização
 TCC - Graduação
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____
- Artigo Científico
 Capítulo de Livro
 Livro
 Trabalho Apresentado em Evento

Nome Completo do Autor: SAMANTHA LEANDRO DE SOUSA ANDRADE ALEXANDRINO

Matrícula: 2019202310240040

Título do Trabalho: COMUNIDADE BACTERIANA DE CODORNAS DE POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (CINNAMOMUM VERUM) E ORÉGANO (ORIGANUM VULGARE)

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: ___/___/___

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

RIO VERDE _____, 07 /02 /2022.

Samantia A

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Cibele
Profª Dra. Cibele Silva Minafra
IF Goiano - Campus Rio Verde
Membro Interno

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

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

**MICROBIOTA INTESTINAL DE CODORNAS DE POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO
ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum verum*) E ORÉGANO (*Origanum vulgare*)**

Autora: Samantha Leandro de Sousa Andrade Alexandrino
Orientadora: Cibele Silva Minafra

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADO em 29 de outubro de 2021.

Dr^a. Ana Paula Cardoso
Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde

Dr^a. Christiane
Silva Souza
Avaliadora externa
UFRRJ

Dr^a. Fabiana Ramos dos
Santos
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde

Dr^a. Cibele Silva
Minafra
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- Fabiana Ramos dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/11/2021 19:33:15.
- Ana Paula Cardoso Gomide, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/11/2021 10:17:39.
- Christiane Silva Souza, Christiane Silva Souza - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Ufrj (29427465000105), em 02/11/2021 09:39:16.
- Cibele Silva Minafra, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/11/2021 19:22:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/10/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 323314

Código de Autenticação: f0cd79f92a



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Deus nunca serão o suficiente: pela vida, pelas oportunidades e pela fé e perseverança frente à vida terrena.

À minha família, por ser esteio e apoio a todo momento: meus pais, Senhorinho e Socorro, por sempre serem suporte na superação e meu marido Igor, pela compreensão e paciência nesse período de esforço e dedicação.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Cibele Silva Minafra, que abraçou todos os desafios da pós-graduação comigo, que sempre se dispôs a encontrar pessoas e processos que pudessem contribuir com o máximo aprendizado dessa titulação.

À instituição em que trabalho, Senar Goiás, por propiciar cenário suficiente para ajustes de carga horária para o estudo, que culminariam em ganhos pessoais e profissionais, meu muito obrigada.

Aos meus coorientadores, Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide, sempre solícita e disposta a ajudar e ao Prof Dr Adriano Carvalho, que se mostrou disposto a me auxiliar quando tive dúvidas.

À equipe do Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal (LABMA), formados por alunos de graduação e pós-graduação, com quem pude contar durante todo o processo de coleta e análise de dados, sem os quais não haveria o sucesso do experimento.

Aos colegas do PPGZ, sem os quais esse caminho não teria sido tão prazeroso e exitoso, em especial aos colegas Thiago Ferreira e Taize Santos, tão importantes durante todo o processo, do primeiro ao último dia de pós.

Aos professores do Instituto Federal Goiano Campus – Rio Verde, equipe de alto nível, pelos conhecimentos transmitidos, ensinamentos até extracurriculares, fonte e casa de tanto aprendizado ao longo desse período – lhes desejo vida longa na academia.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Samantha Leandro de Sousa Andrade Alexandrino, filha de Senhorinho Leandro de Sousa e Maria do Socorro de Sousa Andrade. Nascida em 23 de fevereiro de 1987 na cidade de Rio Verde – Goiás, graduada em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa – MG (UFV), concluída em janeiro de 2012. De 2012 até o presente momento atuando em diversas frentes da veterinária, perpassando pelo MBA em gestão de agronegócio pela Universidade de São Paulo (USP/ ESALQ) concluída em 2016; curso de Formação de Lideranças pela Fundação Dom Cabral concluída em 2019, bem como ingresso no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, campus Rio Verde, iniciado em 2019, concluindo o mesmo no final de 2021.

ÍNDICE GERAL

	Pág.
Resumo	12
Abstract	13
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Intestino, glândulas acessórias e microbiota intestinal de aves de produção	15
2.2. Óleos essenciais na alimentação de codornas japonesas	17
2.2.1. Orégano	18
2.2.2. Canela	19
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO II – MICROBIOTA INTESTINAL E OS FATORES QUE INFLUENCIAM NA AVICULTURA	26
Resumo	26
Abstract	27
Resumen	27
1. INTRODUÇÃO	28
2. METODOLOGIA	29
3. REVISÃO DE LITERATURA	30
3.1. Fisiologia do TGI	30
3.2. Microbiota intestinal	31
3.3. Microbiota e seu papel	36
3.4. Efeitos gerais da microbiota intestinal	38
3.5. Fatores de manipulação da microbiota intestinal	39
3.6. Ação dos antibióticos	41
3.7. Óleos Essenciais	43
4. Considerações finais	44
Referências	45
CAPÍTULO III – COMUNIDADE BACTERIANA DE CODORNAS DE POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (<i>CINNAMOMUM VERUM</i>) E ORÉGANO (<i>ORIGANUM VULGARE</i>)	51
Resumo	51
Abstract	52
INTRODUÇÃO	52
MATERIAL E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
CONCLUSÃO	73

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 73

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
 CAPÍTULO I	
Figura 1. Distribuição e taxa da população bacteriana presentes ao longo do trato gastrointestinal de frangos, descritas por Gong et al., (2007), Saengkerdsub et al., (2007) e Qu et al., (2008). As populações de fungos e vírus não foram apresentadas	17
Figura 2. Estrutura química do timol e carvacrol	18
Figura 3. Estrutura química do cinamaldeído	20
Figura 4. Estrutura química do eugenol	20
 CAPÍTULO III	
Figura 1. Filos identificados no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC	58
Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) dos gêneros identificados no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC	62
Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) das espécies identificadas no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC	66
Figura 4. Gráfico de heatmap de agrupamento das espécies identificadas no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC	69

SIGLAS E ABREVIACOES

AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AMD	Antibióticos melhoradores de desempenho
DIC	Delineamento inteiramente ao acaso
g	Grama
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OEEO	Óleo Essencial de Canela e Orégano
PCA	Análise de Componentes Principais
pH	Potencial hidrogeniônico
PR	Profundidade das criptas intestinais
TGI	Trato gastrointestinal

RESUMO

Os aditivos fitogênicos como óleos essenciais são utilizados nas rações possuem ação antibiótica, antioxidante, anti-inflamatória, dentre outras. Os óleos essenciais têm ganhado destaque por sua atividade benéfica sob a microbiota intestinal das aves, bem como sua composição natural e efeitos não residuais. Desta forma, objetivou-se estudar os efeitos da suplementação de óleo essencial de orégano e de canela (OEOC) sobre a modulação da microbiota intestinal de codornas japonesas em postura. Neste experimento 180 codornas japonesas de um dia, fêmeas, da linhagem *Coturnix coturnix japônica* alojadas em gaiolas aleatoriamente em cinco tratamentos, com seis repetições de 6 aves cada. Os grupos avaliados foram: ração controle negativo sem aditivo, ração com adição de 0,025g/kg de bacitracina de zinco (controle positivo), e suplementação na dieta com 0,05kg/t, 0,10kg/t e 0,15kg/t do OEOC. A identificação de bactérias foi realizada pelo laboratório Neopropecta, utilizando amplificação de alto desempenho com primers específicos da região das regiões V3/V4 do gene 16S rRNA. Conclui-se que a microbiota foi positivamente afetada em dietas à base de OEOC, sendo o melhor nível de inclusão de 0,05kg/t para efeito antibiótico na criação de codornas de postura por beneficiar o aumento das espécies de *Lactobacillus*.

Palavras-chave: Aditivos Fitogênicos, Cinamaldeído, Coturnicultura, Microbiota, Timol.

ABSTRACT

Phytogenic additives such as essential oils are used in animal feed and have antibiotic, antioxidative, anti-inflammatory action, among others. Essential oils have gained prominence for their beneficial activity on the intestinal microbiota of birds, as well as their natural composition and non-residual effects. Thus, the objective was to study the effects of oregano and cinnamon essential oil (OEOC) supplementation on the modulation of the intestinal microbiota of laying Japanese quails. In this experiment 180 one-day Japanese quails, female, of the lineage *Coturnix coturnix japonica*, housed in cages randomly in five treatments, with six replicates of 6 birds each were evaluated. The evaluated groups were: negative control feed without additive, feed with the addition of 0.025g/kg of zinc bacitracin (positive control), and dietary supplementation with 0.05kg/t, 0.10kg/t and 0.15kg/t of OEOC. The identification of bacteria was performed by the Neoprosecta laboratory, using high-performance amplification with specific primers from the region of the V3/V4 regions of the 16S rRNA gene. It is concluded that the microbiota was positively affected in OEOC-based diets, with the best inclusion level being 0.05kg/t for antibiotic effect in the rearing of laying quails to benefit the increase in *Lactobacillus* species.

Key words: Phytogenic Additives, Cinnamaldehyde, Coturniculture, Microbiot, Thymol.

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A criação de codorna se mostra uma atividade econômica crescente no Brasil. A produção de ovos de codorna foi de 315,6 milhões de dúzias em 2019, um aumento de 5,9% ante 2018. O total de cabeças de codornas foi de 17,4 milhões de aves, 3,4% a mais que no ano anterior (IBGE, 2020), demonstrando toda a ascensão da atividade e demanda do produto da cadeia.

O uso de antibióticos melhoradores de desempenho (AMD) incluídos nas dietas em doses subterapêuticas no âmbito da nutrição avícola é uma prática antiga, que remete a década de 1940 (Ronquillo e Hernandez, 2017; Gadde et al., 2018). Porém, após o uso constante dos AMDs pela indústria avícola, questionamentos surgiram pela preocupação com o desenvolvimento de resistência bacteriana, que gerariam bactérias com capacidade de resistir aos efeitos dos antimicrobianos (Edens, 2003) e produzir possíveis efeitos cruzados com a saúde humana.

Pesquisas realizadas sinalizaram que o uso de outras substâncias, como prebióticos, probióticos, ácidos orgânicos, extratos vegetais, algumas plantas e óleos essenciais atuam de maneira semelhante aos antibióticos industriais gerando resultados positivos no organismo animal (Fascina et al., 2012).

Os aditivos fitogênicos, sejam extratos vegetais ou óleos essenciais, são utilizados nas rações e seus princípios ativos são fisiologicamente absorvidos pelo intestino delgado e então metabolizados e biotransformados no fígado. A seguir são excretados através da urina, tendo o risco diminuído de acúmulo dessas substâncias e seus subprodutos nos tecidos quando em comparação aos antimicrobianos químicos (Guidotti-Takeuchi & Cafe, 2016).

A canela tem sua importância de utilização pela presença de princípios ativos, como o cinamaldeído (Anderson et al., 2004). Mehdipour e Afsharmanesh (2018) demonstraram que a contagem de coliformes ileais diminuiu e a contagem de lactobacilos ileais aumentou em codornas alimentadas com óleo de canela (200 ppm/ kg de dieta) em comparação com o controle, antibiótico (virginiamicina).

Outro composto em estudo por sua gama de características químicas e aromáticas são os diferentes tipos de *Origanum* (orégano). Castilho et al. (2012)

averiguaram a influência de produtos de orégano (extrato de óleo ou sua folha seca) no desempenho de frangos de corte concluíram que o orégano tem potencial para reduzir a população de *Clostridium perfringens* e *Escherichia coli* do trato gastrointestinal.

Também existem os efeitos positivos dos mesmos óleos essenciais sobre a população microbiana, gerando melhoria na imunidade animal com ganhos zootécnicos e sanitários. A microbiota intestinal pode formar uma barreira protetora aderindo às paredes epiteliais do enterócito e, assim, reduzindo a adesão de bactérias patogênicas. Essas bactérias produzem vitaminas e compostos antimicrobianos (por exemplo, bacteriocinas), triglicerídeos mais baixos, e induzem respostas imunes não patogênicas, que fornecem nutrição e proteção ao animal (Shang et al., 2018).

Pelos efeitos diversos dos óleos essenciais na proteção microbiana, oxidativa e por suas características naturais, objetivou-se avaliar a inclusão de OEOC nas rações para codornas de postura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Intestino, glândulas acessórias e microbiota intestinal de aves de produção

O trato gastrointestinal (TGI) das aves é formado pelas porções viscerais esôfago, papo, proventrículo, moela, duodeno, jejuno, íleo, ceco, cólon e cloaca. A primeira porção do intestino, o intestino delgado (ID) é constituído pelos segmentos duodeno, jejuno e íleo e tem função primordial nos processos de digestão e, principalmente na absorção de nutrientes. O ceco é o órgão que possui a menor taxa de tempo de passagem de alimentos e tem um cenário favorável para os diferentes grupos de bactérias, as quais afetam a utilização de nutrientes e saúde geral de aves (Pan e Yu, 2014).

No Brasil, o agronegócio e as cadeias produtivas de animais atuam de modo a obter maiores produtividades associadas ao bem-estar e a saúde dos animais. Desse modo, os produtos obtidos nas referidas cadeias (carne e ovos) atendem as diferentes demandas da sociedade. Portanto, faz-se de valia estudar a fisiologia dos animais, bem como das aves, é manipulável, de acordo com fatores externos adicionados durante os ciclos de produção – na produção de ovos, a cada 21 ou 28 dias são contabilizados um ciclo de postura (com variações entre estudos).

A comunidade complexa de microrganismos residentes ou transeuntes do trato

intestinal é definida como microbiota intestinal (Gerritsen et al., 2011). Centenas a milhares de espécies distintas de bactérias e outros microrganismos habitam o trato gastrointestinal dos animais. O número de células microbianas que estão presentes no trato intestinal ultrapassa o número de células presentes no corpo do animal hospedeiro (Fujimura et al., 2010). Durante o processo de produção de codornas há contato constante entre as aves com os microrganismos, desde a fase embrionária, após o nascimento da ave através da casca do ovo (poros, camadas externa e interna, etc.) bem como durante seu desenvolvimento (Macari et al., 2014).

No intestino delgado os microrganismos de maior densidade são *Escherichia coli* e espécies de *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* e *Lactobacillus*, além das espécies de *Eubacterium*, *Propionibacterium*, *Clostridium*, *Geminger formicilis* e *Fusobacterium* (Salanitro et al., 1978). Na região dos cecos, conforme dito anteriormente, o tempo de permanência da ingesta é mais longo com condições mais estáveis para a proliferação microbiana, corroborando para maior contagem de bactérias em relação ao intestino delgado (Engberg et al., 2000).

Com relação às glândulas do TGI, o papel do pâncreas está altamente relacionado com o sistema digestivo e o metabolismo de maneira geral, com a porção exócrina que produz e lança no duodeno, via ducto pancreático, um líquido alcalino contendo grande quantidade de enzimas para a digestão luminal. A digestão proteica é mediada pela secreção de protripsina e proquimotripsina (formas inativas, zimogênios) transformando no duodeno, em tripsina e quimotripsina respectivamente, sob a ação da enteroquinase secretada na mucosa intestinal (Ito, 1997).

Já o fígado atua no processo digestivo através da produção de bile pelos hepatócitos, sendo excretada pelos ductos coletores de bile. Esta glândula tem como função facilitar a absorção de gorduras por sua ação emulsificante. Atua também através da ativação da lipase pancreática, bem como digestão em carboidratos pela presença de pequena quantidade de amilase. A presença de bile no duodeno também auxilia na neutralização do pH duodenal (Macari et al., 2014). A figura 1 resume as populações encontradas no TGI das aves.

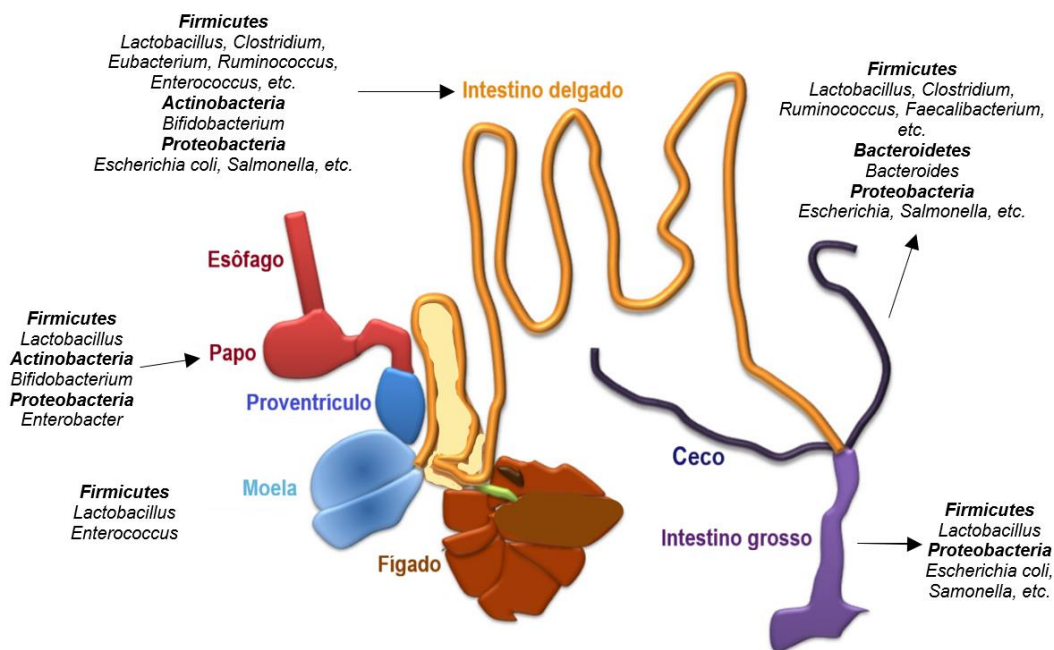


Figura 1: Distribuição e taxa da população bacteriana presentes ao longo do trato gastrointestinal de frangos, descritas por Gong et al., (2007), Saengkerdsut et al., (2007) e Qu et al., (2008). As populações de fungos e vírus não foram apresentadas.

Fonte: Adaptado de Yeoman et al., (2012).

2.2. Óleos essenciais na alimentação de codornas

Óleos essenciais produzem efeitos farmacológicos expressando por vezes funções anti-inflamatória, antioxidante e propriedades anticarcinogênicas; ainda, podem ser capazes de impedir o crescimento de organismos, tais como bactérias, fungos, vírus, protozoários e até insetos (Kalemba e Kunicka, 2003). Segundo Fernandes et al., (2015), a utilização de óleos essenciais em substituição (parcial ou total) aos melhoradores de desempenho na alimentação de aves permite melhora da microbiota intestinal e como resultado melhora o desempenho produtivo delas.

