

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS**  
**UNESP - CÂMPUS DE DRACENA**

**BUTIRATO DE SÓDIO MICROENCAPSULADO EM  
ALTERNATIVA AO USO DE AVILAMICINA EM DIETAS PARA  
FRANGOS DE CORTE DESAFIADOS COM *EIMERIA* SPP.**

**Bárbara Fernanda da Silva Barbosa**

Zootecnista

**2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS**  
**UNESP - CÂMPUS DE DRACENA**

**BUTIRATO DE SÓDIO MICROENCAPSULADO EM  
ALTERNATIVA AO USO DE AVILAMICINA EM DIETAS PARA  
FRANGOS DE CORTE DESAFIADOS COM *EIMERIA* SPP.**

**Bárbara Fernanda da Silva Barbosa**

**Orientadora: Profa. Associada Valquíria Cação Cruz-Polycarpo**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Jaqueline Dalbello Biller**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

**2020**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação  
Campus de Dracena

B234b

Barbosa, Bárbara Fernanda da Silva.

Butirato de sódio microencapsulado em alternativa ao uso de avilamicina em dietas para frangos de corte desafiados com *Eimeria* spp. / Bárbara Fernanda da Silva Barbosa. -- Dracena: [s.n.], 2020.

77 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2020.

Orientadora: Valquíria Cação Cruz-Polycarpo

Co-orientadora: Jaqueline Dalbello Biller

1. Ácidos orgânicos. 2. Butirato de sódio. 3. Eimeria. 4. Escore de lesão intestinal. 5. Imunidade. I. Título.



Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas  
CRB 8/6665

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Butirato de sódio microencapsulado em alternativa ao uso de avilamicina em dietas para frangos de corte desafiados com *Eimeria* spp.

AUTORA: BÁRBARA FERNANDA DA SILVA BARBOSA

ORIENTADORA: VALQUÍRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO

COORIENTADORA: JAQUELINE DALBELLO BILLER

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Assoc. VALQUÍRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO  
Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Prof. Assoc. FÁBIO ERMINIO MINGATTO  
Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Prof. Dr. LEONARDO HENRIQUE ZANETTI  
Depto de Ciências Agrárias / Universidade do Oeste Paulista, UNOESTE

Dracena, 26 de fevereiro de 2020

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Bárbara Fernanda da Silva Barbosa – Nascida em Adamantina – SP em 26/06/1994. Ingressou em 2012 na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Unesp, Câmpus de Dracena, concluindo a graduação em Zootecnia em 2017. No ano de 2018 ingressou no programa de Pós-Graduação, mestrado Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia Animal – UNESP, Câmpus de Dracena, sendo que em fevereiro do ano de 2020 submeteu sua dissertação à banca examinadora.

## EPÍGRAFE

“Ainda acho que precisamos conhecer o inverno para compreender o verão, assim como é necessário passar por momentos de tristeza profunda para conseguir identificar e valorizar a felicidade quando ela chegar. E não devemos, nunca, nos esquecer das pessoas que amamos.”

*A Cabana*

## DEDICATÓRIA

À Deus.

Aos meus pais e a minha avó Dona Rosa, pelo apoio, amor e união. Vocês são minha vida.

Aos familiares e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus primeiramente, pelo dom da vida, por me cercar de todo amor e de pessoas maravilhosas, de orquestrar todas as circunstâncias que me trouxeram aonde estou hoje. Cada situação, cada erro e acerto, me ensinaram lições que sempre levo comigo e me faz entender que tudo acontece na hora certa, quando estamos prontos para receber. Nada na vida é por acaso, tudo é lição e aprendizado.

Agradeço aos meus amados pais, Aparecida e Gilberto, por tudo que fizeram/fazem por mim até hoje. Todo amor, carinho e confiança que recebo todos os dias, me dão forças para enfrentar qualquer situação. Obrigada pela educação que me deram, por serem pessoas tão simples, mas tão honestas e resilientes. Sei que não sou a filha perfeita, mas erros e acertos fazem parte de qualquer relação. Peço desculpa pela ausência, finais de semana sem ir para a casa, abdicação de momentos juntos, sei que sentem tanta falta quanto eu. Saibam que procuro melhorar todos os dias, assim como vocês.

Agradeço à minha avó Dona Rosa, a pessoa que eu mais amo nessa vida. É a mulher mais amável, honesta e resiliente que conheço. Sua capacidade de ser tão empática é extraordinária. Obrigada por tudo que fez e ainda faz muito pela nossa família, e por ser tão forte, mesmo quando sei que não está mais suportando. Pessoas com um coração como o seu são raras de encontrar. Sou uma pessoa de muita sorte em poder dividir minha caminhada com você, tenho certeza que nosso amor vem de outras vidas, e tenho certeza que temos muitas experiências para viver juntas.

