

Microbiota intestinal e os fatores que influenciam na avicultura

Intestinal microbiota and factors influencing poultry

Microbiota intestinal y factores que influyen en la avicultura

Recebido: 19/03/2020 | Revisado:20/03/2020 | Aceito: 16/04/2020 | Publicado: 17/04/2020

Samantha Leandro de Sousa Andrade Alexandrino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6849-3081>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: sam87and@gmail.com

Thiago Ferreira Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9107-8967>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: thi_costa12@hotmail.com

Nadya Gabrielly Dias da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6162-9174>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: gabriellynadya@gmail.com

Jessica Martins de Abreu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1526-7894>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: jessica15_martins@hotmail.com

Nathan Ferreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5355-1998>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: nathan_zootec2017@outlook.com

Stéfane Alves Sampaio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1302-2001>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: stefanesamp@gmail.com

Marcela Christofoli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3361-7747>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: marcelachristofoli@bol.com.br

Lídia Caroline Ferreira Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5847-8507>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: lidiaccruz@outlook.com

Gilvania Ferreira Moura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5353-4562>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: gilvaniaferreira43@gmail.com

Priscila Paula Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0673-9781>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: priscilapaulafaria@icloud.com

Cibele Silva Minafra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4286-2982>

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: cibele.minafra@ifgoiano.edu.br

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, phytogetic 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 considerados 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 um 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 gerias que 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 se utilizou de metodologia de revisão literária, por meio de pesquisa bibliográfica a respeito das 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 devida a 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, se faz 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 das mesmas - nesta porção, é possível observar uma 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 onde 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 transepiteliais 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 lático (*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, devido 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-se, 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 ao redor 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%), a qual pode chegar a mais de 80% até os 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 uma redução na população bacteriana. No duodeno, enzimas, altas pressão de oxigênio e sais biliares são responsáveis por uma diminuição na concentração microbiana, enquanto que no intestino delgado e intestino grosso, o ambiente é favorável para o crescimento de microbiota diversa.

A microbiota intestinal tem um 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 um 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 assim maior área de superfície de absorção. O propionato e o acetato também tem 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, o que pode 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 temos a fermentação bacteriana que desempenha

papel importante na produção de subprodutos da mesma, 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 produzir 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 dos mesmos 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 tem 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 cerca de 45 dias de produção poderão direcionar todo o esforço fisiológico animal para uma conversão alimentar de excelência.

Um bom armazenamento dos insumos da ração promoverá ingestão de alimentos de qualidade, o que diminuirá os desafios dessas aves durante processo digestivo mantendo o equilíbrio da microbiota. E caso o desafio seja inevitável, existem substâncias que atuam como modulares/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, o 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 um 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 devido aos 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 nucléico (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 uma 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, virginamicina, 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, temos 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 – se 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 das mesmas.

Na nutrição animal duas áreas identificam os potenciais efeitos desses aditivos: por estimulação de enzimas endógenas e regulação na microbiota intestinal. Isso se dá devido os óleos essenciais evitarem 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 lático demonstraram um aumento acentuado na atividade enzimática digestível do pâncreas e na mucosa intestinal de frangos de corte, levando o 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 uma 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 cerca de 20 a 36% do gasto energético de todo o corpo, principalmente relacionado à 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., Klünter, 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>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Samantha L. S. Andrade Alexandrino – 30%

Thiago Ferreira Costa – 10%

Nadya Gabrielly Dias da Silva – 05%

Jessica Martins de Abreu – 05%

Marcela Christofoli -05%

Lídia Caroline Ferreira Cruz– 05%

Nathan Ferreira da Silva -05%

Stéfane Alves Sampaio – 05%

Gilvania Ferreira Moura - 05%

Priscila Paula Faria – 05%

Cibele Silva Minafra – 20%