Na nutrição animal há dois mecanismos em que se observa os potenciais efeitos do uso de aditivos nas dietas: 1) por estimulação de enzimas endógenas e 2) regulação na microbiota intestinal através da ação dos óleos essenciais de dificultarem ou impedirem que bactérias patogênicas se alojem na mucosa intestinal (Pulici et al., 2014), bem como promover sua eliminação fisiológica mais rápida.

Os princípios ativos dos aditivos fitogênicos podem influenciar a ação digestiva através da estimulação do fígado para aumentar a secreção da bÍlis, rica em ácidos biliares, essenciais para a digestão e absorção de gorduras (Platel e Srinivasan, 2004). E,

através de mecanismo de estimulação das atividades enzimáticas responsáveis pelo processo digestivo. Esses mecanismos aceleram a digestão provocando a diminuição do tempo de trânsito intestinal (Platel e Srinivasan, 2004).

Dentre os aditivos fitogênicos mais frequentemente estudados na avicultura, têm-se a canela (*Cinnamomum spp*), com princípios ativos eugenol, cinamaldeído e o linalol, com propriedades antibacterianas, estimulantes da digestão e mais ação oxidante e o orégano (*Origanum spp*), que por possuir princípios como o timol e carvacrol, exercem ações antifúngicas e antibacterianas (López et al., 2007; Leite et al., 2012). Agem também, alterando a permeabilidade da membrana citoplasmática para íons de hidrogênio e potássio, causando a interrupção dos processos vitais da célula, como transporte de elétrons, translocação de proteínas, fosforilação e outras reações que dependem de enzimas, resultando em perda do controle quimiosmótico da célula afetada, levando à morte bacteriana (Dorman e Deans, 2000).

2.2.1 Orégano

O óleo essencial de orégano (OEO) possui em sua composição diversos compostos, dentre eles, de caráter fenólico, as substâncias timol e carvacrol conforme Figura 2.

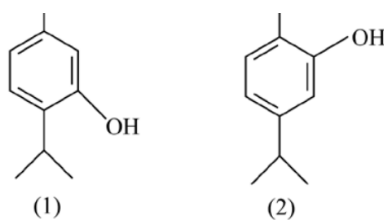


Figura 2: Estrutura química do timol e carvacrol, respectivamente.

Fonte: Peixoto-Neves et al. (2010).

O óleo essencial do gênero *Origanum* é composto principalmente em proporções de 83% de carvacrol e 1,6 a 3% de timol, sendo que estes princípios ativos conferem atividades antibacterianas e antioxidantes. O óleo essencial de orégano possui amplo espectro de ação antimicrobiana devido, ao menos em parte, ao alto teor de compostos fenólicos em sua composição, tais como carvacrol e timol (Preuss et al., 2005; Bonfanti et al., 2012). Outros estudos relacionam a composição química com as propriedades antimicrobianas de diferentes espécies de orégano, bem como sua aplicação em

preparações comerciais, com o propósito de atuarem como antimicrobianos e antioxidantes (Burt, 2004; Castilho et al., 2012).

As ações tanto do timol quanto do carvacrol são similares, inclusive pela proximidade de suas estruturas químicas, tendo apenas o grupo hidroxila em localização divergente no anel fenólico. O efeito antimicrobiano destes compostos se dá pela atividade de tornar a membrana celular permeável, gerando uma desintegração das membranas externas de bactérias, principalmente das Gram-negativas- (Lambert et al., 2001; Burt, 2004). O OEO modifica a microflora intestinal, reduzindo a carga microbiana por agir impedindo a fixação e proliferação de certas bactérias. Há indícios de que o OEO pode ter também ação anticoccidiana através do aumento da renovação do revestimento intestinal, agindo como fator limitante para a incidência coccidiana no ambiente (Bruerton, 2002).

Melhorias na conversão alimentar, ganho de peso e efeitos bacterianos com redução nos níveis de *Escherichia coli* cecal com uso de 600mg de óleo de orégano no arraçoamento de frangos da linhagem Ross 308, foram observados por Roofchae et al. (2011). Abudabos et al. (2018) verificaram que a adição de orégano na ração de frangos Ross 308 desafiados por *Clostridium perfringens* reduziu as lesões intestinais com otimização na morfologia intestinal, além de diminuir da reposta de caráter inflamatório e com melhoras na imunidade específica dos animais.

2.2.2 Canela

A canela tem em sua composição química, vitaminas e minerais antioxidantes, além dos compostos fenólicos eficientes no combate aos radicais livres. Segundo Gul e Safdar (2009), o extrato da casca da canela contém ferro, zinco, cálcio, cromo, manganês, magnésio, potássio e fósforo. O cinamaldeído (aldeído cinâmico ou 3-fenil-2-propenal), um álcool terpeno cíclico é o principal componente ativo do óleo essencial de canela (presente na proporção de 60 a 75%). É um composto fenólico que possui características antimicrobianas e anti-inflamatórias (Subash et al., 2007), conforme figura 3 abaixo:

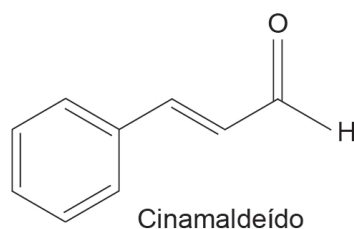


Figura 3: Estrutura química do cinamaldeído.
Fonte: De Moraes et al. (2009).

Extratos de canela apresentam significativa concentração de compostos fenólicos como o eugenol, na proporção de 10,4%, representado na Figura 4 (Lee, 2002). Este componente é considerado um potencial agente antioxidante, pois se liga aos radicais livres doando uma molécula de hidrogênio promovendo a estabilidade dos radicais, minimizando os danos causados por estes (De Moraes et al., 2009).

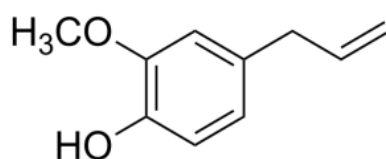


Figura 4: Estrutura química do eugenol.
Fonte: De Moraes et al. (2009).

Neste contexto, Mehdipour et al. (2013) verificaram que o desempenho produtivo de codornas, na fase de crescimento, alimentadas com óleo extraído da casca de canela contendo 72% de cinamaldeído é mantido semelhante ao de aves recebendo dietas contendo APC, enquanto o uso da canela em pó não é eficiente na manutenção do desempenho das aves. Além disso, a qualidade da carne de aves suplementadas com óleo de canela (200mg) é melhor em relação à dieta com antibiótico.

A inserção de óleo essencial de canela à dieta de codornas japonesas em condições de estresse térmico melhora a resposta do sistema de defesa antioxidante (Şimşek et al., 2013). A suplementação de 1,5% de canela em pó apresenta a capacidade de reduzir o colesterol circulante e se mostra eficiente no combate a *Escherichia Coli*, sinalizando o potencial da canela em pó melhorador do desempenho para aves devido ao seu efeito estimulante digestivo e antimicrobiano (Qotbi, 2016).

Segundo Asli e Rashti (2018) sinalizaram o uso de extratos contendo

cinamaldeído ou capsaicina em frangos da linhagem Ross 308, sinalizou vilosidade mais longas do que em uso de enramicina, carvacrol, cinamaldeído e capsaicina, com consequente redução da quantidade microbiana de *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* e fungos no intestino das aves do experimento. Por tais motivos, óleos essenciais merecem estudo aprofundado para possibilitar uma substituição mais natural de melhoradores de desempenho.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUDABOS, A. M.; ALYEMNI, A. H.; DAFALLA, Y. M.; E KHAN, R. U. The effect of phytochemicals on growth traits, blood biochemical and intestinal histology in broiler chickens exposed to *Clostridium perfringens* challenge. **Journal Applied Animal Research**, 46(1): 691- 695, 2018.

AMIT-ROMACH, E.; SKLAN, D.; UNI Z. Microflora ecology of the chicken intestine using 16s ribosomal dna primers. **Poultry Science**, v. 83, p. 1093-1098, 2004.

ANDERSON, R.; BROADHURST, C.; POLANSKY, M.; SCHMIDT, W.; KHAN, A.; FLANAGAN, V.; GRAVES, D. Isolation and characterization of polyphenol type-A polymers from cinnamon with insulin-like biological activity. **Journal Agriculture Food Chemical**, v. 52, n. 1, p. 65-70, 2004.

APAJALAHTI, J.; KETTUNEN, A.; GRAHAM H. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. **Worlds Poultry Science Journal**. 2004.

ASLI, M.; RASHTI, M. G. Comparing the effects of a combined phytochemical feed additive with an individual essential oil of oregano on intestinal morphology and microflora in broilers. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 184-189, 2018.

BONFANTI, C.; IANNI, R.; MAZZAGLIA, A.; LANZA, C. M. Emerging cultivation of oregano in Sicily: sensory evaluation of plants and chemical composition of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 35, p. 160-165, 2012.

BRUERTON, K. **Antibiotic growth promoters – are there alternatives? In: Poultry Information Exchange**. Queensland, Australia, 2002.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.

CASTILHO, P. C.; SAVLUSCHINSKE-FEIO, S; WEINHOLD, T. S.; GOUVEIA, S.

C. Evaluation of the antimicrobial and antioxidant activities of essential oils, extracts and their main components from oregano from Madeira Island, Portugal. **Food Control**, v. 23, p. 552-558, 2012.

DE MORAIS, S. M., CAVALCANTI, E. S., COSTA, S. M., AGUIAR, E. L. A. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19, n. 1B, p. 315-320, 2009.

DORMAN, H.J.D. E DEANS, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oil. **J. Appl Microbiology**, v. 83, p.308-316, 2000.

EDENS, F. W. An alternative for antibiotics use in poultry: probiotics. *Brazilian Journal of Poultry Science*. **Campinas**, v.5, n.2, p.75-97, 2003.

ENGBERG, R. M.; HEDEMANN, M. S.; LESER, T. D.; JENSEN, B. B. Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. **Poultry Science**, v. 79, p. 1311–1319, 2000.

FASCINA, V. B.; SARTORI, J. R.; GONZALES, E.; CARVALHO, F. B.; SOUZA, I. M. G. P.; POLYCARPO, G. V.; STRADIOTTI, A. C.; PELICIA, V. C. Phytogetic additives and organic acids in broiler chicken diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 2189-2197, 2012.

FERNANDES, R. T. V.; ARRUDA, A. M. V.; OLIVEIRA, V. R. M.; QUEIROZ, J. P. A. F.; MELO, A. S.; DIAS, F. K. D.; MARINHO, J. B. M.; SOUZA, R. F.; SOUZA, A. O. V.; SANTOS FILHO, C. A. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: Óleos essenciais e especiarias. **Pubvet**, v. 9, n. 12, P. 526-535, Dez., 2015.

FUJIMURA, K. E.; SLUCHER, N. A.; CABANA, M. D.; LYNCH, S. V. Role of the gut microbiota in defining human health. **Expert Review of Antiinfective Therapy**, v. 8, p.435-454, 2010.

GADDE, U. D.; OH, S.; LILLEHOJ, H. S.; LILLEHOJ, E. P. Antibiotic growth promoters virginiamycin and bacitracin methylene disalicylate alter the chicken intestinal metabolome. **Scientific Reports**, v. 8, n. 3592, p. 1-8, 2018.

GERRITSEN, J.; SMIDT, H.; RIJKERS, G. T.; VOS, W. M. Intestinal microbiota in human health and disease: the impact of probiotics. **Genes Nutrition**, v. 6, p.209-240, 2011.

GUIDOTTI-TAKEUCHI, M.; CAFE, M. B. **Aditivos fitogênicos na alimentação de aves de produção**. 1. Ed. Uberlândia. Navegando Publicações, Versão Online, v. 1, n. 48, 2016.

GUL, S.; SAFDAR, M. Proximate composition and mineral analysis of cinnamon. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, p. 1456-1460, 2009.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2017**. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de

Agropecuária. Rio de Janeiro, v. 45, p.1-8, 2017.

LEE, Y. J.; KANG, M. S.; WOO, Y. K.; MO, I. P.; TAK, R. B. Competitive exclusion against *Salmonella galinarum* of *Salmonella enteritidis* infected chickens. **Journal of Veterinary Science**, v. 2, p. 33-36, 2002.

LÓPEZ, P.; SÁNCHEZ, C.; BATLLE, R.; NERÍN, C. Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4348-4356, 2007.

ITO, N. M. K. Fisiologia do sistema gastroentérico. In: Patologia do sistema gastroentérico. **Editado Por Elanco Saúde Animal**, p.9-52, 1997.

KALEMBA, D.; KUNICKA, A. Antibacterial and antifungal and properfungal properties of essential oils. **Current Medicinal Chemistry**, v. 10, n. 10, 2003.

LAMBERT, R. J. W.; SKANDAMIS, P. N.; COOTE, P. J.; NYCHAS, G. J. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, v. 91, n. 3, p. 453-462, 2001.

LAN, P. T.; HAYASHI, H.; SAKAMOTO, M.; BENNO, Y. Phylogenetic analysis of cecal microbiota in chicken by the use of 16s rdna clone libraries. **Microbiolic Immunology**. 2002.

LEITE, P. R. S. C.; MENDES, F. R.; PEREIRA, M. L. R.; LIMA, H. J. D.; LACERDA, M. J. R. Aditivos fitogênicos em rações de frangos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 9-26, 2012.

MACARI, M.; Lunedo, R.; Pedroso, A. **Microbiota intestinal de aves**, 2014. Edição: 2ª. Editora: Facta. Produção de frangos de corte. Campinas. p. 3-22.

MEHDIPOUR, Z.; AFSHARMANESH, M.; SAMI, M. Effects of dietary synbiotic and cinnamon *Cinnamomum verum* supplementation on growth performance and meat quality in Japanese quail. **Livestock Science**, v.154, p.152-157, 2013.

MEHDIPOUR, Z.; AFSHARMANESH, M. Evaluation of symbiotic and cinnamon (*Cinnamomum verum*) as replacements of growth promoter by antibiotic on growth performance, intestinal microbial populations and blood parameters in Japanese quail. **Journal of Livestock Science and Technologies**, v. 6, p 1-8, 2018.

PAN, D.; YU, Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. **Gut microbes**. 2014.

PEIXOTO-NEVES, D.; SILVA-ALVES, K.; GOMES, M.; LIMA, F.; LAHLOU, S.; MAGALHÃES, P.; CECCATTO, V.; COELHO-DE-SOUZA, A. & LEAL-CARDOSO, J. Vasorelaxant effects of the monoterpenic phenol isomers, carvacrol and

thymol, on rat isolated aorta. **Fundamental & Clinical Pharmacology**, v. 24, n. 3, p. 341-350, 2010.

PELICANO, E. R. L.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; FIGUEIREDO, D. F.; BOIAGO, M. M.; CARVALHO, S. R.; BORDON, V. F. Intestinal mucosa desenvolvimento in broilerchickensfed natural growth promotores. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 7, p. 4, 2007.

PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Digestive stimulant action of spices: a myth or reality. **Indian Journal Medicine Research**, 2004.

PREUSS, H.; ECHARD, B.; DADGAR, A.; TALPUR, N.; MANOHAR, V.; ANIG, M.; BAGCHI, D.; INGRAM, C. Effects of essential oils and monolaurin on *Staphylococcus aureus*: in vitro and in vivo studies. **Toxicology Mechanisms and Methods**, v. 15, p. 279- 285, 2005.

PULICI, P. M. M.; BURBARELLI, M. F. C.; POLYCARPO, G. V.; P. A. P.; A. C. P.; C. E. B.; PULICI, R. P.; ALBUQUERQUE, R. Uso de óleo essencial de orégano, salinomicina e bacitracina de zinco na dieta de frangos de corte. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v. 51, n. 2, p. 131-135, 2014.

QOTBI, A. A. A. The Effect of Cinnamon Powder and Cinnamon Extract on Performance, Blood Parameters and Microbial Population of Broiler Chicks. **Journal of Babylon University**, v. 24, n. 9, 2016.

QU, A.; BRULC, J. M.; WILSON, M. K.; LAW, B. F.; THEORET, J. R.; JOENS, L. A.; NELSON, K. E. Comparative metagenomics reveals host specific metaviromes and horizontal gene transfer elements in the chicken cecum microbiome. **Plos one**, v. 3, n. 8, p. e2945, 2008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002945>.

RINTTILÄ T., APAJALAHTI, J. Intestinal microbiota and metabolites - implications for broiler chicken health and performance. **Journal Applied Poultry Research**, 2013.

RONQUILLO, M. G.; HERNANDEZ, J. C. A. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. **Food Control**, v. 72, n. 1, p. 255-267, 2017.

ROOFCHAEI, A.; IRANI, M.; EBRAHIMZADEH, M. A.; AKBARI M. R. Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 32, p. 6177-6183, 2011.

SAENGERDSUB, S.; ANDERSON, R. C.; WILKINSON, H. H.; KIM, W. K.; NISBET, D. J.; RICKE, S. C. Identification and quantification of methanogenic archaea in adult chicken ceca. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 45, p. 133 – 137, 2008.

SALANITRO, J. P.; BLAKE, I. G.; MUIRHEAD, P. A.; MAGLIO, M.; GOODMAN,

J. R. Bacteria isolated from de duodenum, ileum and cecum of young chickens. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 35, p. 782 -790, 1978.

SHANG, Y.; KUMAR, S.; OAKLEY, B. Chicken gut microbiota: importance and detection and tecnology. **Veterinary Science**, v. 5, n. 254, 2018.

ŞİMŞEK, Ü. G., CİFTCI, M., DOĞAN, G., E ÖZÇELİK, M. Antioxidant activity of cinnamon bark oil (*Cinnamomum zeylanicum* L.) in Japanese quails under thermo neutral and heat stressed conditions. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 19, n. 5, p. 889-894, 2013.

YADAV, S.; JHA, R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 2019.

CAPÍTULO II

Microbiota intestinal e os fatores que influenciam na avicultura

Intestinal microbiota and factors influencing poultry

Microbiota intestinal y factores que influyen en la avicultura

Samantha L. S. Andrade Alexandrino, Thiago Ferreira Costa, Nadya Gabrielly Dias da Silva, Jessica Martins de Abreu, Nathan Ferreira da Silva, Stéfane Alves Sampaio, Marcela Christofoli, Lídia Caroline Ferreira Cruz, Gilvania Ferreira Moura, Priscila Paula Faria e Cibele Silva Minafra.