Agradeço aos meus avós Noênis, Joaquim e Celestino (todos *in memoriam*) por tudo que fizeram por mim em vida. Cada um me marcou de

uma maneira diferente, mas todas profundas. Posso dizer que fazem muita falta na vida de todos que os conheceram, mas tenho certeza que olham por mim sempre, e estão muito felizes por mim. Espero um dia poder encontrá-los. A saudade é um amor que nunca morre.

Agradeço à minha melhor amiga e parceira, Gabrieli Lima, por todos esses anos de amizade (7 anos para ser mais exata). Nesse tempo pude ver você evoluindo muito como pessoa e profissional. Tudo que passamos, cada risada, choro, confissões, frustrações e muito mais. Tenho a imensa sorte de poder ser verdadeira e real com você, e sei que é recíproco. Obrigada pela ajuda, não só durante o experimento, mas em tudo: por me incentivar sempre e me aturar (sei que sou chata). Inúmeras vezes uma conversa com você muda meu dia, me faz refletir e continuar lutando. Espero poder estar ao seu lado sempre, assistindo você realizar todos os seus sonhos (mesmo os mais loucos), torcendo e vibrando. Todos deveriam ter a sorte de ter uma pessoa de coração tão maravilhoso e amoroso como o seu.

Agradeço à minha amiga Gabriela Ventura, apesar do pouco tempo de amizade, mas muito intenso e verdadeiro. Obrigada por todas as vezes que me fez rir, refletir, chorar e surtar. A coisa que mais admiro em você é a capacidade de ressaltar a beleza nos outros. Vi muitas vezes um elogio seu transformar o dia de muitas pessoas. Espero que mesmo com a sua partida, nossa amizade nunca mude e nosso trio permaneça firme e forte.

Agradeço à minha amiga Marina Domingues, que mesmo distante se faz sempre presente. Costumo dizer que nossa sincronicidade é coisa de alma. Obrigada por sempre me escutar, me aconselhar e me incentivar. Ver o quanto

você evoluiu e encontrou seu caminho me deixa imensamente feliz. Espero que seja só o começo da sua caminhada de sucesso.

Agradeço à República Karkará por me acolher no Mestrado. Agradeço a todas as moradoras: Jéssica, Thayná, Gabriela Ventura, Gabrieli, Ana Clara, Isabella, Natália, Beatriz, Marcela e Bianca. Obrigada por todo apoio, carinho e atenção. Cada uma me ensina muito e, como uma família, brigas e desentendimentos fazem parte, mas no final tudo se acerta.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Valquíria Cação Cruz-Polycarpo por todos esses anos de parceria. Obrigada por ser não só uma orientadora excepcional, que se desdobra pra atender todos os orientados, dar aulas, reuniões, etc, mas também por ser tão humana e empática com todos, sempre se colocando no lugar dos outros. Uma amiga que sei que posso contar e conversar sobre qualquer assunto, pois sei que você sempre tem bons conselhos. Sei que como sua orientada já errei inúmeras vezes, mas também posso afirmar que sempre aprendi com cada erro (e continuo aprendendo), e você sempre esteve me incentivando a buscar o meu melhor, admiro muito isso! Obrigada por ser paciente (muito paciente) e por tudo que faz pelo nosso grupo. Espero que possamos ir muito longe com a nossa pesquisa.

Agradeço ao Prof. Dr. Gustavo do Valle Polycarpo por todo apoio e ensinamentos na parte estatística e por me fazer entender ainda mais a importância de uma boa pesquisa e seus princípios. Posso dizer que a disciplina do SAS foi um divisor de águas durante o mestrado. Obrigada pela amizade e pela ajuda durante o experimento.

Agradeço à minha co-orientadora Profa. Dra. Jaqueline Dalbello Biller pela ajuda e orientação, por sempre estar disponível e sanar minhas dúvidas. Tenho certeza que tenho muito a aprender com você. Grata pela parceria.

Agradeço aos professores Dr. Fábio Ermínio Mingatto e Dr. Ricardo Velludo Gomes de Soutello, responsáveis pelo Laboratório de Bioquímica Metabólica e Toxicologia e, Laboratório de Parasitologia e Sanidade Animal, respectivamente, por sempre disponibilizarem os laboratórios para desenvolvermos nossas análises.

Agradeço ao Prof. Dr. Ricardo da Fonseca por acolher os alunos de pós-graduação no Laboratório de Computação Científica Aplicada à Zootecnia (LuCCA- Z), e ainda pelas conversas e dicas.

Agradeço a todos os técnicos de laboratório da FCAT - UNESP, Câmpus de Dracena por sempre me ajudarem antes, durante e após o experimento.

Agradeço a todos os técnicos de campus por sempre estarem disponíveis quando precisei e por toda ajuda. Agradeço principalmente ao Fábio Ribeiro da Silva e José Nilton Cardoso, com os quais tive mais contato durante o experimento e que sempre foram muito gentis e prestativos. Obrigada pelas conversas e risadas.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal pela oportunidade concedida e todo apoio durante este período.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço à FAPESP pelo Auxílio Pesquisa (nº processo: 2018/21792-6)  
para a realização do experimento e posterior análises.