Resumo

A avicultura de corte evoluiu e atingiu alto desempenho de produção, com diversas técnicas zootécnicas que contribuíram para o cenário atual, incluindo ambiência, genética e dieta – todas contribuindo e otimizando o sistema digestório das aves. O trato gastrointestinal é um sistema com diversas funções e atribuições dentro do organismo, dentre elas, digestão do hospedeiro, imunidade e bom funcionamento do sistema. A microbiota do intestino tem efeitos diretos sobre os processos metabólicos e posteriormente sobre o desempenho das aves. Assuntos relacionados a microbiota adquiriram relevância tanto para a manutenção quanto modulação destes microrganismos. Uma das manobras utilizadas no sentido de manipulação da microflora intestinal foi o uso de antibióticos, atuando como promotores de crescimento; porém esta classe de aditivo, por pressão sanitária, deverá ser abolida nos próximos anos, o que faz aparecer no cenário outras opções, dentre elas, os aditivos fitogênicos. Dentre estes últimos, os óleos essenciais têm ganhado destaque por sua atividade benéfica na microbiota bem como sua composição natural e impactos não residuais no processo. Com base nisto, objetivou-se a revisão sobre as pautas que tangem a microbiota intestinal na avicultura.

Palavras-chave: antibióticos; frango; microbiota e óleos essenciais

Abstract

The poultry industry evolved and reached high production performance, with several zootechnical techniques that contributed to the current scenario, including ambience, genetics and diet - all contributing and optimizing the digestive system of the birds. The gastrointestinal tract is a system with several functions and attributions within the organism, among them, digestion of the host, immunity and proper functioning of the

system. The gut microbiota has direct effects on metabolic processes and subsequently on the performance of birds. Issues related to microbiota have acquired relevance both for the maintenance and modulation of these microorganisms. One of the maneuvers used to manipulate the intestinal microflora was the use of antibiotics, acting as growth promoters; however, this type of additive, due to sanitary pressure, should be abolished in the coming years, which makes other options appear on the scene, among them, phyto-genic additives. Among the latter, essential oils have gained prominence for their beneficial activity in the microbiota as well as their natural composition and non-residual impacts on the process. Based on this, the aim was to review the guidelines that affect the intestinal microbiota in poultry.

Keywords: antibiotics; chicken; microbiota and essential oils

Resumen

La industria avícola evolucionó y alcanzó un alto rendimiento de producción, con varias técnicas zootécnicas que contribuyeron al escenario actual, incluido el ambiente, la genética y la dieta, todos contribuyendo y optimizando el sistema digestivo de las aves. El tracto gastrointestinal es un sistema con varias funciones y atribuciones dentro del organismo, entre ellas, la digestión del huésped, la inmunidad y el buen funcionamiento del sistema. La microbiota intestinal tiene efectos directos en los procesos metabólicos y, posteriormente, en el rendimiento de las aves. Las cuestiones relacionadas con la microbiota han adquirido relevancia tanto para el mantenimiento como para la modulación de estos microorganismos. Una de las maniobras utilizadas para manipular la microflora intestinal fue el uso de antibióticos, que actúan como promotores del crecimiento; sin embargo, este tipo de aditivo, debido a la presión sanitaria, debería abolirse en los próximos años, lo que hace que aparezcan otras opciones en la escena, entre ellas, aditivos fitogénicos. Entre estos últimos, los aceites esenciales han ganado importancia por su actividad beneficiosa en la microbiota, así como por su composición natural y los impactos no residuales en el proceso. En base a esto, el objetivo era revisar las pautas que afectan la microbiota intestinal en las aves de corral.

Palabras clave: antibióticos; pollo; microbiota e aceites esenciales.

1. Introdução

A avicultura é uma das indústrias de animais produtores de carne de crescimento mais rápido. Parâmetros como eficiência alimentar e alto desempenho das aves são os objetivos cruciais na produção de aves e determinantes para uma atividade lucrativa. Além disso, a qualidade da dieta, juntamente com as características ambientais e de saúde animal precisam ser consideradas para alcançar essas metas (Yadav & Jha, 2019)

Diversos pilares foram responsáveis pela evolução da cadeia de frango de corte: primeiro, o melhoramento genético realizado ao longo de décadas, com seleção de aves de aptidão para conversão alimentar eficiente e alta deposição de carne na carcaça. Segundo, foi o investimento e aperfeiçoamento das manobras de ambiência e instalações, que elevaram o bem-estar animal e os índices zootécnicos colhidos durante a produção. E, em terceiro, o aprimoramento nutricional das dietas, segregado em nutrientes para cada fase do animal durante o ciclo de criação, incluindo aditivos que contribuíram para a otimização de energia animal.

Há relevância também a funcionalidade e saúde efetivas do trato gastrointestinal (TGI) como fatores importantes na determinação do desempenho animal; tais aspectos são particularmente importantes na avicultura, em que são necessários animais capazes de crescer rapidamente em um curto espaço de tempo (Biasato et al., 2019). Nas últimas décadas, a adoção da seleção genética para características reprodutivas e de alto crescimento, a implementação de técnicas avançadas de criação (higiene, vacinação, instalações, dentre outros fatores), maior detalhamento da fisiologia digestiva e das necessidades alimentares de animais de criação geraram ganhos significativos no desempenho produtivo (Celi et al., 2017)

Vários mecanismos complexos estão envolvidos na funcionalidade e saúde do TGI, portanto, é crucial aprofundar o conhecimento dessas interações para que estratégias para a modulação da funcionalidade e integridade do TGI, no contexto de melhoria do desempenho animal, possam ser desenvolvidas e ou otimizadas. O sistema digestório é um complexo grupo de órgãos com diversas funções e com complexa dinâmica. Sua função clássica é a de digestão de alimentos transformando – os em pequenas moléculas por meio de processos enzimáticos e fermentação microbiana, para disponibilizar nutrientes a serem absorvidos pelo corpo, para seu pleno funcionamento.

Há outros papéis importantes do sistema digestório como o de atuar como

barreira fisiológica contra antígenos e patógenos, pois o TGI se trata da maior interface entre o hospedeiro e o ambiente. Como os nutrientes ingeridos podem desempenhar papel significativo no desenvolvimento e na funcionalidade do TGI, a composição da dieta (ingredientes, nutrientes e aditivos) pode influenciar o desenvolvimento e determinar a atividade do sistema digestivo, incluindo seus papéis imunológico e de formação da população microbiana.

Segundo dados gerais, sinalizam que a formulação da dieta pode ser estimada de 70 a 80% dos custos de produção animal, a manutenção da integridade dos mecanismos digestivos e de absorção de ingredientes e nutrientes no trato digestivo são de suma relevância para o bom desempenho das aves. A integridade do TGI e a distribuição da comunidade microbiana intestinal desempenham papéis fundamentais na absorção nutricional, desenvolvimento de imunidade e paralela resistência a doenças. Alterações na comunidade que povoa o TGI podem ter efeitos benéficos ou prejudiciais sobre indicadores como eficiência, produtividade e saúde alimentar das aves (Shang et al., 2018). Portanto, todo e qualquer estudo sobre a microbiota e suas alterações é de extrema relevância.

2. Metodologia

O presente estudo utilizou de metodologia de revisão literária, por meio de pesquisa bibliográfica a respeito dos fatores e estratégias utilizadas na avicultura para otimização da microbiota intestinal e seus efeitos na produção animal. O período analisado foi o mais recente possível, avaliando os últimos 10 anos de publicações do tema, mas sem desconsiderar trabalhos de relevância que são subsídios para a mesma pauta, que são datados de 2000 -2010.

Os documentos utilizados para a compilação desta revisão foram retirados de diversas bases, de forma a compilar o maior número de artigos relevantes referentes à uma análise qualitativa do tema (Pereira, 2018). Visa fazer avaliação tanto da descrição da população da microbiota quanto os impactos de diversos fatores externos, que culminam na alteração populacional do trato gastrointestinal das aves; seja de maneira positiva ou negativa, durante seus ciclos de produção.

3. Revisão de Literatura

3.1. Fisiologia do TGI

O trato gastrointestinal das aves é formado pelas porções viscerais esôfago, papo, proventrículo, moela, duodeno, jejuno, íleo, ceco, cólon e cloaca. Este trato nas aves é muito mais curto quando comparado com outros mamíferos, proporcionalmente ao comprimento do seu corpo. Assim, a microbiota que cresce em um pequeno TGI, tais com o tempo de trânsito relativamente baixo, necessita de adaptações únicas para aderir à parede da mucosa e proliferar. Dentre o trato, o ceco é o órgão que possui a menor taxa de tempo de passagem de alimentos e tem um cenário favorável para os diferentes grupos de bactérias, as quais afetam a utilização de nutrientes e saúde geral de aves (Pan & Yu, 2013).

A primeira porção do intestino, chamado de intestino delgado é constituído pelos segmentos duodeno, jejuno e íleo e tem função primordial nos processos de digestão e, principalmente na absorção de nutrientes. Grande parte da função digestiva destes trechos é pela ação das enzimas (proteínas) pancreáticas: tripsina, quimiotripsina, amilase e lipase. Os processos de absorção são totalmente dependentes dos mecanismos que ocorrem na mucosa intestinal. No que tange aos carboidratos, estes são absorvidos sob a forma de monômeros, cujo processo é sódio dependente e ocorre através de transportadores de membrana.

Até os lipídeos absorvidos sob a forma de ácidos graxos livres e outros, também dependem da atividade de transportadores de membrana. O mesmo acontece com relação a proteína e suas partículas absorvíveis, os aminoácidos. Assim, a integridade das células que compõem a mucosa intestinal é de fundamental importância para a absorção destes componentes e de nutrientes. A dieta pode se encaixar perfeitamente na complexa relação que liga a microbiota intestinal e a barreira da mucosa, uma vez que os nutrientes ingeridos podem influenciar notavelmente tanto o desenvolvimento quanto a funcionalidade do TGI.

Existem vários estudos que sinalizam que os componentes de uma dieta podem alterar a composição e formação da microbiota intestinal e modificar suas funções, modulando a síntese de peptídeos antimicrobianos ou outros metabólitos que influenciam diretamente o crescimento ou a adesão de patógenos específicos ao intestino bem como a mucosa. Também, a dieta é capaz de alterar diretamente o epitélio

do TGI, controlando a produção de substâncias como citocina, por exemplo (Biasato et al., 2019).

Portanto é válido avaliar que a fisiologia natural dos animais, assim como das aves, é totalmente manipulável, de acordo com fatores externos adicionados durante os ciclos de produção. A produção animal visa manipular de maneira positiva e sem prejuízos à saúde da sociedade, o cenário fisiológico das aves para que destas se obtenha o maior índice de produtividade, através da deposição de proteína animal e otimização de seu ciclo de vida.

3.2. Microbiota intestinal

A comunidade complexa de microrganismos residentes ou transeuntes do trato intestinal é definida como microbiota intestinal (Gerritsen, 2011). Centenas a milhares de espécies distintas de bactérias e outros microrganismos habitam o trato gastrointestinal dos animais. O número de células microbianas que estão presentes no trato intestinal ultrapassa o número de células presentes no corpo do animal hospedeiro (Fujimura et al., 2010).

Ferramentas de tecnologia molecular têm sido usadas nos últimos anos para caracterizar a diversidade microbiana e possibilitou estudos de efeito de fatores ambientais sobre essa microbiota; dentre eles, o principal fator ambiental definitivamente é a dieta. Estudos revelaram resultados inovadores na interação da dieta com a microbiota, como a composição microbiana e mudança de comunidades, através da fonte de energia para bactérias e crescimento seletivo das bactérias alvo.

Está claro que durante o processo de produção de frangos de corte, há contato constante entre as aves com os microrganismos, desde a fase embrionária, após o nascimento do pintinho através da casca do ovo (poros, camadas externa e interna, etc.) bem como durante seu desenvolvimento. Para maior entendimento da colonização de microrganismos ao longo de todo o sistema digestório, faz-se necessário a explanação a respeito de seus órgãos nas aves:

a) Papo, proventrículo e moela:

As condições de potencial hidrogeniônico (pH) ácido no papo e, principalmente, nos estômagos glandular (proventrículo) e muscular (moela) são a primeira barreira

natural para a entrada e proliferação de bactérias patogênicas, que normalmente estão mais adaptadas às condições de pH mais neutro. No papo, encontram-se principalmente *L. salivarius* e no estômago, *L. aviarius* (Gong et al., 2007)

Já no proventrículo ocorre a fase inicial da hidrólise mediante a secreção de ácidos e enzimas, mas o tempo de permanência nesta porção é considerado curto. Na moela ocorre a trituração das partículas alimentares e junção com as secreções estomacais, proporcionando maior ação - nesta porção, é possível observar maior ação das enzimas microbianas, contribuindo para hidrólise de ligações e posterior disponibilidade de nutrientes para a ave.

b) Intestino delgado:

O duodeno, apesar de parecer inóspito para o crescimento bacteriano, pela alta concentração salina (local de secreção dos sais biliares) e grande variação do pH no lúmen (pH ácido do estômago versus pH alcalino do suco pancreático), apresenta uma camada de muco extremamente espessa e, dentro desta camada permite a colonização bacteriana. Entretanto a concentração bacteriana nessa região é baixa. Como o pH é naturalmente mais ácido nesta porção, variando de 5,7 - 6,4 (Denbow, 2000), há predominância dos *Lactobacillus*, podendo incluir alguns Clostridiales e enterobactérias em números bem menores (Gong et al., 2007). Já no lúmen há complicações na detecção de grupos bacterianos, já que o tempo de permanência da dieta nesta porção é muito pequeno.

O jejuno é a porção do intestino que ocorre a maior parte da digestão propriamente dita, com a ação das enzimas pancreáticas (lúmen) e de membrana (via enterócitos), além da grande maioria dos transportadores transepteliais de nutrientes estar sinalizados nesta porção do intestino delgado. O pH tende a ser mais alcalino do que no duodeno, variando ao longo de sua extensão (5,8 - 6,6), o que poderia ocasionar variações na composição microbiológica ao longo do segmento. De maneira geral, a comunidade colonizadora tende a ser similar àquela encontrada no duodeno, com dominância de fermentadores de ácido láctico (*Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*) além de alguns Clostridiales e Bacteroides (Gong et al., 2007).

Na presença de carboidratos estruturais provenientes da dieta, algumas cepas degradadoras destes materiais, como *Ruminococcus*, já começam a ser detectadas neste ambiente, aderidas às partículas alimentares, mesmo que as condições de pH ainda

privilegiem as bactérias ácido-láticas. O íleo, porção final do intestino delgado, ainda tem atuação de alguns transportadores de mucosa e também reabsorção de sais biliares. As condições de pH são mais neutras (6,3 - 7,2) e a renovação da camada de muco provavelmente ocorre de maneira mais constante, por causa da maior quantidade de células caliciformes nesta porção em relação ao duodeno e jejuno.

c) Ceco:

O intestino grosso é anatomicamente e funcionalmente muito distinto das porções anteriores do intestino delgado. Suas primeiras estruturas, os cecos, são estruturas pares, em formato sacular, dentro das quais o ambiente é de total anaerobiose e o bolo alimentar permanece por um tempo considerável. Essas características tornam estes órgãos pequenas câmaras de fermentação bacteriana, com alta produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e vitaminas. Além dos AGCC é descrita também absorção de hexoses e alguns aminoácidos nesta porção, provenientes da fermentação microbiana. O ceco sempre foi o principal foco de estudos microbiológicos, pois permite a proliferação de diversas cepas patogênicas, incluindo o *Clostridium perfringens*.

Diferentes espécies de Clostrídeos são os principais habitantes do ceco, incluindo *Ruminococcus*, *Faecalibacterium* e *Eubacterium* (Gong et al., 2002, 2007; Wise & Siragusa, 2007), seguidos pelos Bacteroides. Algumas espécies de enterobactérias e actinobactérias são frequentemente encontradas nesta porção, bem como pequenas proporções de *Lactobacillus*. Esta região é o principal local de fermentação microbiana no intestino dos frangos e, por isso, o único local onde é possível aproveitar parte dos carboidratos estruturais dietéticos não degradáveis pelas enzimas do animal.

Por outro lado, algumas bactérias desconhecidas relacionadas ao grupo *Firmicutes* têm sido relacionadas negativamente com aproveitamento de energia, sugerindo que estes filotipos estejam associados com redução na habilidade do animal de extrair energia do alimento e convertê-la em ganho de peso.

Já o papel do pâncreas está altamente relacionado com o sistema digestivo e o metabolismo de maneira geral, com a porção exócrina que produz e lança no duodeno, via ducto pancreático, um líquido alcalino contendo grande quantidade de enzimas para a digestão luminal. A digestão proteica é mediada pela secreção de protripsina e

proquimotripsina (formas inativas) transformando no duodeno em tripsina e quimotripsina respectivamente, sob a ação da enteroquinase secretada na mucosa intestinal (Ito, 1997).

O fígado atua no processo digestivo através da produção de bile pelos hepatócitos, sendo excretada pelos ductos coletores de bile. Esta glândula tem como função facilitar a absorção de gorduras por sua ação emulsificante e através da ativação da lipase pancreática, bem como digestão em carboidratos pela presença de pequena quantidade de amilase. A presença de bile no duodeno também auxilia na neutralização do pH duodenal. Entendendo a distribuição e sequência dos órgãos no animal, simplifica-se o entendimento da diversidade e função das populações microbianas em cada local, ao longo do crescimento das aves.

Na primeira semana, as principais espécies bacterianas observadas são *Clostridiales*, incluindo *Clostridium* e *Ruminococcus* (nas proporções de 51% aos 3 dias até 70% com 7 dias), *Lactobacillus* (25%) e *Proteobacterias* (15-40%), que inclui as principais cepas patogênicas Gram-negativas, como *Salmonella* e *Escherichia coli*.

No intestino delgado majoritariamente tipos como *Lactobacillus* desde o início da colonização (em proporções maiores que 50%), mas, na primeira semana, encontram-se próximo de 15% de espécies relacionadas a *Clostridiales*, *Proteobacterias*, *Enterococcus* e *Streptococcus* (Lu et al., 2003; Wise & Siragusa, 2007).

O período da segunda e terceira semana, entre 14 e 28 dias, é considerado o de maturação. No ceco, mantém-se a predominância de *Clostridiales*, que pode variar de 30 -64% do total de microrganismos, com presença pequena de *Lactobacillus* (1 - 20%) e *Proteobacterias* (10- 20%). Bem como, nota-se a presença de *Bacteroides* (3 - 15%), *Eubacterium* (9 -11%) e *Fusobacterium* (9 - 35%) (Amit-Romach et al., 2004; Lu et al., 2003; Stanley et al., 2013; Wise & Siragusa, 2007).

No íleo aos 14 dias ainda são detectadas quantidades expressivas de *Enterococcus* e *Streptococcus* (15%), mas a população de *Clostridiales* é diminuída para menos de 10%, aumentando a quantidade de *Lactobacillus* (> 60%), que pode chegar a mais de 80% até aos 28 dias de idade (Lu et al., 2003; Wise & Siragusa, 2007). Após os 30 dias, considera-se que as comunidades estão atingindo a maturidade total. Nesta fase, confirma-se predominância de *Clostridiales* nos cecos, com valores mais constantes entre diferentes estudos (46 - 68%) (Gong et al., 2007; Zhu N., Wang, J., Yu,

L., Qiman Zhang, 2019; Zhu et al., 2002) seguido pelas *Eubacterias* (15 - 22%), e baixas populações de *Lactobacillus* e *Bacteroides* (até 10%) (Bjerrum et al., 2006; Gong et al., 2007; Lu et al., 2003; Zhu et al., 2002).