Comissão de Ética no Uso de Animais

# Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "Ácido butírico microencapsulado em alternativa ao uso de antimicrobiano melhorador de desempenho em dietas para frangos de corte desafiados com *Eimeria* spp. sobre o desempenho, imunidade e microbiota intestinal" (Microencapsulated butyric acid as alternative to antimicrobial growth promoter in broiler diets challenged with *Eimeria* spp. on performance, immunity and intestinal microbiota), registrada com o nº 18/2018.R1 – CEUA, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). Valquíria Cação Cruz-Polycarpo – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, em reunião de 28/08/2018.

Dracena, 28 de agosto de 2018.

Prof.ª. Dra. Sirlei Aparecida Maestá

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - DTA

Rod. Cmte. João Ribeiro de Barros, km 651- Bairro das Antas – CEP: 17900-000 – Dracena/SP - Brasil

Tel. (18) 3821-8200 – [www.dracena.unesp.br](http://www.dracena.unesp.br) - [academico@dracena.unesp.br](mailto:academico@dracena.unesp.br)

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do butirato de sódio microencapsulado (BSM) em substituição ao antibiótico sobre o desempenho, hematologia, peso de órgãos do TGI, escores de lesão intestinal e contagem de oocistos nas excretas de frangos de corte desafiados com *Eimeria* spp. Para isso foram utilizados 1.050 pintos machos Ross, distribuídos em DIC, com seis tratamentos: CN (controle negativo)- ração basal (RB) (aves não desafiadas); CND- RB (aves desafiadas); 0,10%- RB + 1.000 mg/kg de BSM (aves desafiadas); 0,15%- RB + 1.500 mg/kg de BSM (aves desafiadas); 0,20%- RB + 2.000 mg/kg de BSM (aves desafiadas); AVL- RB + avilamicina (aves desafiadas), com cinco repetições. Aos 16 dias de idade, as aves foram inoculadas oralmente e individualmente com oocistos de *Eimerias* e as aves de CN, inoculadas com solução salina, para que também sofressem o estresse da inoculação. Observou-se maiores GPM e CRM nas aves não desafiadas em comparação às desafiadas na fase de 1 a 21 d, e na fase final de criação e melhor CA e FEP, mostrando o poder da inoculação com o protozoário. Não houve diferença nas variáveis hematológicas e bioquímicas entre as diferentes dietas fornecidas, porém frangos submetidos às *Eimerias* apresentaram queda nos valores normais após desafio, e demonstraram recuperação ao final da criação. Na alometria de órgãos do TGI, o peso do fígado apresentou-se superior nas aves que receberam aditivo. Já, o peso do pâncreas, mostrou-se superior nas aves suplementadas com antibiótico na dieta, porém não diferiu das aves que receberam o BSM nas doses de 1.500 mg/kg e 2.000 mg/kg. Maior excreção de oocistos foi verificada quatro dias após a inoculação. Observou-se lesões acentuadas no intestino dos frangos aos cinco dias pós-inoculação causadas por *E. máxima* e *E. tenella*, com recuperação deste segmento aos 42 dias. Conclui-se que o BSM pode ser utilizado como alternativa ao antibiótico, auxiliando na recuperação do desempenho, hematologia e alometria de órgãos do TGI de frangos de corte após desafio.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos, butirato de sódio, *Eimeria*, escore de lesão intestinal, imunidade.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of microencapsulated sodium butyrate (MSB) in substitution to antibiotics on performance, hematology, weight of organs of the GIT, intestinal injury scores and oocyst count in the excreta of broilers challenged with *Eimeria* spp. For this, 1,050 male Ross chicks were used, distributed in completely randomized design, with six treatments: NC - basal diet (BD) (non-challenged birds); NCC- BD (challenged birds); 0.10% - BD+1,000 mg/kg of MSB (challenged birds); 0.15% - BD+1,500 mg/kg of MSB (challenged birds); 0.20% - BD+2,000 mg/kg of MSB (challenged birds); AVL - BD + avilamycin (challenged birds), with five repetitions. At 16 days of age, the birds were inoculated orally and individually with *Eimeria* oocysts and the NC birds were inoculated with saline solution, so that they also suffered the stress of inoculation. Higher ABW and AFI were observed in the unchallenged birds compared to those challenged in the 1 to 21 day phase, and in the final breeding phase, better FCR and PEF, showing the power of inoculation with the protozoan. There was no difference in hematological and biochemical variables between the different diets provided, but chickens subjected to inoculation with *Eimeria* showed a drop in normal values after challenge, and showed recovery at the end of the rearing period. In the allometry of organs of the TGI, the liver weight was higher in the birds that received additive. The weight of the pancreas, on the other hand, was higher in birds supplemented with antibiotics in the diet, but it did not differ from birds that received MSB in doses of 1,500 mg/kg and 2,000 mg/kg. Higher oocyst excretion was observed four days after inoculation. Accentuated lesions were observed in the intestines of chickens at five days post-inoculation caused by *E. maxima* and *E. tenella*, with recovery of this segment at 42 days of age. It is concluded that MSB can be used as an alternative to antibiotics, assisting in the recovery of performance, hematology and allometry of organs of the GIT of broilers after challenge.