No íleo neste período, confirma-se a predominância dos *Lactobacillus*, que compõe entre 70 - 94% da população bacteriana, com contagens baixas de outras espécies (Bjerrum et al., 2006; Gong et al., 2007; Lu et al., 2003). Nas regiões mais proximais do trato, esta predominância pode chegar a 100% da população microbiana (Stanley et al., 2013). Macari et al. (2014), usam a definição de dois tipos de microbiotas existentes: primeiro, a residente, também chamada de microbiota normal, composta de bactérias, fungos e protozoários que vivem dentro do TGI. Tal microbiota por definição se estabelece permanentemente no hospedeiro e não causa doenças em indivíduos saudáveis; as relações que estabelecem com o hospedeiro são caracterizadas como comensais ou mutualísticas.

Já o segundo tipo, denominado microbiota transitória, pode ser definida como a microbiota que perdura no TGI por um período definido, por dias ou semanas e que depois desaparece. Apesar de a microbiota transitória tentar habitar o trato gastrointestinal como a microbiota residente, não é capaz de colonizar o hospedeiro por extensivos períodos, devido: (1) a pouca habilidade em competir com a microbiota residente, (2) a eliminação pelo sistema imune e (3) a mudanças químico-físicas no hospedeiro que desencorajam o seu crescimento.

Tanto a microbiota residente quanto a microbiota transitória podem conter patógenos potenciais causadores de doenças se condições propícias estiverem à disposição. Estes potenciais patógenos habitam a microbiota intestinal sem causar doenças, pois estão em níveis controlados pelo hospedeiro. A perturbação desse balanço pode causar o crescimento anormal de microrganismos causando doenças.

3.3. Microbiota e seu papel

Aland & Madec (2009) sinalizam que as bactérias no hospedeiro são divididas em três tipos: bactérias dominantes ($> 10^6$ unidades formadoras de colônia (UFC) / grama (g) de amostra), bactérias subdominantes (10^3 a 10^6 UFC / g de amostra) e bactérias residuais ($<10^3$ UFC / g de amostra). O TGI de aves consiste em uma

proporção substancial de anaeróbios gram-positivos, principalmente facultativos, no íleo inferior, enquanto no ceco são compostos de *Lactobacillus*, *Enterococcus*, coliformes e leveduras.

No proventrículo e moela, o pH baixo causa redução na população bacteriana. No duodeno, enzimas, altas pressão de oxigênio e sais biliares são responsáveis pela diminuição na concentração microbiana, enquanto no intestino delgado e intestino grosso, o ambiente é favorável para o crescimento de microbiota diversa. A microbiota intestinal tem papel protetor como primeira linha de defesa contra bactérias patogênicas, além de assistência em metabolismo e integridade da estrutura intestinal (Oviedo-Rondón et al., 2006).

Existem diferentes técnicas usadas para identificar e caracterizar a microbiota intestinal, como os baseados em cultura, G+C Perfis, proteína C reativa (PCR) quantitativo, estudos de bases de rRNA 16S, sequenciamento de alto rendimento, e metaproteômica (Lan et al., 2002). Os métodos incluem: apenas cultivar bactérias selecionadas fora da microbiota digestiva diversa; falta de base filogenética no esquema de classificação; incapacidade de detectar os presentes em baixa abundância; e espécies bacterianas que vivem em uma comunidade e dependem um do outro, bem como meio ambiente do hospedeiro. Portanto, isolar e crescer em qualquer cultura selecionada pode não ser a mesma que no sistema hospedeiro (Apajalahti et al., 2004).

Para superar essas dificuldades e limitações em cultura seletiva, e identificar as bactérias individuais, as abordagens modernas de examinar o DNA extraído a partir da amostra, utilizando técnicas independentes de cultivo são realizadas. Alguns dos principais papéis da microbiota são contribuir para formação ou desenvolvimento normal do intestino, sua estrutura e morfologia, aumentar respostas imunes, oferecendo proteção contra patógenos luminiais, além de desempenhar papel ativo na digestão e utilização de nutrientes (Rinttilä & Apajalahti, 2013).

A microbiota pode gerar danos diretos e indiretos nas galinhas, como diminuição da digestibilidade da gordura, aumento de taxa de renovação celular, produção de metabólitos tóxicos durante fermentação de proteínas e também gerar baixo desempenho de crescimento (Yadav & Jha, 2019). A microbiota intestinal fornece compostos nutricionais ao hospedeiro sob a forma de produtos finais de fermentação e outros produtos secretados, como ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs), enzimas

especializadas, aminoácidos, vitaminas B e K e outros.

Bactérias comensais geram AGCC como acetato, propionato, butirato e lactato no TGI de galinhas. Esses ácidos têm seu papel específico com contribuição à energia pela gliconeogênese bem como redução de espécies bacterianas indesejáveis no ceco. Os mesmos AGCC também estimulam a proliferação de células epiteliais intestinais, sua diferenciação e aumento de altura da vilosidade, propiciando maior área de superfície de absorção. O propionato e o acetato também têm atuação como substrato energético para os tecidos.

A microbiota intestinal pode formar uma barreira protetora aderindo às paredes epiteliais do enterócito e, assim, reduzindo a adesão de bactérias patogênicas. Essas bactérias produzem vitaminas e compostos antimicrobianos (por exemplo, bacteriocinas), triglicerídeos mais baixos, e induzem respostas imunes não patogênicas, que fornecem nutrição e proteção ao animal.

Do mesmo modo, a microbiota do TGI também pode ser uma fonte de patógenos bacterianos, como *Salmonella* e *Campylobacter*, que podem se disseminar para os seres humanos ou atuar como um pool de resistência e transmissão de antibióticos (Shang et al., 2018). Uma microbiota intestinal desequilibrada é frequentemente chamada de disbiose, e esta pode ser definida como desequilíbrio qualitativo e ou quantitativo da microbiota normal no intestino delgado, podendo levar a uma reação sequencial no TGI. Essas reações incluem redução da função da barreira intestinal (por exemplo, através do afinamento da parede intestinal) e má digestibilidade dos nutrientes e, portanto, aumentando o risco de translocação bacteriana e respostas inflamatórias.

3.4. Efeitos gerais da microbiota intestinal

O TGI é o órgão definitivo para digestão do hospedeiro, imunidade e o bom funcionamento do sistema e a microbiota existente no intestino afeta diretamente diversos processos metabólicos. A dieta é definitivamente um fator que pode modular a função imune no TGI por meio de vários mecanismos distintos, como por exemplo, influenciando composição e a atividade metabólica da microbiota (Yeoman et al., 2012).

A proteína fornecida na dieta, em particular, parece ser um fator nutricional

importante para manter a homeostase imune no sistema digestivo. Proteínas e hidrolisados de proteínas, originários da digestão de várias enzimas digestivas ou do processamento da microbiota são absorvidos pelas células epiteliais intestinais e podem influenciar a competência imune e a homeostase do TGI.

Além disso, a dieta pode modificar a composição e o metabolismo da microbiota do TGI, modulando a produção de peptídeos antimicrobianos que podem interferir no crescimento e na adesão de patógenos à mucosa intestinal. Tal estratégia de defesa do organismo preserva o animal, direcionando energia para a deposição proteica e não para renovação celular do estresse patológico.

A dieta também pode ter efeito direto no epitélio do trato, modulando a produção de citocinas e regulando a função da barreira intestinal. A mesma dieta também pode gerar efeito local e sistêmico na função imune pela ativação local de células imunes ou promovendo a migração de células imunes no sangue (Celi et al., 2017).

Como produtos da digestão animal tem-se a fermentação bacteriana que desempenha papel importante na produção de subprodutos, como AGCC, especialmente o butirato que irá fornecer energia às células epiteliais e outros AGCCs sofrem difusão para entrar em diferentes vias metabólicas. Outras funções de AGCC incluem a regulação do fluxo sanguíneo intestinal, produção de mucina, crescimento e proliferação de enterócitos e respostas imunes finais (Pan, 2014). *Lactobacillus* sp. é conhecido por produzirem uma variedade de AGCCs e bacteriocinas com propriedades estáticas ou bactericidas, reduzindo o pH ou modificando os receptores contra micróbios patogênicos (Rinttilä & Apajalahti, 2013).

A digestão de gorduras e carboidratos fica a cargo da lipase pancreática e amilase pancreática, ambas também secretadas pelo pâncreas exócrino. Outra função atribuída ao pâncreas é a secreção de íons bicarbonato e água, lançados no duodeno, necessários para o tamponamento do pH ácido do quimo proveniente da moela. Em relação aos mecanismos relacionados aos hormônios, a secretina é liberada quando sinalizada acidez na porção do duodeno e sua ação é aumentar a produção de suco pancreático (que contém água e bicarbonato); já a colecistoquinina é ativada quando sinalizada a presença de alimento no duodeno, estimulando a liberação do suco pancreático (com todas as enzimas) bem como a produção e liberação de bile no

duodeno.

3.5. Fatores de manipulação da microbiota intestinal

Qualquer substância que seja inserida dentro do TGI pode atuar como insumo ou substrato para crescimento bacteriano podendo gerar alterações na fisiologia e equilíbrio do animal. Existem diversos fatores ambientais e de higiene alimentar que afetam negativamente a saúde do TGI de animais não ruminantes. Tais fatores podem incluir diferentes tipos de fibra alimentar (FA), inibidores de tripsina, substâncias como fitato, lectinas, presença de proteína não digerida no trecho distal do intestino, micotoxinas, microrganismos patogênicos, dietas com baixo equilíbrio de nutrientes, estresse por temperatura, baixa qualidade da água, certos programas de vacinação e muitos outros (Klasing, 1998).

Esses fatores considerados como antinutrientes potencialmente podem comprometer em vários graus a integridade fisiológica, histológica e conseqüentemente funcional do intestino. Técnicas de processamento sistemático de alimentos para animais e ingredientes alimentares usando variações manipuladas de temperaturas, umidade, pressão e combinações estão sendo implementadas atualmente naqueles que são instáveis em termos de temperatura. O restante dos fatores pode, também em graus variados, ser controlado por aditivos e suplementos alimentares (Celi et al., 2017).

Portanto, a dieta e seus componentes têm papel determinante em como a microbiota intestinal irá se comportar durante o ciclo de produção e de que maneira o animal irá processar a alimentação a fim de gerar deposição de carne. Outro fator já citado e de extrema relevância é a ambiência, como instalações, equipamentos, estratégias de manejo dessas aves em seu ambiente, que ao fornecer ou não bem-estar, geram condições de impacto na microbiota intestinal contribuindo ou não para otimização dos ganhos zootécnicos durante a vida do animal.

Ventilação e resfriamentos efetivos durante os 45 dias de produção poderão direcionar todo o esforço fisiológico animal para conversão alimentar de excelência. Um bom armazenamento dos insumos da ração promoverá ingestão de alimentos de qualidade, e diminuirá os desafios dessas aves durante processo digestivo mantendo o equilíbrio da microbiota. E, caso o desafio seja inevitável, existem substâncias que

atuam como moduladores/aditivos que podem ser inseridos durante o processo a fim de manter todo o sistema microbiano o mais preservado possível para a maximização dos indicadores de produção.

Para a utilização de moduladores da microbiota intestinal e conseqüentemente coleta de efeitos positivos sobre o desempenho do animal se fazem necessários alguns critérios para possibilitar o uso durante o processo, como produção de bacteriocinas. Estas são compostos orgânicos que matam ou inibem o crescimento de outras bactérias, podendo atuar de forma isolada ou em conjunto com outras substâncias (Fayol-Messaoudi et al., 2005). Há também efeito desejável de inibição de fatores que facilitem a colonização dos patógenos, como inibição de estruturas como adesinas, fimbrias, etc. (Mapple et al., 2011).

Outro fator seria o de ação na diminuição da taxa de crescimento dos patógenos, através de competição por nutrientes (Macari et al., 2014). Há também a competição por locais de aderência, através da ocupação de mesmo sítio por bactérias comensais e patogênicas, que por si só diminuiria a presença das bactérias indesejáveis (Jamroz et al., 2006). Existem várias substâncias que são adicionadas no manejo de produção de aves, para otimizar a alimentação e maximizar a digestibilidade, saúde e desempenho das aves, como enzimas, probióticos, prebióticos, ácidos reguladores, antibióticos. Este último em específico foi bastante utilizado nas últimas décadas, porém por seus possíveis efeitos na saúde humana consumidora da carne de frango, os antibióticos têm sido paulatinamente banidos da produção avícola.

3.6. Ação dos antibióticos

Os aditivos foram para a avicultura grandes aliados na busca de otimizar o crescimento, desenvolvimento das aves e higidez do trato intestinal. É sabido que a redução do gasto energético durante a metabolização alimentar condiciona o animal a melhor aproveitamento dos nutrientes ofertados na ração (Da Silva et al., 2011). A possível eficiência no uso de substâncias que possam atuar como promotoras de crescimento animal fica segura quando doses reduzidas podem gerar efeitos positivos, não intercorrem em possíveis intoxicações e não deixam resíduos.

Os antibióticos são classificados conforme sua família química, seu modo de

ação e sobre a espécie de bactéria em que atuará (Mehdi et al., 2018). Na avicultura seu uso ocorreu pelos avanços na produção, este vinculado a melhora na conversão alimentar (CA), melhora no desempenho e taxa de crescimento além de prevenção de doenças. Para uso de antibióticos como promotores de crescimento, a dosagem utilizada deve ser relativamente abaixo da concentração mínima inibitória (CMI), normalmente não são absorvidos e a ação ocorre no trato intestinal com a finalidade de bloquear o crescimento exagerado e indesejado de determinada bactéria, garantindo a redução inflamatória do epitélio intestinal.

O antibiótico pode atuar pelo efeito bacteriostático, quando inibem sua proliferação e bactericida, quando destroem a bactéria. O antimicrobiano bacteriostático pode exercer sua função bloqueando vias metabólicas importantes ou através da inibição da síntese proteica

No efeito bactericida, atua de três formas:

- i. Alterando a permeabilidade da membrana celular;
- ii. Inibindo a síntese da parede celular;
- iii. Inibindo a síntese de ácido nucleico (Amato Neto et al., 2000).

Ao menos cinco mecanismos foram propostos para explicar o aumento no ganho de peso em resposta à suplementação com antibióticos atuando como promotores de crescimento:

- i. Inibição da infecção subclínica endêmica, reduzindo os custos metabólicos da resposta imune inata;
- ii. Redução dos 3 metabólitos depressores do crescimento (como amônia e produtos de degradação da bile) produzidos por microrganismos Gram-positivos;
- iii. Redução da utilização microbiana de nutrientes;
- iv. Elevação da absorção e da utilização de nutrientes, porque a parede intestinal em animais em tratamento é mais fina;
- v. Inibição da produção e da excreção de mediadores do catabolismo por células inflamatórias presentes no intestino, resultando em economia de energia para o crescimento (Gaskins et al., 2002).

Os antibióticos também são conhecidos por sua ação anti-inflamatória com o benefício de reduzir o desperdício de energia e sua utilização na produção, mas existe

necessidade imediata para identificar alternativas aos antibióticos para manter a equilíbrio do ecossistema no intestino, bem como para melhorar o desempenho geral das aves (Yadav & Jha, 2019). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da portaria 171/2018, proibiu o uso de alguns antibióticos que contenham as seguintes substâncias: tirosina, lincomicina, virginiamicina, bacitracina e tiamulina - a proibição é na utilização dessas substâncias como aditivos do crescimento.

A sentença da referida normativa supracitada gerou na comunidade de avicultura, bem como em produtores, certa preocupação sobre a prática realizada e incitou em reflexão sobre alternativas para proteção dos plantéis de aves contra os patógenos, sem alterar os resultados da produção.

3.7. Óleos essenciais

Óleos essenciais têm sido extraídos de plantas e usado em diversas indústrias como de perfumes, cosméticos e fármacos de uso medicinal. Os mesmos são frações naturais, extraídos de plantas aromáticas que evaporam à temperatura ambiente. Diversas são as substâncias presentes nos extratos vegetais e dentre os compostos têm os óleos essenciais, as saponinas, substâncias picantes e amargas, mucilagem, flavonoides, entre outros. Esses elementos possuem ação isolada ou em sinergia, e seu efeito varia de acordo com a forma de administração (Fernandes et al., 2015).

Óleos essenciais constituem em complexas misturas de substâncias, cujos componentes incluem hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, ácidos orgânicos fixos, etc., em diferentes concentrações, nos quais, um composto farmacologicamente ativo é majoritário. Muitos óleos essenciais produzem efeitos farmacológicos expressando por vezes fatores anti-inflamatório, antioxidante e propriedades anticarcinogênicas; já outros óleos são capazes de impedir o crescimento de organismos, tais como bactérias, fungos, vírus, protozoários bem como insetos (Kalemba & Kunicka, 2003)

Os óleos essenciais ou extrato vegetal extraídos das plantas são misturados à ração e os princípios ativos são absorvidos pelo intestino delgado, rapidamente metabolizados e biotransformados no fígado. Em seguida, os metabólitos são eliminados pela urina, portanto a taxa de acúmulo dessas substâncias nos tecidos é

menor quando em comparação as taxas dos antimicrobianos químicos (Guidotti et al., 2011). Segundo Fernandes et al., (2015), a utilização de óleos essenciais em substituição (parcial ou total) aos promotores de crescimento na alimentação de aves permite melhora da flora intestinal e como resultado melhora o desempenho produtivo.

Na nutrição animal duas áreas identificam os potenciais efeitos desses aditivos: por estimulação de enzimas endógenas e regulação na microbiota intestinal. Isso se dá porque óleos essenciais evitam que bactérias patogênicas se alojem na mucosa intestinal (Pulici et al., 2014). O principal efeito benéfico dos óleos essenciais é a atividade antimicrobiana na produção animal; também que óleos essenciais associados com ácido láctico demonstraram aumento acentuado na atividade enzimática digestível do pâncreas e na mucosa intestinal de frangos de corte, levando ao aumento no desempenho (Fernandes et al., 2015).

Os princípios ativos dos aditivos fitogênicos podem influenciar a ação digestiva através de dois mecanismos: primeiro, através da estimulação do fígado para aumentar a secreção da biliar, rica em ácidos biliares, essenciais para a digestão e absorção de gorduras. E, segundo, através de mecanismo de estimulação das atividades enzimáticas responsável pela digestão. Esses mecanismos aceleram o processo digestivo provocando a diminuição do tempo de trânsito intestinal (Platel & Srinivasan, 2004).