**Keywords:** *Eimeria*, immunity, intestinal injury score, organic acids, sodium butyrate.

## **Lista de tabelas**

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais. ....                                                                                                               | 41 |
| Tabela 2 - Desempenho de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.....                   | 49 |
| Tabela 3 - Desempenho de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.....              | 50 |
| Tabela 4 - Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.....      | 52 |
| Tabela 5 - Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos..... | 54 |
| Tabela 6 - Variáveis bioquímicas de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.....        | 56 |
| Tabela 7 - Variáveis bioquímicas de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.....   | 57 |
| Tabela 8 - Peso relativo e comprimento de órgãos do sistema digestório de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas                                                            |    |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos..... | 59 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 9 - Peso relativo e comprimento de órgãos do sistema digestório de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos..... | 60 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 10 - Contagem de oocistos por grama de fezes aos 4, 5, 6 e 7 dias após a inoculação com <i>Eimeria</i> spp. .... | 62 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 11 - Escores de lesão no intestino dos frangos de corte aos 5 e 26 dias após a inoculação com <i>Eimeria</i> spp. .... | 63 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Lista de Figuras

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Temperatura instantânea, máxima, mínima, globo negro, bulbo seco e bulbo úmido em galpão experimental de frangos de corte durante 42 dias. .... | 36 |
| Figura 2 - Umidade relativa do ar em galpão experimental de frangos de corte durante os 42 dias. ....                                                      | 37 |
| Figura 3 - Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) dos frangos de corte de acordo com cada fase de criação. ....                             | 37 |
| Figura 4 - Vista interna do galpão de frangos de corte.....                                                                                                | 39 |
| Figura 5- Grânulos de butirato de sódio microencapsulado em óleo de palma.                                                                                 | 42 |
| Figura 6- Inoculação via oral dos oocistos de Eimeria spp. ....                                                                                            | 43 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>                                                                                                                               | <b>20</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                                                   | <b>20</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                                                                                                        | <b>22</b> |
| <b>2.1 Ácidos Orgânicos Microencapsulados .....</b>                                                                                                                         | <b>22</b> |
| <b>2.2 Microbiota Intestinal.....</b>                                                                                                                                       | <b>23</b> |
| <b>2.3 Coccidiose Aviária .....</b>                                                                                                                                         | <b>25</b> |
| <b>2.4 Nutrição e Saúde de Aves .....</b>                                                                                                                                   | <b>26</b> |
| <b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>                                                                                                                                   | <b>28</b> |
| <b>CAPÍTULO II - Butirato de sódio microencapsulado em alternativa ao uso<br/>de avilamicina em dietas para frangos de corte desafiados com <i>Eimeria</i><br/>spp.....</b> | <b>32</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                                                   | <b>33</b> |
| <b>2 HIPÓTESE .....</b>                                                                                                                                                     | <b>34</b> |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                                                                                                           | <b>35</b> |
| <b>2.1 Aves e Tratamentos .....</b>                                                                                                                                         | <b>38</b> |
| <b>2.2 Rações Experimentais .....</b>                                                                                                                                       | <b>39</b> |
| <b>2.3 Desafio Sanitário .....</b>                                                                                                                                          | <b>42</b> |
| <b>2.4 Características Avaliadas .....</b>                                                                                                                                  | <b>44</b> |
| <b>2.4.1 Desempenho .....</b>                                                                                                                                               | <b>44</b> |

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.2 Variáveis hematológicas: Hematócrito, hemoglobina e índices de Wintrobe, número de eritrócitos, contagem total e diferencial das células de defesa..... | 44 |
| 2.4.2.1 Relação heterofilo/linfócito .....                                                                                                                    | 45 |
| 2.4.3 Contagem de oocistos e Escores de lesão do epitélio intestinal .....                                                                                    | 45 |
| 2.4.4 Peso Relativo de Órgãos .....                                                                                                                           | 47 |
| 2.5 Análise Estatística.....                                                                                                                                  | 47 |
| 3. RESULTADOS.....                                                                                                                                            | 48 |
| 3.1 Desempenho.....                                                                                                                                           | 48 |
| 3.2 Variáveis hematológicas e bioquímicas.....                                                                                                                | 51 |
| 3.3 Peso Relativos de Órgãos .....                                                                                                                            | 58 |
| 3.4 Contagem de oocistos e Escores de lesão do epitélio intestinal .....                                                                                      | 61 |
| 4 DISCUSSÃO .....                                                                                                                                             | 63 |
| 5 CONCLUSÃO .....                                                                                                                                             | 72 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                            | 72 |

## CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte brasileira vem se destacando no cenário mundial nos últimos anos, chegando a grandes produções, sendo representada por diversos produtores integrados, empresas beneficiadoras e empresas exportadoras. A produção de frangos superou 12,9 milhões de toneladas, assumindo o segundo lugar mundial, mantendo o país como o maior exportador de carne de frango no mundo (ABPA, 2018).