Por tais motivos, óleos essenciais merecem estudo aprofundado para possibilitar a substituição mais natural de promotores de crescimento, para que a avicultura de corte continue a entregar os índices de produção já atingidos.

4. Considerações Finais

A microbiota intestinal de aves tem sido elucidada ao longo de anos e são diversos os determinantes na alteração da fisiologia do TGI bem como seu impacto no desempenho das aves. Na avicultura, o metabolismo intestinal representa a cerca de 20 a 36% do gasto energético de todo o corpo, principalmente relacionado com a renovação celular requerida pela microbiota, após sofrer estresse e desafios sanitários.

Assim, as diversas estratégias e fatores que possam aumentar a eficiência dos nutrientes dos alimentos para animais deve ser estudada para obter melhor desempenho de crescimento das aves e otimização da produção animal. Por isso, além da

maximização da microbiota e seus efeitos benéficos no organismo animal, em paralelo a substituição do uso de antibióticos como promotores de crescimento na avicultura, será continuamente levantada através de possibilidades com uso de outros aditivos alimentares, dentre estes, os óleos essenciais.

A pesquisa deve continuar buscando incessantemente toda e qualquer melhoria para os sistemas de produção, de maneira que gerem produtos saudáveis e de qualidade, sempre priorizando a segurança alimentar. Portanto, o viés de substituição, bem como trabalhos que analisem efeitos de rodízios de aditivos, deve ser cuidadosamente estudada.

Referências

Aland, A., & Madec, F. (2009). Sustainable Animal Production Contents. *Wageningen Academic Publishers*.

Amato Neto, V., Levi, G. C., Lopes, H. V., Mendonca, J. S. de, & Baldy, J. L. da S. (2000). *Antibióticos na prática médica*. Sao Paulo: Roca.

Amit-Romach, E., Sklan, D., & Uni, Z. (2004). Microflora ecology of the chicken intestine using 16S ribosomal DNA primers. *Poultry Science*, 83(7), 1093–1098. <https://doi.org/10.1093/ps/83.7.1093>

Apajalahti, J., Kettunen, A., & Graham, H. (2004). Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. *World's Poultry Science Journal*, 60(2), 223–232. <https://doi.org/10.1079/wps200415>

Biasato, I., Ferrocino, I., Grego, E., Dabbou, S., Gai, F., Gasco, L., Cocolin, L., Capucchio, M. T., & Schiavone, A. (2019). Gut microbiota and mucin composition in female broiler chickens fed diets including yellow mealworm (*Tenebrio molitor*, L.). *Animals*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/ani9050213>

Bjerrum, L., Engberg, R. M., Leser, T. D., Jensen, B. B., Finster, K., & Pedersen, K. (2006). Microbial community composition of the ileum and cecum of broiler chickens

as revealed by molecular and culture-based techniques. *Poultry Science*, 85(7), 1151–1164. <https://doi.org/10.1093/ps/85.7.1151>

Celi, P., Cowieson, A. J., Fru-Nji, F., Steinert, R. E., Klunter, A. M., & Verlhac, V. (2017). Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 234(September), 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012>

Da Silva, W. T. M., Nunes, R. V., Pozza, P. C., Dos Santos Pozza, M. S., Appelt, M. D., & Eyng, C. (2011). Avaliação de inulina e probiótico para frangos de corte. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 33(1), 19–24. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i1.9979>

Denbow DM (2000) Gastrointestinal anatomy and physiology. In: Whittow GC, editor. *Avian Physiology*. New York: Academic Press.

Fayol-Messaoudi, D., Berger, N. C., Coconnier-Polter, M.-H., Liévin-Le Moal, V., & Servin, A. L. (2005). pH-, Lactic Acid-, and Non-Lactic Acid-Dependent Activities of Probiotic Lactobacilli against. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(10), 6008–6013. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.10.6008>

Fernandes, R., Arruda, A., Oliveira, V., Queiroz, J., Melo, A., Dias, F., Marinho, J., Souza, R., Souza, A., & Santos Filho, C. (2015). Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. *PubVet*, 9(12), 526–535. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n12.526-535>

Fujimura, K. E., Slusher, N. A., Cabana, M. D., & Lynch, S. V. (2010). Role of the gut microbiota in defining human health. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 8(4), 435–454. <https://doi.org/10.1586/eri.10.14>

Gaskins, H. R., Collier, C. T., & Anderson, D. B. (2002). Antibiotics as growth promotants: Mode of action. *Animal Biotechnology*, 13(1), 29–42. <https://doi.org/10.1081/ABIO-120005768>

Gerritsen, J. (2011). *Intestinal microbiota in human health and disease: the impact of probiotics*.

Gong, J., Forster, R. J., Yu, H., Chambers, J. R., Sabour, P. M., Wheatcroft, R., & Chen, S. (2002). Diversity and phylogenetic analysis of bacteria in the mucosa of chicken ceca and comparison with bacteria in the cecal lumen. *FEMS Microbiology Letters*, 208(1), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(01\)00521-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(01)00521-3)

Gong, J., Si, W., Forster, R. J., Huang, R., Yu, H., Yin, Y., Yang, C., & Han, Y. (2007). 16S rRNA gene-based analysis of mucosa-associated bacterial community and phylogeny in the chicken gastrointestinal tracts: From crops to ceca. *FEMS Microbiology Ecology*, 59(1), 147–157. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2006.00193.x>

ITO, N. (1997). Fisiologia do Sistema Gastroentérico. *Patologia do Sistema Gastroentérico*. Editado por Elanco Saúde Animal, 9-52.

Jamroz, D. et al (2006). Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90:255–268.

Guidotti, M., Prof, O., & Barcellos, M. (2011). *Aditivos fitogênicos na alimentação de aves de produção*.

K. C. Klasing. (1998). Nutritional Modulation of Resistance to Infectious Diseases. *Poultry Science*, 77, 1119–1125. <https://doi.org/10.2528/PIERL12090710>

Kalemba, D., Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Current Medicinal Chemistry*, 1(3), 119–128. <https://doi.org/10.1080/10412905.1989.9697767>

Lan, P. T. N., Hayashi, H., Sakamoto, M., & Benno, Y. (2002). Phylogenetic analysis of cecal microbiota in chicken by the use of 16S rDNA clone libraries. *Microbiology and Immunology*, 46(6), 371–382. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2002.tb02709.x>

Lu, J., Idris, U., Harmon, B., Hofacre, C., Maurer, J. ., & Lee, M. (2003). Revista peruana de epidemiología publicación de la Sociedad Peruana de Epidemiología. *Revista Peruana de Epidemiología*, 18(2), 1–4. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.11.6816>

Macari, M., Lunedo, R., Pedroso, A. (2014). *Microbiota intestinal de aves. June.*

Mappley, L. J., Tchórzewska, M. A., Cooley, W. A., Woodward, M. J., & La Ragione, R. M. (2011). Lactobacilli antagonize the growth, motility, and adherence of *Brachyspira pilosicoli*: A potential intervention against avian intestinal spirochetosis. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(15), 5402–5411. <https://doi.org/10.1128/AEM.00185-11>

Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M. P., Gaucher, M. Lou, Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., Brar, S. K., Côté, C., Ramirez, A. A., & Godbout, S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4(2), 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>

Oviedo-Rondón, E. O., Hume, M. E., Hernández, C., & Clemente-Hernández, S. (2006). Intestinal microbial ecology of broilers vaccinated and challenged with mixed *Eimeria* species, and supplemented with essential oil blends. *Poultry Science*, 85(5), 854–860. <https://doi.org/10.1093/ps/85.5.854>

Pan, D., & Yu, Z. (2013). Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes*, 5(1). <https://doi.org/10.4161/gmic.26945>

Pereira, A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 março 2020.

Platel, K., & Srinivasan, K. (2004). Digestive stimulant action of spices: A myth or reality? *Indian Journal of Medical Research*, 119(5), 167–179.

Rinttilä, T., & Apajalahti, J. (2013). Intestinal microbiota and metabolites-Implications for broiler chicken health and performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(3), 647–658. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00742>

Shang, Y., Kumar, S., Oakley, B., & Kim, W. K. (2018). Chicken gut microbiota: Importance and detection technology. *Frontiers in Veterinary Science*, 5(OCT). <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00254>

Stanley, D., Geier, M. S., Denman, S. E., Haring, V. R., Crowley, T. M., Hughes, R. J., & Moore, R. J. (2013). Identification of chicken intestinal microbiota correlated with the efficiency of energy extraction from feed. *Veterinary Microbiology*, 164(1–2), 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.030>

Wise, M. G., & Siragusa, G. R. (2007). Quantitative analysis of the intestinal bacterial community in one- to three-week-old commercially reared broiler chickens fed conventional or antibiotic-free vegetable-based diets. *Journal of Applied Microbiology*, 102(4), 1138–1149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03153.x>

Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>

Yeoman, C. J., Chia, N., Jeraldo, P., Sipos, M., Goldenfeld, N. D., & White, B. A. (2012). The microbiome of the chicken gastrointestinal tract. *Animal Health Research Reviews / Conference of Research Workers in Animal Diseases*, 13(1), 89–99. <https://doi.org/10.1017/S1466252312000138>

Zhu N., Wang, J., Yu, L., Qiman Zhang, K. C. and B. L. (2019). Modulation of growth performance and intestinal microbiota in chickens fed plant extracts or virginiamycin. *Frontiers in Microbiology*, 10(JUN), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01333>

Zhu, X. Y., Zhong, T., Pandya, Y., & Joerger, R. D. (2002). 16S rRNA-based analysis of microbiota from the cecum of broiler chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(1), 124–137. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.1.124-137.2002>

CAPÍTULO III

COMUNIDADE BACTERIANA DE CODORNAS DE POSTURA ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*CINNAMOMUM VERUM*) E ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*)

RESUMO

O uso de plantas com propriedades medicinais na produção de codornas surge devido a necessidade de aditivos alternativos aos antibióticos melhoradores do desempenho o processo produtivo avícola. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o uso da suplementação de óleo essencial de orégano e de canela (OEOC) sobre a caracterização da microbiota intestinal de codornas de postura. Foram utilizadas 180 codornas japonesas da linhagem *Coturnix coturnix japônica* alojadas em gaiolas aleatoriamente em cinco tratamentos, com seis repetições de seis aves cada. Os grupos testes foram: ração controle negativo (sem aditivo), ração com adição de 0,025g/kg de bacitracina de zinco (controle positivo), e suplementação na dieta com 0,05kg de OEOC /t de ração, 0,10kg/t e 0,15kg/t de OEOC. Para estimar a similaridade da estrutura da comunidade microbiana entre os tratamentos foram realizadas análises de componentes principais com base no perfil das unidades taxonômicas operacionais no programa R (<https://www.r-project.org>). Pode-se observar que os óleos essenciais de canela (*Cinnamomun verum*) e orégano (*Origanum vulgare*) utilizado em rações de codornas japonesas concentração 0,05kg/t pode ser utilizado como alternativa ao fornecimento de antibióticos por beneficiar o aumento as espécies de *Lactobacillus* e reduzir patógenos.

Palavras-chave: Aditivos Fitogênicos, Cinamaldeído, Coturnicultura, Microbiota, Timol.

ABSTRACT

The use of plants with medicinal properties in the production of quails arises from the need for alternative additives to antibiotics that improve the performance of poultry production process. Thus, the aim of this study is to evaluate the use of oregano and cinnamon essential oil (OEOC) supplementation on the characterization of the intestinal microbiota of laying quails. One hundred and eighty Japanese quails of the *Coturnix coturnix japonica* lineage were randomly housed in cages in five treatments, with six replicates of six birds each. The tested groups were: negative control feed (without additive), feed with the addition of 0.025g/kg of zinc bacitracin (positive control), and dietary supplementation with 0.05kg of OEOC /t of feed, 0.10kg/t and 0.15kg/t of OEOC. To estimate the similarity of the microbial community structure between treatments, principal component analyzes were performed based on the profile of operational taxonomic units in the R program (<https://www.r-project.org>). The essential oils of cinnamon (*Cinnamomun verum*) and oregano (*Origanum vulgare*) used in Japanese quail feed at a concentration of 0.05kg/t can be used as an alternative to the supply of antibiotics because it benefits the increase in *Lactobacillus* and reduce pathogens.

Keywords: Phytogetic Additives, Cinnamaldehyde, Coturniculture, Microbiot, Thymol.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o aumento da conscientização sobre os efeitos adversos dos antibióticos promotores de crescimento (APC) na alimentação animal aumentou o

interesse na produção de animais sem o uso deste aditivo. No entanto, ao remover o APC das dietas, os problemas de doenças podem aumentar, afetando negativamente o desempenho das aves (Liu et al. 2018). Plantas medicinais ou extratos de ervas e óleos essenciais, estão entre os aditivos alimentares não antibióticos comumente usados para a produção de aves, promovendo a saúde geral e mantendo o desempenho animal (Toghyani et al. 2010; Shirani et al. 2019).

A manipulação do equilíbrio da microbiota gastrointestinal em favor de bactérias benéficas e mais desejáveis por meio da inclusão de aditivos alimentares, como probióticos, prebióticos e produtos fitogênicos atraiu a atenção de muitos pesquisadores (Jazi et al. 2018; Shirani et al. 2019). Os óleos essenciais (OE) são classificados como fitobióticos, ou seja, substâncias naturais com função protetora contra microrganismos patogênicos nocivos (Zeng et al. 2015). Entre os compostos amplamente estudados na avicultura, estão os OEs de orégano e canela.

O OE extraído da planta de orégano possui dois fenóis principais, que são o carvacrol e o timol, constituindo a cerca de 78 a 85% do óleo essencial. O timol e o carvacrol interrompem a integridade da membrana das bactérias, e afeta a homeostase do pH e o equilíbrio dos íons inorgânicos (Kirkpınar et al. 2011). Os principais constituintes químicos do OE da canela é o cinamaldeído e o eugenol, tais compostos possuem ação antimicrobiana contra *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, dentre outros (Ranasinghe et al. 2013).

Diante deste contexto, avaliou-se no presente estudo a comunidade bacteriana de codornas de postura alimentadas com rações contendo óleos essenciais de orégano e canela (OEEOC).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde-GO, no Setor de Avicultura e nos Laboratórios de Bioquímica e Metabolismo Animal. O projeto foi registrado e aprovado pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais (CEUA), sob número 5732160419. Foram utilizadas no experimento 180 codornas fêmeas da espécie *Coturnix coturnix japônica* com idade de aproximadamente de um dia de vida, distribuídas em gaiolas de arame galvanizado de medidas 33cm × 25cm × 20cm.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso (DIC), formado por cinco tratamentos e seis repetições, com seis aves por gaiola. Foram cinco tratamentos formando: controle negativo (CN) com a ração sem nenhum aditivo; controle positivo (CP) (ração com adição de 0,025g/kg de bacitracina de zinco) e suplementação na dieta com 0,05kg de OEOC/t de ração, 0,10kg/t e 0,15kg/t.

O experimento iniciou após 60 dias de vida das codornas e o período experimental teve duração de 84 dias, distribuídos em três ciclos de 28 dias, com a idade final das codornas de 144 dias. As rações foram formuladas seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2017) (Tabela I).

Tabela I. Composição centesimal e níveis nutricionais calculados das rações experimentais.

Ingredientes (g/kg)	Ração CN	Ração CP	Níveis de inclusão do óleo essencial de orégano e canela		
			0,05kg/t	0,10kg/t	0,15kg/t
Milho	56,270	56,270	56,270	56,270	56,270
Farelo de soja	26,900	26,900	26,900	26,900	26,900
Calcário calcítico	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Óleo de soja	4,090	4,090	4,090	4,090	4,090
Premix vitamínico	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix mineral	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100

Fosfato bicálcico	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030
DL-metionina	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-lisina	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-treonina	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Inerte	2,000	1,975	1,950	1,990	1,850
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Óleo essencial	0,000	0,000	0,050	0,100	0,150
Bacitracina de zinco	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000
Total (Kg)	100,00	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada					
Energia metabolizável (kcal/kg)	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Proteína bruta (%)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Fibra bruta (%)	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380
Lisina total (%)	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230
Metionina total (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Treonina total (%)	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
Triptofano total (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Cálcio (%)	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240
Fósforo disponível (%)	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170

Premix mineral de postura, %/kg da ração¹: proteína bruta: 2,4347%; extrato etéreo: 0,1781%; fibra bruta: 0,1495%; cálcio: 9,5243%; fósforo total: 6,5935%; fósforo disponível: 11,3059%; sódio 5,9693%; arginina: 0,0262%; lisina: 0,0178%; metionina: 2,8835%; metionina + cistina: 2,8971%; cistina: 0,0136%; triptofano: 0,0052%; glicina: 0,0234%; histidina: 0,0189%; isoleucina: 0,0200%; leucina: 0,0778%; fenilalanina: 0,0305%; tirosina: 0,0212%; treonina: 0,1696%; valina: 0,0277%; alanina: 0,0470%; fósforo liberável: 0,0101%; fósforo fitase: 4,7250%; eficiência: 468,7500; serina: 0,0306%; fósforo dig aves: 0,0082%; fósforo fitico: 0,0126%; prolina: 0,0833%; ac glutâmico: 0,1198%; nae % - 0,8258; glicina+serina: 0,0540%; potássio: 2,8675%; cloro: 5,0067%; m mineral % 71,6626; fenil+tirosina: 0,0517%; energia met. matrizes: 445 kcal/kg; energia met. aves: 445 kcal/kg; ácido linoleico: 0,0840%; cobre: 666,6666 ppm; ferro: 1.666,2500 ppm; manganês: 3.830,6670 ppm; zinco: 3.333,7500 ppm; iodo: 66,7333 ppm; selênio: 13,2917 ppm; Ca-P 0,842%; arg. dig. 0,0234%; lis dig 0,0145%; met. dig. 2,8824%; m+c dig. 2,8945%; cis dig.: 0,0116%; trp dig.: 0,0047%; tre. dig.: 0,1660%; val. dig.: 0,0243%; ile. dig.: 0,0180%. Premix Vitamínico Postura²: Vit. A: 406,0000 UI/g; Vit. D3 171,0680 UI/g; Vit. E: 2.247,5000 ppm; Vit. K: 94,2238 ppm; Vit B1 (tiamina): 106,5866 ppm; Vit B2 (riboflavina): 417,6000 ppm; Vit. B6 (piridoxina): 181,2036 ppm; Vit B12 (cianocobala) 1,5370 ppm; Ácido fólico: 133,3420 ppm; Ácido nicotínico: 1.348,5000 ppm; Ac. Pantotênico: 681,5001 ppm; biotina: 9,7150 ppm; colina: 13.277,8500 ppm; antioxidante: 3.507,2500 ppm; tilosina: 1.837,0000 ppm; 1.918,8490 eq. ácido-base meq/kg; umidade: 1,9907%.