O aumento da produtividade e a intensificação da criação de frangos de corte trouxeram a necessidade do uso de antibióticos para proteger o organismo animal de patógenos, e consequentemente, melhorar seu desempenho. Porém, devido à restrição desses antibióticos em 2006 pela União Européia, houve a necessidade de se buscar alternativas que possam substituí-los (SALAZAR *et al.*, 2008).

Os ácidos orgânicos vêm sendo utilizados como alternativa aos antibióticos para promover melhora no crescimento. Pesquisas sobre o efeito dos ácidos orgânicos na dieta de frangos de corte mostraram resultados satisfatórios no desempenho dos animais (RUNHO *et al.*, 1997; MAIORKA *et al.*, 2004; HU; GUO, 2007; SALAZAR *et al.*, 2008; PEREIRA, 2012; ABUDABOS *et al.*, 2016; NOSRATI *et al.*, 2017; YOUSSEF *et al.*, 2017; DEEPA *et al.*, 2018; NGUYEN *et al.*, 2018; SABOUR *et al.*, 2019).

A adição deste produto nas dietas, promove alteração do pH do trato gastrointestinal pela dissociação dos íons de  $H^+$ , causando uma acidificação, afetando principalmente as bactérias Gram negativas, que são mais sensíveis as alterações do pH (OSTERMAN, 2005). Esse efeito redutor de pH no trato

digestório possibilita que as enzimas digestivas atuem por um período maior sobre os alimentos, ocasionando uma menor taxa de esvaziamento gástrico e um melhor aproveitamento de nutrientes, favorecendo a microbiota benéfica como *Lactobacillus* e *Bifidobacterias*.

Klasing e Leshchinsky (1999) afirmam que 70% da redução no crescimento animal se deve à queda no consumo durante o estresse imunológico, sendo o acréscimo de músculo esquelético mais afetado do que os demais órgãos e sistemas. Aves que consumiram dietas contendo ácido acético, cítrico e láctico (1,5% a 3%) apresentaram aumento de globulinas séricas, redução da razão albumina/globulina, e aumento do peso da bursa de Fabricius e timo, que são órgãos relacionados ao sistema imune e produção de células de defesa. O aumento do nível de globulinas e a redução da razão entre albumina/globulina estão relacionados a uma melhor resistência a doenças, uma vez que essas proteínas estão relacionadas ao estado nutricional, sendo bastante útil no diagnóstico de doenças hepáticas, renais e muitas outras patologias (ABDEL-FATTAH *et al.*, 2008).

A eficácia dos ácidos orgânicos na modulação da microbiota intestinal pode ser limitada devido à sua rápida absorção ao entrar no duodeno. A microencapsulação surge para retardar a rápida degradação dos ácidos na porção anterior do trato digestório e assim, ter maior efeito antimicrobiano, o que poderá melhorar aspectos morfofisiológicos intestinais e de desempenho zootécnico (PIVA *et al.*, 2007) dependendo da dose utilizada.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ácidos Orgânicos Microencapsulados

Ácidos orgânicos são considerados substâncias que possuem pelo menos uma carboxila em sua estrutura, sendo incluídos nesta classe os aminoácidos e os ácidos graxos. Quando utilizados na nutrição animal trata-se de ácidos fracos de cadeia curta (PENZ *et al.*, 1993). São comumente utilizados como aditivos nas dietas aves (RUNHO *et al.*, 1997; MAIORKA *et al.*, 2004; HU; GUO, 2007; SALAZAR *et al.*, 2008; NAVA *et al.*, 2009; PEREIRA, 2012; BARBIERI *et al.*, 2015; POLYCARPO *et al.*, 2016; DEEPA *et al.*, 2018; NGUYEN *et al.*, 2018; SABOUR *et al.*, 2019) e também em matérias-primas e rações para evitar a ação de fungos (TEIXEIRA, 1997).

A principal função dos ácidos orgânicos é acidificar o meio intestinal, e consequentemente, reduzir o pH pela dissociação dos íons  $H^+$ . Dessa maneira, o interior dos microrganismos, principalmente das Gram negativas, se torna mais ácido, obrigando-os a gastar energia expulsando esses íons e causando sua morte (OSTERMAN, 2005).

O uso dos ácidos orgânicos como melhoradores de desempenho ainda é bastante discutido, pois há vários fatores, ligados as suas propriedades químicas e físicas, que demonstraram seu modo de ação, como: a redução de pH com a adição de ácido aumentando a ação das enzimas digestivas sobre os alimentos, a diminuição da população de microrganismos patogênicos no conteúdo intestinal, a otimização do uso de nutrientes e energia (TEIXEIRA, 1997). Porém, grande parte do ácido orgânico fornecido é dissociado e absorvido antes mesmo de chegar ao intestino, prejudicando a eficácia destes ao longo do trato gastrintestinal que tem valores de pH mais alcalino.