Os óleos essenciais foram enviados ao Laboratório de Métodos de Extração e Separação (LAMES) da Universidade Federal de Goiás no Instituto de Química para análise de cromatografia gasosa. Uma unidade de tubo falcon (50mL) contendo os óleos essenciais. Realizou-se a determinação qualitativa e semiquantitativa do perfil de compostos orgânicos voláteis (VOC) extraídos via *headspace*, sem preparo de amostra,

e analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). O equipamento utilizado para análise foi o Cromatógrafo a gás Agilent 7890B acoplado a espectrômetro de massas 7000D. O óleo essencial (OEOC) acrescido nas rações, aditivo objeto de avaliação do estudo, consistiu de 10% de Cinnamaldehyde e 20% de Thymol (Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)).

Manejo experimental

Em cada gaiola experimental foram instalados um comedouro e um bebedouro tipo calha para oferta *ad libitum* de rações e água, durante todo período de avaliação. As taças do bebedouro foram limpas duas vezes ao dia ou de acordo com a necessidade, com uso de esponja e água sanitária. O programa de luz adotado neste experimento foi de 16 horas de iluminação natural e artificial com lâmpadas fluorescentes de 100 watts, seguindo os procedimentos utilizados em granjas comerciais.

Para instalação do lote foram obedecidas as normas usuais de pré-produção tanto para o galpão quanto para as baterias, com cronograma de período de limpeza e desinfecção das instalações (gaiolas, piso, área externa, equipamentos). A duração da pré-produção para alojamento foi de sete dias, sendo dois para limpeza e desinfecção com pulverização à base de amônia quaternária e glutaraldeído e cinco dias para vazios sanitários. Foram instalados termômetros para a medição de variações de temperatura e umidade relativa do ar.

Análise de população microbiana no intestino delgado

A análise do microbioma, que foi realizada no final do 3º ciclo de produção. Para tal, uma ave por repetição foi eutanasiada por deslocamento cervical, com coleta

do conteúdo intestinal do duodeno (saída do piloro até o final da alça duodenal descendente) do jejuno (da alça duodenal descendente até o divertículo) e o íleo (divertículo até a inserção ileocecal) formando um pool. Este material coletado foi congelado em freezer com temperatura de -80°C com posterior liofilização e extração do DNA.

A identificação de bactérias foi realizada pelo laboratório Neopropecta, utilizando amplificação de alto desempenho com primers específicos da região das regiões V3/V4 do gene 16S rRNA. O sequenciamento também foi realizado de acordo com tecnologia da empresa Neopropecta Microbiome Technologies na plataforma Illumina MiSeq usando protocolo “Pairedend” (kit V2 de 300 ciclos), *single-end*, sem normalização das bibliotecas.

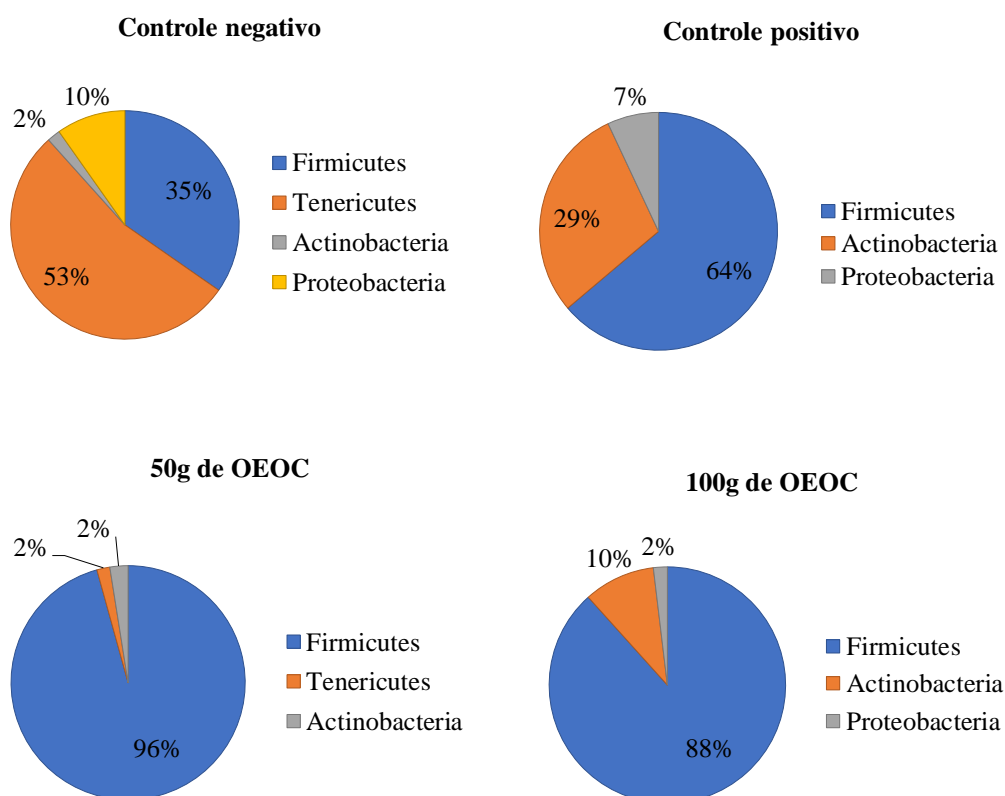
As sequências de DNA bacteriano foram analisadas através de um pipeline proprietário (Neopropecta Microbiome Technologies, Brasil), e foram utilizadas somente sequências com o mínimo de 99% de identidade correspondente com o banco de dados. Para a identificação das espécies de microrganismos presentes nas amostras, as sequências de DNA obtidas foram comparadas com um banco de dados SILVA (Richter et al. 2015) contendo outras sequências de DNA já caracterizadas para as espécies de interesse. Posteriormente às análises de bioinformática, os resultados foram apresentados com uma análise descritiva na plataforma Neobiome.

Para estimar a similaridade da estrutura da comunidade microbiana entre os tratamentos foram realizadas análises de componentes principais com base no perfil das unidades taxonômicas operacionais no programa R (<https://www.r-project.org>). A Análise de Componentes Principais (ACP) ou Principal Component Analysis (PCA)

consiste em transformar um conjunto original de variáveis em outro de dimensão equivalente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os filos identificados de acordo com sua abundância foram *Firmicutes* (72%), *Tenericutes* (16%), *Actinobacteria* (7%) e *Proteobacteria* (5%). O filo *Firmicutes* foi o mais abundante em todos os tratamentos, sendo a dose de 0,010kg/t de óleo essencial de orégano e canela a que mais beneficiou sua multiplicação (Figura 1).



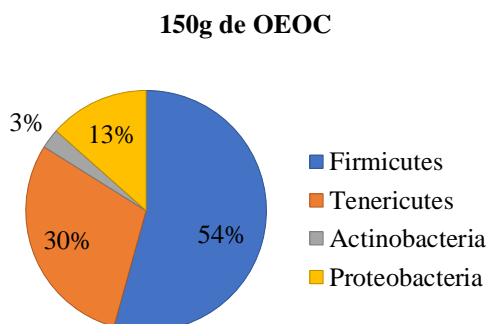


Figura 1. Filos identificados no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC.

Os resultados encontrados dos filos coincidem com o estudo de Su et al. (2014) que forneceram o primeiro insight sobre bactérias intestinais de codornas bobwhite do Norte e descobriram que as comunidades do trato gastrointestinal das aves compreendiam quatro filos: *Firmicutes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria* e *Bacteroidetes*. As sequências classificáveis de microbiota intestinal com codornas japonesas foram realizadas por Liu et al. (2015) que identificaram seis filos bacterianos. A maioria (98%) das sequências pertencia a dois filos bacterianos: *Firmicutes* (77%) e *Bacteroidetes* (21%). As demais sequências foram identificadas como *Spirochaetes*, *Tenericutes*, *Proteobacteria* e *Actinobacteria*.

Os tratamentos controle negativo e com 0,15g/t de OECO, beneficiaram a população de *Tenericutes*, em que é de conhecimento que as bactérias deste filo geram perdas econômicas atribuídas as micoplasmoses, por exemplo, geralmente associadas à queda na postura e qualidade do ovo, má eclodibilidade (altas taxas de mortalidade embrionária e refugos), queda na eficiência alimentar, dentre outras (Nascimento et al. 2009).

Micoplasmas diferem das bactérias convencionais por não possuírem parede celular, sendo o seu citoplasma envolvido somente por uma membrana trilaminar (Nascimento; Pereira, 2009). A ausência desta estrutura celular evidencia plasticidade em sua morfologia, dependendo de seu estágio fisiológico (Timenetsky 2009); além de torná-los naturalmente resistentes aos antibióticos que atuam impedindo a síntese da parede celular das bactérias, a exemplo das penicilinas. As aves diminuem o consumo de ração, com aumento da conversão alimentar (Mendes et al. 2004).

Os dados obtidos por Xiao et al. (2017) mostraram percentual de 41,37% da presença dos filos *Firmicutes*, cujo principais gêneros são *Bacilos e Clostridium* em intestinos de patos, aos oito meses de idade. Para Shang et al. (2018), o filo *Firmicutes* compreende bactérias simbióticas geralmente encontradas no intestino delgado de aves, a despeito de uso de aditivos fitogênicos ou das linhagens das mesmas.

O filo mais abundante encontrado em intestinos de codornas japonesas em estudo de Borda-Molina et al. (2020) foi *Firmicutes* (em média 83%), seguido por *Proteobacteria* (em av. 14%). As bactérias pertencentes ao filo *Firmicutes* possuem metabolismo fermentativo, produzem lactato, etanol, dióxido de carbono, formiato e succinato - essas substâncias auxiliam na proliferação das bactérias *Veillonella sp.*, *Bacillus sp.*, *Bifidiobacterium sp.*, *Bacteriodes sp.* (Feitosa, et al., 2020). Em estudo de Wilkinson et al. (2016) *Firmicutes* dominou todas as seções do TGI, especialmente a faixa superior; a distribuição dos principais gêneros mostrou preferências claras para associação com certas seções do TGI com abundância de *Lactobacillus* geralmente correlacionada negativamente com outros gêneros em todas as seções.

Kürekci et al. (2021) identificaram o filo *Bacteroidetes e Firmicutes* como o mais abundante dentre os filos encontrados na microbiota intestinal de codornas

japonesas alimentadas com óleos essenciais de palmarosa (*Cymbopogon martinii*) e murta-limão (*Backousia citriodora*). Segundo Moran (2018), na porção final do intestino delgado está o íleo, constituído por bactérias do filo *Firmicutes* fabricantes de ácido láctico: *Lactobacillus*, *Clostridium* e *Enterobactérias*. O ambiente anaeróbico dos cecos caracteriza-os como câmaras fermentativas para a produção de ácidos graxos de cadeia curta (propionato, butirato e acetato) e vitaminas, sendo, portanto, possivelmente benéfico.

No presente estudo, os principais gêneros encontrados em ordem de abundância foram: *Lactobacillus*, *Mycoplasma*, *Campylobacter*, *Subdoligranulum*, *Lactobacillus*, *Rothia*, *Rummeliibacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Paenibacillus* e *Escherichia*, outros gêneros foram identificados (<1%). De modo geral, os gêneros mais abundantes no TGI de codornas japonesas saudáveis são os *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Megamonas*, *Bacillus*, *Faecalibacterium*, *Alistipes*, *Bacteroides*, *Gallicola*, *Lysinibacillus*, *Parabacteroides*, *Corynebacterium*, *Paenibacillus*, *Staphylococcus*, *Blautia*, *Brevibacostrioides*, *Clostridium* e *Anaosfidium* (Du et al. 2020).

As doses de 0,05kg/t e 0,10g/t de OEOC influenciou a população de *Lactobacillus*, enquanto o CN beneficiou as bactérias do gênero *Mycoplasma* (Figura 2).

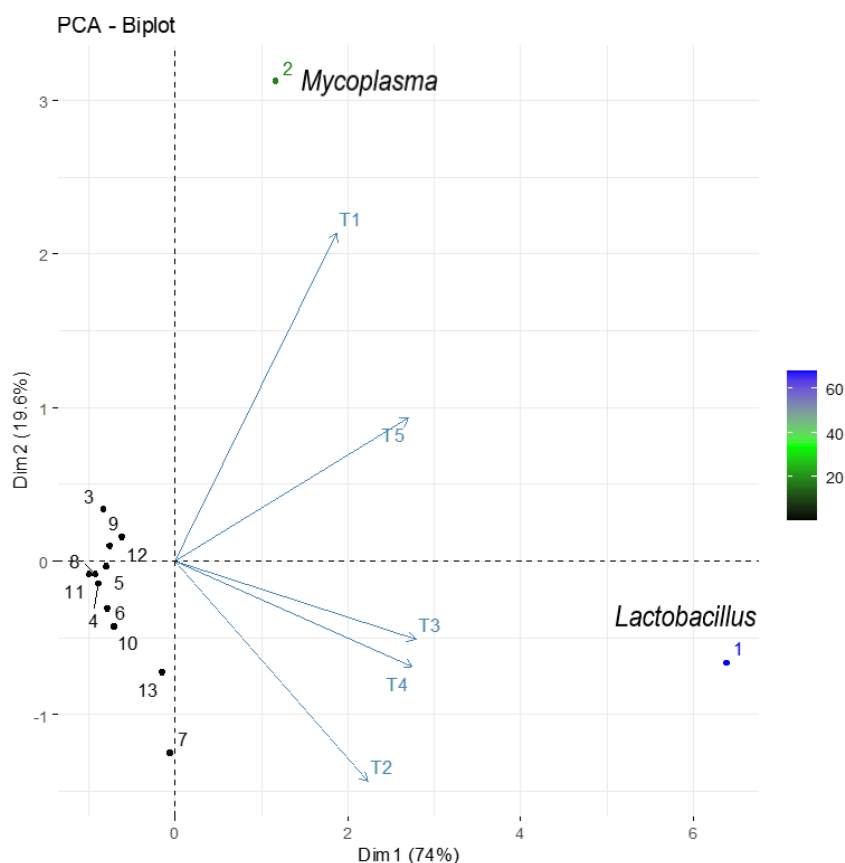


Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) dos gêneros identificados no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC.

Legenda: 3: *Campylobacter*. 4: *Subdoligranulum*. 5: *Rothia*. 6: *Rummeliibacillus*. 7: *Bifidobacterium*. 8: *Arthrobacter*. 9: *Enterococcus*. 10: *Bacillus*. 11: *Paenibacillus*. 12: *Escherichia*. 13: outros. T1 (controle negativo), T2 (controle positivo), T3 (0,05kg/t OEOC), T4 (0,10kg/t OEOC) e T5 (0,15kg/t OEOC).

Correlações previamente positivas para espécies de *Lactobacillus* com a produção de ovos e conversão alimentar foram relatadas por Kalsum et al. (2012). Entre as vantagens dos *Lactobacillus*, tem-se: auxílio na imunidade, ao estimular a secreção de imunoglobulina IgA intestinal (Andreatti-Filho 2007), secreção de lactato, acetato, succinato e etanol, os quais auxiliam na proliferação de outras bactérias benéficas como *Veillonella spp.*, *Bacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*, *Bacteroides spp.* (Kalavathy et al. 2003; Pelicano et al. 2007; Barros et al. 2009).

A presença de *Lactobacillus* e suas espécies são consideradas benéficas para a ave porque transformam carboidratos em ácido lático, inibem a adesão do patógeno ao epitélio e diminuem o pH do íleo, de acordo com Borda-Molina et al. (2016). A população de bactérias ácido lácticas de codornas, aos 42 dias de idade é aumentada quando alimentadas com dieta contendo 750ppm de cânfora (Sedaghat et al. 2017).

A abundância de *Lactobacillus* aumentou e a população de *Escherichia coli* diminuiu com 0,05kg/t, 0,10kg/t e 0,15kg/t de OEOC neste estudo, o que corroborou com estudo de Liu et al (2018) que encontraram que a administração oral de óleos essenciais contendo carvacrol reduz a contagem bacteriana de *Salmonella* e *Escherichia coli* no intestino de frangos de corte.

As bactérias do gênero *Bifidobacterium* possuem habilidade de promover benefícios nutricionais às aves e alto grau de competitividade com bactérias patogênicas oportunistas do intestino, como *Clostridium perfringens* e *Salmonella spp* (Lemos et al. 2016). Já o gênero *Bacillus* é considerado um probiótico em galinhas; pode melhorar o desempenho das aves (Li et al., 2019). Além disso, exerce diferentes atividades enzimáticas como amilase, xilanase e pectinase (Hmani et al. 2017) bem como outras ações benéficas.

As *Bifidobacterium* influenciam na proliferação de macrófagos potencializando o sistema imunológico do animal, além de produzir as denominadas bacteriocinas que atuam na inibição da multiplicação de microrganismos patógenos (tais como *Salmonella spp.* e *Clostridium perfringens*). Ainda, estimulam a produção de vitaminas do complexo B, contribuindo na reparação e regeneração da microbiota após ingestão prolongada de antibióticos, auxiliando na digestão e absorção de nutrientes. Sua colonização no TGI reflete em organismo saudável. Segundo estudo de Binda et al.

(2018), altas concentrações de acetato geralmente produzido pelas bifidobactérias protegem o hospedeiro contra infecções entéricas, e atua novamente positivamente na saúde dos animais.

A bacitracina de zinco é um antibiótico polipeptídico produzido pelo *Bacillus licheniformes* (Snoke & Cornell 1965). Ele atua modificando a microbiota intestinal, reduzindo a carga de cepas patogênicas e a presença de toxinas e seus efeitos negativos na mucosa. A diminuição da incidência de bactérias patogênicas pode resultar em melhor desempenho animal e melhor qualidade dos produtos finais, pois essas bactérias provocam danos na parede intestinal prejudicando dessa forma o metabolismo dos nutrientes da dieta (Huyghebaert & Groote, 1997; Reis, 2011; Shalaei et al. 2014).

O óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) na reduz a viabilidade das células de *Staphylococcus aureus* e suprime algumas de suas características fisiológicas, como a tolerância a sais e atuação de algumas enzimas (Barros et al. 2009).

O carvacrol e o timol rompem a estrutura lipídica da membrana celular, tornando-a permeável aos íons e levando à inibição da atividade enzimática e metabólica, seguida pela morte da célula (Ultee et al. 2002). O timol e o carvacrol diminui *Escherichia coli* significativamente e aumenta a comunidade de *Lactobacillus* em frangos de corte (Hashemipour et al. 2013a). O timol e o cinamaldeído possuem efeitos benéficos sob no desempenho dos frangos de corte, no ecossistema intestinal e na imunidade (Attia et al., 2017).

O cinamaldeído na concentração de 10%, tertfenol em 5%, o timol em 5% e piperina em 4,4% pode melhorar a morfologia intestinal, aumentar a população de microflora intestinal benéfica, por conseguinte, refina a eficiência da utilização dos nutrientes (Mousavi et al. 2018). O timol associado ao cinamaldeído possuem o

potencial de reduzir a proliferação de patógenos e contribuir para melhor saúde intestinal das aves (Ouwehand et al. 2010; Tiihonen et al. 2010).

O óleo essencial de canela na dose de 200mg/kg de dieta podem ser aplicados como alternativa ao antibiótico para dietas de codornas japonesas para melhorar o desempenho produtivo, aumentar o número *Lactobacillus* e reduzir coliformes (Mehdipour et al. 2018).

As espécies mais identificadas no presente estudo em ordem de abundância foram: *Lactobacillus salivarius* (34%), *Lactobacillus aviarius* (18%), *Mycoplasma suis* (16%), *Lactobacillus helveticus* (9%), *Campylobacter jejuni* (3%), *Subdoligranulum variabile* (3%), *Rothia nasimurium* (2%), *Rummeliibacillus stabekisii* (2%), *Bifidobacterium saeculare* (2%), *Arthobacter creatinolyticus* (1%), *Enterococcus cecorum* (1%), *Escherichia coli* (1%), *Paenibacillus illinoisensis* (1%) e outros (<1%).

O gênero *Lactobacillus* sobrevive bem em ambientes ácidos (pH baixo) do proventrículo, dificultando o crescimento do gênero *Campylobacter* em aves, em destaque as espécies *L. salivarius* e *L. reuteri*. *L. acidophilus* e *L. fermentum* que são consideradas como tendo características probióticas (Goldstein et al. 2015); (Dez et al. 2018). Sureshkumar et al. (2020) obtiveram que *L. Salivarius* teve efeito positivo nas respostas inflamatórias, aumentando a população de bactérias benéficas e diminuindo as bactérias patogênicas na microbiota fecal de aves. O CN neste estudo beneficiou as bactérias patogênicas da espécie *Mycoplasma suis* e as doses de óleo essencial de orégano e canela com 0,05kg/t e 0,10kg/t influenciaram a multiplicação das bactérias da espécie *Lactobacillus salivarius* (Figura 3).

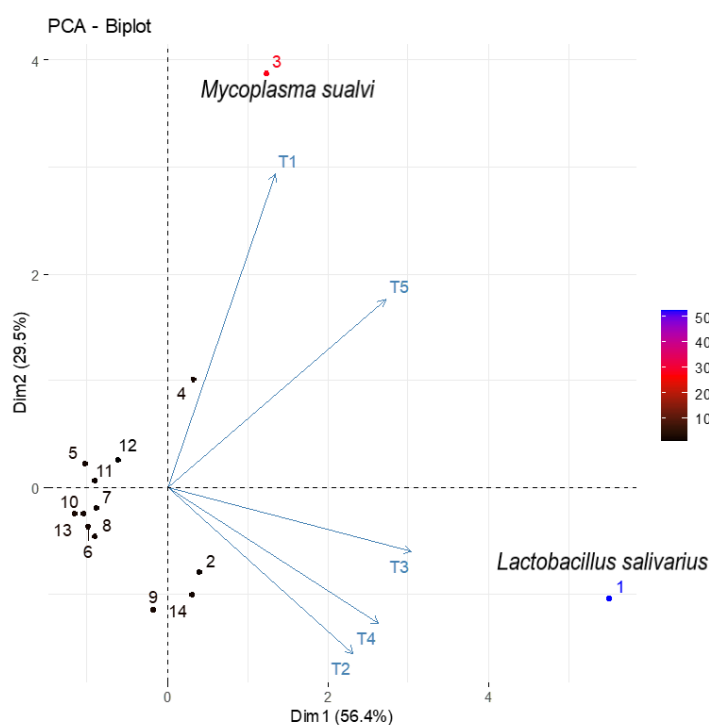


Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) das espécies identificadas no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC.

Legenda: 2: *Lactobacillus aviarius*. 4: *Lactobacillus helveticus*. 5: *Campylobacter jejuni*. 6: *Subdoligranulum variabile*. 7: *Rothia nasimurium*. 8: *Rummeliibacillus stabekisii*. 9: *Bifidobacterium saeculare*. 10: *Arthrobacter creatinolyticus*. 11: *Enterococcus cecorum*. 12: *Escherichia coli*. 13: *Paenibacillus illinoisensis*. 14: outros. T1 (controle negativo), T2 (controle positivo), T3 (0,05kg/t OEOC), T4 (0,10kg/t OEOC) e T5 (0,15kg/t OEOC).

O uso de 0,05kg de OEOC/t de ração mostrou um cenário microbiológico ideal para as codornas japonesas, com bactérias positivas aumentadas, como os *Lactobacillus salivarius*. Yang et al., 2019 indicaram que dietas de frangos de corte suplementadas com óleo essencial de canela (100mg/kg da ração) diminuiram significativamente a multiplicidade relativa de *Escherichia coli* cecal e aumentaram significativamente a população relativa de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* cecal.

Em ensaios *in vitro*, o OE de orégano tem demonstrado alta eficácia antibiótica contra diversos patógenos encontrados no trato intestinal de aves, por conter os compostos bioativos carvacrol (60%) e timol (10%) (Jugl-Chizzola et al. 2005; Koscova

et al. 2006). O OE de orégano foi incluído em diferentes estudos principalmente como parte de misturas de OE e mostrou habilidades promissoras de promotor de crescimento e respostas de equilíbrio microbiano (Skoufos et al. 2016). Jamroz et al. 2003 relataram que os compostos bioativos carvacrol, capsicum e cinamaldeído diminuíram os coliformes e *Clostridium* em galinhas.

A suplementação com mistura de óleos essenciais contendo 15g/t de timol e 5g/t de cinamaldeído exerceu efeito positivo na microbiota intestinal com aumento concomitante no desempenho. O estudo sugeriu que a modulação da composição e atividade da microbiota intestinal de frangos de corte por meio da administração de óleo essencial oferece um meio eficaz de melhorar o desempenho dos frangos (Tiihonen et al. 2010).

Os óleos essenciais destilados a vapor de *Origanum vulgare* mostraram grande atividade antibacteriana contra cepas de referência com atividade antioxidante moderada, enquanto o extrato metanólico não exibiu atividade antibacteriana, mas alta atividade antioxidante (Bouhaddouda et al 2016). Óleo essencial contendo de 4,5g de cinamaldeído e 13,5g de timol por 100g de óleo essencial em formas encapsuladas e estáveis ao calor a 100mg/kg de dieta pode substituir a bacitracina de zinco, resultando em melhor desempenho, índice de eficiência de produção e respostas imunológicas de frangos de corte (Attia et al., 2019). Essa melhora devido aos óleos essenciais pode ser atribuída as atividades antimicrobiana (Du et al. 2016).

Os compostos fitoquímicos dos óleos essenciais influenciam de forma benéfica a população bacteriana do trato gastrointestinal das aves. Chen et al. (2020) correlacionam a alta proporção de bactérias da microbiota cecal de frangos de corte com 1-palmitoil glicerol, ácido mirístico e piridoxal, compostos dos óleos essenciais de

vegetais. Os compostos aumentaram D-manose, ácido araquidônico, ácido docosapentaenoico e ácido linoleico no ceco. Tais ácidos graxos poli-insaturados são essenciais em diversas finalidades biológicas do organismo, o ácido araquidônico é catalisado pela cicloxigenase para formar prostaglandinas (PG), por conseguinte reduzir a inflamação (Hata e Breyer, 2004; Whelan e Fritsche, 2013).

No gráfico heatmap (Figura 4) podem ser observados a similaridade entre os níveis de inclusão de 0,05kg de OEOC/t de ração e 0,10kg/t OEOC e a similaridade entre 0,15kg/t e o CN. O CP difere dos demais tratamentos.

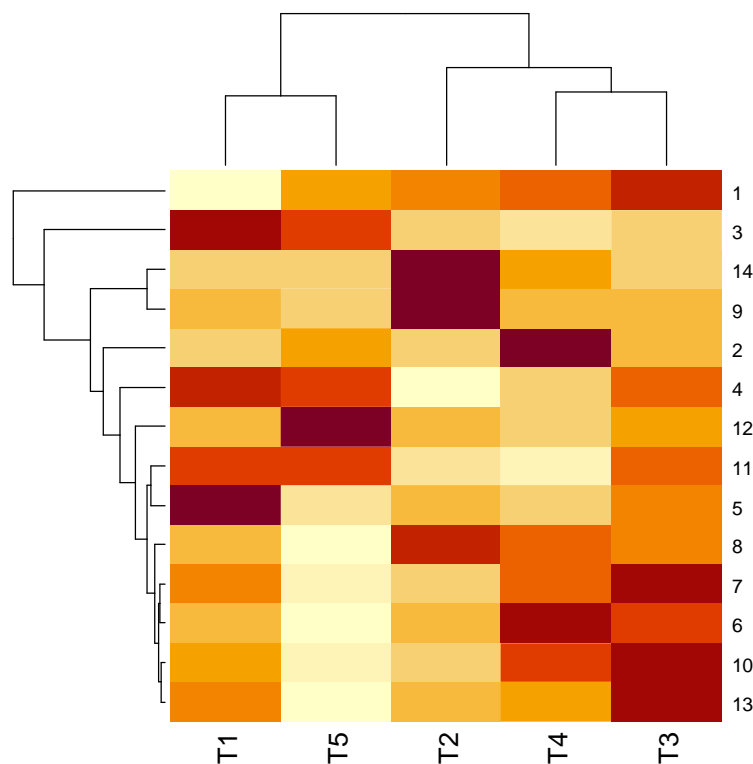


Figura 4. Gráfico heatmap de agrupamento das espécies identificadas no conteúdo do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com rações contendo OEOC.

Legenda: 1: *Lactobacillus salivarius*. 2: *Lactobacillus aviarius*. 3: *Mycoplasma sualvi*. 4: *Lactobacillus helveticus*. 5: *Campylobacter jejuni*. 6: *Subdoligranulum variabile*. 7: *Rothia nasimurium*. 8: *Rummeliibacillus stabekisii*. 9: *Bifidobacterium saeculare*. 10: *Arthrobacter creatinolyticus*. 11: *Enterococcus cecorum*. 12: *Escherichia coli*. 13: *Paenibacillus illinoisensis*. 14: outros. T1 (controle negativo), T2 (controle positivo), T3 (0,05kg OEOC/t ração), T4 (0,10kg/t) e T5 (0,15kg/t).

A espécie *Lactobacillus salivarius* difere das demais espécies. *Lactobacillus aviarius* e *Bifidobacterium saeculare* são semelhantes no tratamento três. A dose de

0,15kg/t OEOC, as espécies *Campylobacter jejuni*, *Rothia nasimurium*, *Rummeliibacillus stabekisii*, *Arthrobacter creatinolyticus* e *Paenibacillus illinoisensis* são semelhantes entre si, sendo reduzidas suas contagens com 0,15kg/t OEOC.

A microbiota *in vitro* de codornas japonesas após serem alimentadas com diferentes concentrações do óleo essencial de pimenta vermelha (0,8g/kg) reduziu *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Samonella entérica* e *Escherichia coli* (Reda et al. 2020). O óleo essencial apresentou melhor eficiência quando comparado ao antibiótico (ciprofloxacina) sob as bactérias patogênicas, além de aumentar os vilos intestinais tornando mais eficiente a absorção dos nutrientes. O óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* possui ação antioxidante e na concentração de 2,00mL/kg inibi o crescimento das bactérias patogênicas: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Salmonella entérica* (Mahgoub et al. 2019).

Os óleos essenciais de plantas medicinais possuem ação benéfica sob o organismo das codornas japonesas ao melhorar o status imunológico e promover a saúde intestinal. O óleo essencial de capim-limão em concentrações de 150mg/kg, 300mg/kg, 450mg/kg e 600mg/kg aumentaram as imunoglobulinas (IgM, IgG e IgA), reduziram a colonização *in vitro* de *Coliformes*, *Salmonella* e *Escherichia coli* e aumentaram os *Lactobacillus* (Alagawany et al. 2021). O óleo essencial de *Lippia gracilis* possui capacidade de melhorar o ambiente intestinal e equilibrar a população microbiana, visto que reduz a população de *Escherichia coli* e aumenta os *Lactobacillus* (Rocha et al. 2020).

O cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*) na forma de óleo essencial melhora o estado de saúde das codornas japonesas e reduz os patógenos intestinais, possuindo

maior inibição dos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Salmonella entérica* com a concentração de 1,5mL/kg (Hussein et al. 2019).

O carvacrol e o timol na alimentação promoveram o crescimento de bactérias benéficas e inibiram o crescimento de bactérias intestinais potencialmente prejudiciais, incluindo *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* em frangos de corte (Hashemipour et al. 2016). O cinamaldeído tem sido usado como melhorador de desempenho porque protege a mucosa intestinal, aumentando os níveis de enzimas antioxidantes, bem como exercendo efeitos anti-inflamatórios e antimicrobianos (Pirgozliev et al. 2019). Há redução de *Escherichia coli* e aumento dos *Lactobacillus* em aves alimentadas com timol e carvacrol (Hashemipour et al. 2013b).

A suplementação dietética de 300ppm de óleo essencial de orégano melhora as propriedades histomorfológicas do intestino delgado, como altura e área de superfície das vilosidades, e também diminui a contagem de *Escherichia coli* sem alterar a microbiota composta por *Lactobacillus* ssp. O carvacrol e o timol rompem a estrutura lipídica da membrana celular, tornando-a permeável aos íons e levando a inibição da atividade enzimática e metabólica, seguida pela morte da célula (Mohiti-Asli & Ghannatparast-Rashti 2017).

Os *Lactobacillus salivarius* exibem atividade contra *Campylobacter jejuni* *in vivo*, promovendo um ambiente intestinal saudável (Saint-Cyr et al. 2017). Reduz o processo inflamatório e os níveis de TNF- α (Fator de Necrose Tumoral) e Interleucinas (IL-1 β , IL-8 e IL-6), diminuem as lesões teciduais provocadas pelo *Mycoplasma gallisepticum* e previne infecção secundária por *Escherichia coli*. Além de aumentar a quantidade de macrófagos e resgatar a função da barreira intestinal, uma vez fragilizada por patógenos (Wang et al. 2021). Os *Lactobacillus salivarius* aumentam as

imunoglobulinas (IgM e IgG), conferindo proteção contra *Eimeria* em frangos de corte (Awais et al. 2019).

Os *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus salivarius* e *Lactobacillus acidophilus* possuem capacidade de estimular o sistema imunológico aumentando os linfócitos no epitélio intestinal e na lâmina própria intestinal de pintinhos de 2 a 12 dias de idade (Noujaim et al. 2008). O cinamaldeído e o fenol presente nos óleos essenciais influenciaram uma microbiota benéfica no intestino delgado das codornas de postura, as espécies de *Lactobacillus* possui ação sob o sistema imunológico intestinal. Estudos demonstram a ação benéfica dessas espécies no organismo das aves, e leva a afirmar que os óleos essenciais de orégano e canela são precursores da saúde intestinal. Das et al., (2020) identificaram a influência dos compostos fenólicos sob microbiota intestinal benéfica.

As propriedades do fenol para a promoção da saúde são atribuídas aos seus efeitos na microbiota intestinal. As interações microbiota-polifenol intestinais são um processo bidirecional no qual as bactérias intestinais transformam polifenóis em seus metabólitos bioativos com melhor biodisponibilidade e efeitos na saúde, enquanto os polifenóis e seus metabólitos derivados da microbiota intestinal podem suportar o crescimento de bactérias benéficas e inibir patógenos. Os polifenóis possuem atividade antibacteriana e modula a microbiota intestinal, diminui a profundidade da cripta e aumenta os vilos intestinais, reduz *Escherichia coli* e a disbiose ocasionada pelo estresse por calor (Iqbal et al. 2020).

O fato do nível 0,15G/T ter produzido efeitos semelhantes aos do controle negativo pode ter se dado pela possível diferença de concentração dos princípios ativos em diversos experimentos diferentes.

A busca por aditivos que possam substituir os antibióticos promotores de crescimento é almejada constantemente pelo setor avícola a fim de se encontrar componentes ideais que possam promover a saúde intestinal. Os aditivos fitogênicos atendem estas características sem impactos de resistência bacteriana. Os óleos essenciais possuem embasamento científico para a aplicação na nutrição animal pois já foram testados na alimentação de frangos de corte, galinhas poedeiras, codornas de postura e suínos, com resultados positivos e sem efeitos adversos (Costa et al. 2019).

CONCLUSÃO

A inclusão dos 0,05kg/t dos óleos essenciais de canela (*Cinnamomun verum*) e orégano (*Origanum vulgare*) nas rações para codornas japonesas pode ser uma alternativa ao fornecimento de antibióticos. Obtendo efeitos positivos sobre a microbiota intestinal beneficiando o crescimento do gênero *Lactobacillus* spp., com maior abundância da espécie *Lactobacillus salivaius* e consequentemente efeito promotor de crescimento vislumbrando aumento de filos, gêneros e espécies benéficas ao sistema de produção de codornas japonesas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGAWANY M, EL-SAADONY MT, ELNESR SS, FARAHAT M, ATTIA G, MADKOUR M, REDA FM. 2021. Use of lemongrass essential oil as a feed additive in quail's nutrition: its effect on growth, carcass, blood biochemistry, antioxidant and immunological indices, digestive enzymes and intestinal microbiota. Poultry Science 100:101-172. Doi: 10.1016/j.psj.2021.101172

ANDREATTI FILHO RL. 2007. Saúde aviária e doenças. São Paulo: Roca Ltda.

ATTIA Y, AL-HARTHI M & EL-KELAWY M. 2019. Use of essential oils as a natural growth promoter for broilers. Italian Journal of Animal Science 18: 1005-1012. DOI: 10.1080 / 1828051X.2019.1607574

ATTIA YA, BAKHASHWAIN AA & BERTU NEHALEM K. 2017. Thyme (*Thyme vulgaris* L.) oil as a natural growth promoter for broilers raised in hot weather. Italian Journal Animal Science 16: 275-282. Doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1245594>

AWAIS MM, JAMAL MA, AKHTAR M, HAMEED MR, ANWAR MI & ULLAH MI 2019. Efeitos imunomoduladores e melhoradores de probióticos baseados em *Lactobacillus* e *Saccharomyces* sobre os efeitos patológicos da eimeríase em frangos de corte. Microbial Pathogenesis 126: 101-108. Doi: 10.1016/j.micpath.2018.10.038

BARROS MR, ANREATTI FILHO RL, LIMA ET & CROCCI JA. 2009. Transference in vitro of the resistance to the antimicrobials between *Escheria coli*, *Lactobacillus* spp. and *Salmonella enteritidis* isolated from chickens. Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, 63: 1149-1153.