A técnica do microencapsulamento foi desenvolvida para melhorar a proteção, a biodisponibilidade e a liberação controlada do ácido no organismo do animal. A microencapsulação dos ácidos orgânicos resulta na liberação lenta após a ingestão pela ave de modo que o ácido atinja o trato intestinal e os cecos sem ter sido dissociado nos órgãos anteriores sendo melhor absorvido (VAN IMMERSEEL *et al.*, 2003).

Pesquisas envolvendo suínos já são estudadas há mais tempo e comprovam a eficácia do aditivo. Piva *et al.* (2007) e Grilli *et al.* (2010) indicam que a suplementação de dietas com uma mistura de ácidos orgânicos protegidos levou a melhoria no desempenho de leitões desmamados. Walia *et al.* (2016) suplementando dieta de suínos com butirato de sódio em fase de terminação perceberam que houve redução efetiva na contagem de *Salmonella* intestinal. Diversos trabalhos abordaram o efeito dos ácidos orgânicos microencapsulados sobre o desempenho de frangos de corte (ADIL *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2011; CHAMBA *et al.*, 2014; GHEISAR; HOSSEINDOUST; KIM, 2015; SIKANDAR *et al.*, 2017; SONG *et al.*, 2017; IMRAN *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2018), porém ainda não foi definida a dose ideal a ser utilizada nas dietas, demonstrando a necessidade de pesquisas adicionais nesta área.

## **2.2 Microbiota Intestinal**

A relação entre a ave e o microrganismo é conhecida como simbiose, em que as espécies vivem em associação uma com a outra sem trazer prejuízos. A microbiota intestinal é composta por microrganismos tanto benéficos quanto prejudiciais, e está intimamente relacionada com o

desempenho e estado imune das aves (MAIORKA *et al.*, 2004). As bactérias benéficas auxiliam na digestão e absorção dos nutrientes, tornando o animal mais saudável e menos susceptível a enfermidades, promovendo melhor conversão alimentar e desempenho zootécnico. Porém, quando um agente estressor prejudica o animal, estes competem pelo uso de nutrientes e energia para sobrevivência (CANALLI, 1992).

Quando ocorre uma alta competição com as bactérias patogênicas, a mucosa intestinal é danificada, ocasionando lesões no epitélio e conseqüentemente menor digestão e absorção de nutrientes, redução no ganho de peso e aumento da mortalidade. Porém, quando esta primeira linha de defesa, que é a mucosa intestinal, falha as células da imunidade agem como uma segunda linha para combater o agente agressor. Entre essas células estão os leucócitos e as células NK (*natural killer*), que destroem as células infectadas. Em alguns casos, apenas esta segunda linha de defesa não é suficiente para ajudar o organismo a combater o agente invasor, e então, neste caso entra em ação uma terceira linha de defesa, e nesta os linfócitos intervêm junto aos leucócitos para que o animal consiga se restabelecer dos danos causados pelos patógenos (CRUVINEL *et al.*, 2010).

Quanto antes ocorrer o estabelecimento dos microrganismos (*Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Clostridiaceae*) no intestino, maior será a produção de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato, butirato) proporcionando um ambiente com pH ácido, que é desfavorável para as bactérias patogênicas, pois estas têm alta permeabilidade em sua membrana, causando sobrecarga de íons  $H^+$ , resultando na morte da bactéria (BARNES, 1979; HINTON *et al.*, 1990).

É necessário entender e ter controle sobre as possíveis mudanças da microbiota intestinal para adequar o manejo e incluir aditivos que possam alterar e regular de forma positiva a diversidade microbiana presente no intestino, a fim de obter máximo aproveitamento do potencial dos animais, melhorando o desempenho zootécnico, diminuindo os efeitos das perdas causadas por estresse ou doenças que acometam os animais (SANTOS *et al.*, 2012).

Pesquisas envolvendo a utilização de ácidos orgânicos microencapsulados sobre a microbiota intestinal são escassos na área de frangos de corte (HU; GUO, 2007; NAVA *et al.*, 2009; EFTEKHARI *et al.*, 2015; ZHOU *et al.*, 2017) e se tornam fundamentais para melhor entender de que maneira os ácidos interagem com os microrganismos presentes no intestino para promover o crescimento desses animais até o período final de criação.

### **2.3 Coccidiose Aviária**

A coccidiose, provocada pelo gênero *Eimeria*, é a doença que causa maior prejuízo no setor avícola, podendo gerar lesões graves em todo o intestino, resultantes do desenvolvimento do parasita, ocasionando piora na performance do animal e afetando, conseqüentemente, a microbiota intestinal e a produtividade dos avicultores. A coccidiose causa danos a mucosa intestinal, como a diminuição das vilosidades e criptas, ocasionando uma quebra da barreira natural de defesa, servindo como porta de entrada para outros agentes patogênicos, como *Clostridium perfringens* e *Salmonella typhimurium* (KAWAZOE, 1994; MORETTI, 1997).

A infecção é típica de animais jovens, pois após uma exposição prévia

ao patógeno, a imunidade se desenvolve rapidamente, protegendo a ave contra infecções futuras. Klein (1996) isolou e caracterizou cinco espécies de *Eimerias* em 74 criações de frangos da Europa, Américas Central e do Sul, África do Sul, EUA e Tailândia, encontrando infecções mono específicas e mistas que incluem as espécies *E. acervulina*, *E. brunetti*, *E. mitis*, *E. maxima* e *E. tenella*. As lesões provocadas no epitélio intestinal, resultantes das fases de desenvolvimento das *Eimerias*, prejudicam muito os índices zootécnicos da avicultura de corte e, conseqüentemente, o resultado econômico da empresa avícola.

Nas aves infectadas pela coccidiose a resposta imune do organismo ocorre nos tecidos linfoides associados ao intestino (GALT). Nas aves, a distribuição dos órgãos primários e secundários ao longo do GALT é extensa e incluem a Bursa de Fabricius, tonsilas cecais, placas de Peyer e os linfócitos agregados a parede intestinal (GALHA; BONDAN; LALLO, 2008).

Os fatores que podem alterar a gravidade da infecção por *Eimerias* são: susceptibilidade do hospedeiro, quantidade de oocistos ingeridos e o grau de virulência das cepas. Realizando um manejo adequado, desinfecção e limpeza, pode-se reduzir a exposição aos oocistos infectantes, porém não é o suficiente para o controle. Por este motivo, torna-se necessário o uso de aditivos com ação anticoccidiana nas rações e neste caso, os ácidos orgânicos são eficientes já que diminuem o pH por todo trato gastrintestinal, inviabilizando a sobrevivência dos microrganismos patogênicos (KAWAZOE, 2000).

## **2.4 Nutrição e Saúde de Aves**

A nutrição pode ser usada como uma ferramenta para modular o sistema

imunológico das aves, a fim de produzir um estado ideal de imunidade, pois as alterações do sistema imunológico necessitam de energia e de vários nutrientes para a formação de células e outras substâncias envolvidas no sistema de defesa do organismo. Quando a nutrição se torna aliada à imunidade, auxilia na modulação da saúde do animal por meio dos nutrientes da dieta fornecidos em quantidade necessária para a manutenção e homeostase, propiciando que o animal reaja a possíveis infecções e doenças (GRIMBLE, 2002).

Um fator de extrema importância para a homeostase do organismo é a sanidade animal. Quando esse fator é ameaçado, o organismo consome grande parte da energia e nutrientes para se restabelecer (KLASING; KOVER, 1997). Além disso, os valores sanguíneos podem também ser influenciados pelo estado nutricional, sexo, idade, habitat, estação do ano, estado reprodutivo, trauma, criação e estresse ambiental (CAMPBELL, 2004).

Sabe-se que o sangue é essencial para manutenção do equilíbrio de eletrólitos e água, para o controle da temperatura e para o funcionamento do sistema imunológico, que é o mecanismo de defesa do organismo (VOGT, 2005). Mesmo sem a presença de sinais clínicos, podem ocorrer alterações hematológicas nas aves. Assim, a hematologia permite a avaliação do estado de saúde de populações, sendo, portanto, uma ferramenta útil para o monitoramento dentro das granjas avícolas.

As perdas de desempenho animal ocasionadas por uma resposta inflamatória ocorrem não só pelo gasto de energia das células imunes ao tentar proteger o organismo, mas também pela anorexia, perda de massa corpórea, tecido adiposo, entre outros (KOUTSOS; KLASING, 2014).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABDEL-FATTAH, S.A. EL-SANHOURY, M.H.; EL-MEDNAY, N.M.; ABDEL-AZEEM, F. Thyroid activity of broiler chicks fed supplemental organic acids. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 7, p. 215-222, 2008.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2017**. 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2017/>. Acesso em: 15 set. 2019.

ABUDABOS, A. M.; ALYEMNI, A. H.; DAFALLA, Y. M.; KHAN, R. U. The effect of phytogenic feed additives to substitute in-feed antibiotics on growth traits and blood biochemical parameters in broiler chicks challenged with *Salmonella typhimurium*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 23, p. 24151-24157, 2016.

ADIL, S.; BANDAY, T.; BHAT, G. A.; MIR, M. S.; REHMAN, M. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. **Veterinary Medicine International**, v. 7, p.2010, 2010.