BINDA, C., LOPETUSO, L. R., RIZZATTI, G., GIBIINO, G., CENNAMO, V., & GASBARRINI, A. 2018. Actinobacteria: A relevant minority for the maintenance of gut homeostasis. Digestive and Liver Disease, 50(5), 421-428. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2018.02.012>

BORDA-MOLINA D, VITAL M, SOMMERFELD V, RODEHUTSCORD M E CAMARINHA-SILVA A. 2016 Insights sobre a microbiota intestinal de frangos de corte alimentados com fósforo, cálcio e dietas suplementadas com fitase. Frente. Microbiol . 7:2033. doi: 10.3389/fmicb.2016.02033

BORDA-MOLINA D, ROTH C, HÉRNANDEZ-ARRIAGA A, RISSI D, VOLLMAR S, RODEHUTSCORD M, BENNEWITZ J & CAMARINHA-SILVA A. 2020. Effects on the Ileal Microbiota of Phosphorus and Calcium Utilization, Bird Performance, and Gender in Japanese Quail. Animals (Basel) 10:885.

BOUHADDOUDA N, AOUADI S & LABIOD R. 2016. Evaluation of Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil and Methanolic Extract of *Origanum vulgare* L. ssp. glandulosum (Desf.) Ietswaart from. Int J Pharmacognosy Phytochem Research 8: 104-112. Disponível: <http://impactfactor.org/PDF/IJPPR/8/IJPPR,Vol8,Issue1,Article18.pdf>

CHEN Y, WANG J, YU L, XU T & ZHU N. 2020. Microbiota and metabolome responses in the cecum and serum of broiler chickens fed with plant essential oils or virginiamycin. Scientific Reports 10: 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60135-x>

COSTA TF, GOUVEIA ABVS, NUNES FC, SAMPAIO AS, SILVA NGD, ABREU JM, ALMEIDA JÚNIOR EM, COSTA KO, FEITOSA TJO, PAULO LM, SOUZA CS, MINAFRA-REZENDE CS, SANTOS FR & MINAFRA CS. 2019. Aditivos fitogênicos: óleos essenciais para frangos de corte – revisão. Research, Society and Development 9: e14932325. Doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2325>

DAS Q, ISLAM MR, LEPP D, TANG J, YIN X, MATS L, LIU H, ROSS K, KENNES YM, YACINI H, WARRINER K, MARCONE MF & DIARRA MS. 2020. Gut Microbiota, Blood Metabolites, and Spleen Immunity in Broiler Chickens Fed Berry Pomaces and Phenolic-Enriched Extractives. *Frontiers Veterinary Science* 7: 150. Doi: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00150>

DEZ M., NOWACZEK A., URBAN-CHMIEL R., STEPIEŃ-PYŚNIAK D., & WERNICKI A. 2018. Probiotic potential of *Lactobacillus* isolates of chicken origin with anti-*Campylobacter* activity. *Journal Veterinary Medical Science*, 80(8), 1195-1203. <https://doi.org/10.1080/10.1292/jyms.18-0092>

DU E WANG W, GAN L, LI Z, GUO S & GUO Y. 2016. Effects of thymol and carvacrol supplementation on intestinal integrity and immune responses of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Journal Animal Science Biotechnology* 7: 19. Doi: 10.1186/s40104-016-0079-7.

DU X., XIANG Y., LOU F., TU P., ZHANG X., HU, X., LYU W., & XIAO Y. 2020. Microbial Community and Short-Chain Fatty Acid Mapping in the Intestinal Tract of Quail. *Animals (Basel)*, 10(6), 1006. <https://doi.org/10.3390/ani10061006>

FEITOSA T J et al. 2020. Microbiota intestinal das aves de produção: revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 9, e42952779. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.2779y>

GOLDSTEIN, E. J. C., TYRRELL, K. L., & CITRON, D. M. 2015. *Lactobacillus* species: taxonomic complexity and controversial susceptibilities. *Clinical Infectious Diseases*, 60(2), 98-107. <https://doi.org/10.1093/cid/civ072>

HASHEMIPOUR H, KERMANSHAHI H, GOLIAN A, RAJI A & VAN KRIMPEN MM. 2013a. Effect of thymol + carvacrol on the intestinal development of broilers fed a diet containing CMC. *Iran Journal Applied Animal Science* 3: 567-576. Disponível em: http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_513849.html

HASHEMIPOUR H, KERMANSHAHI H, GOLIAN U & VELDKAMP T. 2013b. Effect of dietary supplementation with thymol and carvacrol on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities and immune response in broiler chickens. *Poultry Science* 92: 2059-2069. Doi: 10.3382 / ps.2012-02685

HASHEMIPOUR H, KHAKSAR V, RUBIO LA, VELDKAMP T & KRIMPEN MMV. 2016. Effect of feed supplementation with a thymol plus carvacrol mixture, in combination or not with an NSP-degrading enzyme, on productive and physiological parameters of broilers fed on wheat-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 211: 117-131. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2015.09.023

HATA NA & BREYER RM. 2004. Pharmacology and signaling of prostaglandin receptors: Multiple roles in inflammation and immune modulation. *Pharmacology & Therapeutics* 103: 147-166. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2004.06.003>

HUSSEIN MMA, EL-HACK MEA, MAHGOUB AS, SAADELDIN IM & SWELUM AA. 2019. Effects of clove (*Syzygium aromaticum*) oil on quail growth, carcass traits, blood components, meat quality, and intestinal microbiota. *Poultry Science* 98: 319-329. <https://doi.org/10.3382/ps/pey348>

HUYGHEBAERT G & GROOTE G. 1997. The bioefficacy of zinc bacitracin in practical diets for broilers and laying hens. *Poultry Science* 76: 849-856.

IQBAL Y, COTTRELL JJ, SULERIA HAR & DUNSHEA FR. 2020. Interações Gut Microbiota-Polyphenol in Chicken: A Review. *Animals* 10: 1391. Doi: 10.3390/ani10081391

JAMROZ D, ORDA J, KAMEL C, WILICZKIEWICZ A, WERTELECKI T & SKORUPINSKA J. 2003. The influence of phytogetic extracts on performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, and gut microbial status in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Science* 12: 583-596. Doi: <https://doi.org/10.22358/jafs/67752/2003>

JAZI V, ASHAYERIZADEH A, TOGHYANI M, SHABANI A, TELLEZ G & TOGHYANI M. 2018. Fermented soybean meal exhibits probiotic properties when included in Japanese quail diet in replacement of soybean meal. *Poultry Science* 97: 2113-2122. Doi: 10.3382/ps/pey071

JUGL-CHIZZOLA M, SPERGSEER J, SCHILCHER F, NOVAK J, BUCHER A, GABLER C, HAGMULLER W & ZITTERL-EGLESEER K. 2005. Effects of *Thymus vulgaris* L. as a feed additive in piglets and against hemolytic *E. coli* in vitro. *Berliner Munchener Tierarztliche Wochenschrift* 118: 495-501. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16318274/>

KALSUM U, SOETANTO H & SJOFJAN O. 2012. Influence of a probiotic containing lactobacillus fermentum on the laying performance and egg quality of Japanese quails. *International Journal Poultry Science* 11: 311-315.

KALAVATHY R, ABDULLAH N, JALALUDIN S & HO, Y W. 2003. Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. *British Poultry Science* 44: 139-44. 10.1080/0007166031000085445.

KIRKPINAR F, ÜNLÜ HB & ÖZDEMİR G. 2011. Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcass, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. *Livestock Science* 137: 219-225. DOI:10.1016/j.livsci.2010.11.010.

KOSCOVA JR, NEMCOVA S, GANCARCIKOVA Z, JONECOVA L, SCIRANKOVA AB & BULECA V. 2006. Effect of two plant extracts and

Lactobacillus fermentum on colonization of gastrointestinal tract by *Salmonella enteric* var. Dusseldorf in chicks. *Biologia* 61, 775–778.

KÜREKCI C, ÖZSOY B, HASSAN E, ÖZKAN H, GUNDOĞDU A, ÖZSOY SY & YAKAN AN. 2021. Effect of essential oil supplementation to diet on meat quality, fatty acid composition, performance parameters and intestinal microbiota of Japanese quails. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 105: 927-937. Doi: 10.1111/jpn.13445

LIU G, GUAN G, FANG J, MARTÍNEZ Y, CHEN S, BIN P, DURAI PANDIYAN V, GONG T, TOSSOU MCB, AL-DHABI NA & YIN Y. 2016. *Macleaya cordata* extract decreased diarrhea score and enhanced intestinal barrier function in growing piglets. *BioMed Research International* 2016: 1-7. doi: 10.1155/2016/1069585

LIU S, SONG M, YUN W, LEE J, LEE C, KWAK W, HAN N, KIM H & CHO J. 2018. Effects of oral administration of different dosages of carvacrol essential oils on intestinal barrier function in broilers. *Journal Animal Physiology Animal Nutrition* 102: 1257-1265. Doi: 10.1111/jpn.12944

MAHGOUB SAM, EL-HACK MEA, SAADELDIN IM, HUSSEIN MA, SWELUM AA & ALAGAWANY A. 2019. Impact of *Rosmarinus officinalis* cold-pressed oil on health, growth performance, intestinal bacterial populations, and immunocompetence of Japanese quail. *Poultry Science* 98: 2139-2149. Doi: 10.3382/ps/pey568

MEHDIPOUR Z & AFSHARMANESH M. 2018. Evaluation of symbiotic and cinnamon (*Cinnamomum verum*) as replacements of growth promoter by antibiotic on growth performance, intestinal microbial populations and blood parameters in Japanese quail. *Journal of Livestock Science and Technologies* 6: 1-8. Doi: 10.22103 / jlst.2018.10558.1200

MENDES AA, NAAS IA & MACARI M. 2004. *Produção de frangos de corte*. FactaCampinas, SP. 356 p.

MOHITI-ASLI M & GHANNATPARAST-RASHTI EM. 2017. 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. Doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1284074>

MORAN, E. (2018). Anatomofisiologia do intestino digestivo de aves e suínos e a influência dos alimentos. *Rev. Avinews. Out*. Disponível em: <https://lpncongress.com/wp-content/uploads/2018/10/inter-relacao-entre-nutricao-e-imunologia-de-aves-e-suinos-edwin-moran.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2018.

MOUSAVI A, MAHDAVI AH, RIASI A & SOLTANI-GHOMBAVANI M. 2018. Effectiveness of the combination of essential oils on performance, ileal bacteria count, intestinal histology and immunocompetence of laying hens fed alternative lipid sources. *Journal Animal Physiology Animal Nutrition* 102: 1245-1256. Doi: 10.1111 / jpn.12942

NOUJAIM JC, ANDREATTI FILHO RL, LIMA ET, OKAMOTO AS, AMORIM RL

& TORRES NETO R. 2008. Detecção de linfócitos T no intestino de frangos de corte tratados com *Lactobacillus* spp. e desafiado com *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis. Poultry Science 87: 927-933. Doi: 10.3382 / ps.2007-00476

OUWEHAND AC, TIIHONEN K, KETTUNEN H, PEURANEN S, SCHULZE H & RAUTONEN N. In vitro effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota. 2010. Veterinary Medicina 55: 71-78. Disponível: <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/17809.pdf>

PELICANO ERL, SOUZA PA, SOUZA HBA, FIGUEIREDO DF, BOIAGO MM, CARVALHO SR & BORDON VF. 2007. Intestinal mucosa desenvolvimento in broilerchickensfed natural growth promotores. Revista Brasileira de Ciência Avícola 7: 4.

PIRGOZLIEV V, MANSBRIDGE SC, ROSE SP, LILLEHOJ HS & BRAVO D. 2019. Immune modulation, growth performance, and nutrient retention in broiler chickens fed a blend of phytogetic feed aditives. Poltry Science 98: 3443-3449. Doi: 10.3382/ps/pey472.

REIS JS. 2011. Características da carcaça de uma linhagem de codornas de corte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, UFPel.

REDA FM, ALAGAWANY M, MAHMOUD HK, MAHGOUB SA & ELNESR SS. 2020. Use of red pepper oil in quail diets and its effect on performance, carcass measurements, intestinal microbiota, antioxidant indices, immunity and blood constituents. Animal 14: 1025-1033. Doi: 10.1017 / S1751731119002891

RANASINGHE P, PIGERA S, PREMAKUMARA GS, GALAPPATHTHY P, CONSTANTINE GR & KATULANDA P. 2013. Propriedades medicinais da canela “verdadeira” (*Cinnamomum zeylanicum*): uma revisão sistemática. BMC Complementary and Alternative Medicine 13: 1. Doi: 10.1186 / 1472-6882-13-275

RICHTER M, ROSSELLÓ-MÓRA R, OLIVER GLÖCKNER F & PEPLIES J. 2015. Jspeciesws: a web server for prokaryotic species circumscription based on pairwise genome comparison. Bioinformatics 32:929-931.

ROCHA GF, DEL VESCO AP, SANTANA TP, SANTOS TS, CERQUEIRA AS, ZANCANELA VT, FERNANDES RPM & OLIVEIRA JÚNIOR GM. 2020. *Lippia gracilis* Schauer essential oil as a growth promoter for Japanese quail. Animal 14: 2023-2031. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000816>

ROSTAGNO HS, ALBINO LFT, HANNAS MI, DONZELE JL, SAKOMURA NK, PERAZZO FG, SARAIVA AL, TEIXEIRA ML, RODRIGUES PB, OLIVEIRA RF, BARRETO SLT & BRITO CO. 2017. Composição de alimentos e exigências nutricionais. Tabelas brasileiras para aves e suínos; 4th. ed. Viçosa: Editora UFV.

SAINT-CYR MJ, HADDAD N, TAMINIAU B, POEZEVARA T, QUESME S, AMELOT M, DAUBE G, CHEMALY M, DOUSSET X & GUYARD-NICODEME M. 2017. Use of the potential probiotic strain *Lactobacillus salivarius* SMXD51 to control *Campylobacter jejuni* in broilers. International Journal of Food Microbiology 247: 9-17. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.003>

SHANG Y, KUMAR S, OAKLEY B. 2018. Chicken gut microbiota: importance and detection and technology. Veterinary Science, 5(254).

SEDAGHAT F, YOUSEFZADI M, TOISERKANI H & NAJAFIPOUR S. 2017. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: an alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan. International Journal of Biological Macromolecules 104: 883-888.

SHALAEI M, SEYED H, MOHAMMAD & ZERGANI E. 2014. Effect of different supplements on eggshell quality, some characteristics of gastrointestinal tract and performance of laying hens. Veterinary Research Forum 5: 277-86.

SHIRANI V, JAZI V, TOGHYANI M, ASHAYERIZADEH A, SHARIFI F & BAREKATAIN R. 2019. *Pulicaria gnaphalodes* powder in broiler diets: consequences for performance, gut health, antioxidant enzyme activity, and fatty acid profile. Poltry Science 98: 2577-2587. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez010>

SKOUFOS I, GIANNENAS I, TONTIS D, BARTZANAS T, KITTAS C, PANAGAKIS P & TZORA A. 2016. Effects of oregano essential oil and attapulgate on growth performance, intestinal microbiota and morphometry in broilers. Jornal Sul Africano de Zootecnia 46: 77-88. Doi: 10.4314/SAJAS.V46I1.10

SNOKE JE & CORNELL N. Protoplast lysis and inhibition of growth of *Bacillus licheniformis* by bacitracin. Journal of Bacteriology 89: 415-420, 1965.

SU H, MCKEVEY J, ROLLINS D, ZHANG M, BRIGHTSMITH DJ, DERR J & ZHANG S. 2014. Cultivable bacterial microbiota of northern bobwhite (*Colinus virginianus*): a new reservoir of antimicrobial resistance? PLoS ONE 9: e99826.

SURESHKUMAR S, LEE HC, JUNG SK, KIM D, OH KB, YANG H, JO YJ, LEE HS, LEE, S & BYUN SJ. 2020. Inclusion of *Lactobacillus salivarius* strain revealed a positive effect on improving growth performance, fecal microbiota and immunological responses in chicken. Archivos Microbiology, 203(2), 847-853. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02088-3>

TIIHONEN K, KETTUNEN H, BENTO MHL, SAARINEN M, LAHTINEN S, OUWEHAND AC, SCHULZE H & RAUTONEN N. 2010. The effect of feeding with essential oils on the performance of broiler chickens and intestinal microbiota. Poultry Science 51: 381-392. DOI: 10.1080 / 00071668.2010.496446

TIMENETSKY J. 2009. Micoplasmose- Conceitos Gerais. In: Revollo, L.; Ferreira, A.J.P. E Organizadores. Patologia Aviária. Editora Manole Ltda., Barueri-Sp, p.82-85.

TOGHYANI M, GHEISARI A, GHALAMKARI G, MOHAMMADREZAEI M. 2010. Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*), *Livestock Science*, Volume 129, Issues 1–3, Pages 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.01.021>.

ULTEE U, BENNIK MHJ & MOEZELAAR R. 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the foodborne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied Environ Microbiology* 68: 1561-1568. Doi: 10.1128 / AEM.68.4.1561-1568.2002

XIAO Y, XIANG Y, ZHOU W, CHEN J, LI K & YANG H. 2017. Mapeamento da comunidade microbiana no trato intestinal de frango de corte. *Avicultura* 96: 1387-1393. maio. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pew372>.

WANG J, ISHFAQ M & LI J. 2021. *Lactobacillus salivarius* ameliorated *Mycoplasma gallisepticum*-induced inflammatory injury and secondary *Escherichia coli* infection in chickens: Involvement of intestinal microbiota. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 233: 110192. Doi:10.1016/j.vetimm.2021.110192

WHELAN J & FRITSCHKE K. 2013. Linoleic Acid. *Advances in Nutrition* 4: 311-312. Doi: <https://doi.org/10.3945/an.113.003772>

WILKINSON N, HUGHES RJ, ASPDEN WJ, CHAPMAN J, MOORE RJ & STANLEY D. 2016. The gastrointestinal tract microbiota of the Japanese quail, *Coturnix japonica*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 100: 4201-4209. Doi: 10.1007 / s00253-015-7280-z

YANG YF, ZHAO LL, SHAO YX, LIAO XD, ZHANG LY, LU L & LUO XG. 2019. Effects of dietary graded levels of cinnamon essential oil and its combination with bamboo leaf flavonoid on immune function, antioxidative ability and intestinal microbiota of broilers. *Journal of Integrative Agriculture* 18: 2123-2132. Doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62566-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62566-9)

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: 7-15. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5>