BARBIERI, A.; POLYCARPO, G.V.; CARDOSO, R.G.A.; SILVA, K.M.; DADALT, J.C.; MADEIRA, A.M.B. N.; SOUZA, R. L. M.; ALBUQUERQUE, R.; CRUZ-POLYCARPO, V.C. Effect of probiotic and organic acids in an attempt to replace the antibiotics in diets of broiler chickens challenged with *Eimeria* spp. **International Journal of Poultry Science**, v. 14, p. 606-614, 2015.

BARNES, E. M. The intestinal microflora of poultry and game birds during life and after storage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 46, n. 3, p. 407-419, 1979.

CAMPBELL, T. W. Clinical chemistry of birds. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**, v. 2, p. 582-598, 2004.

CANALLI, L. D. S. **Alteração da microbiota intestinal de frangos de corte pela utilização de probiótico na alimentação**. 1992. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Estadual do Paraná, Curitiba, 1992. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/28181/T%20-%20LUCIMARA%20DOS%20SANTOS%20CANALLI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 02 abr. 2020.

CHAMBA F.; PUYALTO, M.; ORTIZ, A.; TORREALBA, H.; MALLO, J.J.; RIBOTY, R. Effect of partially protected sodium butyrate on performance, digestive organs, intestinal villi and *E. Coli* development in broilers chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 13, p. 390-396, 2014.

DEEPA, K.; PURUSHOTHAMAN, M. R.; VASANTHAKUMAR, P.; SIVAKUMAR, K. Effect of sodium butyrate as an antibiotic substitute on production performance, carcass characteristics and economics in broiler chicken. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 18, n. 3, p. 377-387, 2018.

EFTEKHARI, A.; REZAEIPOUR, V.; ABDULLAHPOUR, R. Effects of acidified drinking water on performance, carcass, immune response, jejunum morphology, and microbiota activity of broiler chickens fed diets containing graded levels of threonine. **Livestock Science**, v. 180, p. 158-163, 2015.

GALHA, V.; BONDAN, E.F.; LALLO, M.A. Relação entre imunossupressão e coccidiose clínica em frangos de corte criados comercialmente. **Journal of the Health Sciences Institute**, p. 7, v. 26, n. 4, 2008.

GHEISAR, M.; HOSSEINDOUST, A.; KIM, I.H. Evaluating the effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils in broiler chickens diet. **The Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 24, n. 4, p. 511-519, 2015.

GRILLI, E.; MESSINA, M.R.; TEDESCHI, M.; PIVA, A. Feeding a microencapsulated blend of organic acids and nature identical compounds to weaning pigs improved performance and intestinal metabolism. **Livestock Science**, v. 133, p.173-175, 2010.

GRIMBLE, R. Use of n-3 fatty acid-containing lipid emulsions in the intensive care unit environment: the scientists view. **Clinic Nutrition**, p. 15-21, 2002.

HINTON, A.J.; CORRIER, D.E.; SPATES, G.E.; NORMAN, J.O.; ZIPPRIN, R.L.; BEIER, R.C.; DELOACH, J.R. Biological control of *Salmonella typhimurium* in young chickens. **Avian Diseases**, p. 626-633, 1990.

HU, Z.; GUO, Y. Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 132, n. 3-4, p. 240-249, 2007.

KAWAZOE, U. Biologia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COCCIDIOSE, 1994, Santos. **Anais [...]**. Santos: FACTA, 1994. p. 1-6.

KAWAZOE, U. Coccidiose. In: BERCHIERI JÚNIOR, A.; MACARI, M. **Doenças das aves**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000. p. 391-405.

KLASING, K.; KOVER, D. Leukocytic cytokines regulate growth rate and composition following activation of the immune system. **Journal Animal Science**, v.75, n.2, p. 58-67, 1997.

KLEIN, U. Sensitivity of field isolates of avian *Eimeria* to Different salinomycin products. **Supplement World Poultry Misset**, Boetinchem, p.26-29. 1996.

KOUTSOS, E.A.; KLASING, K.C. **Factors modulating the avian immune system**: avian immunology. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2014. p. 299-313.

MAIORKA, A.; SANTIN, A. M. E.; BORGES, S.A.; OPALINSKI, M.; SILVA, A. V. F. Emprego de uma mistura de ácidos fumárico, láctico, cítrico e ascórbico em dietas iniciais de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 1, p. 31-37 2004.

MORETTI, M. E. B. **Obtenção de duas populações precoces de *Eimeria máxima* Tyzzer, 1929 e sua caracterização**. [S.l.: s.n.], 1997.

NAVA, G. M.; ATTENE-RAMOS, M. S.; GASKINS, H. R.; RICHARDS, J. D. Molecular analysis of microbial community structure in the chicken ileum following organic acid supplementation. **Veterinary Microbiology**, v. 137, n. 3-4, p. 345-353, 2009.

NGUYEN, D. H.; LEE, K. Y.; MOHAMMADIGHEISAR, M.; KIM, I. H. Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. **Poultry Science**, v. 97, n. 12, p. 4351-4358, 2018.

NOSRATI, M.; JAVANDEL, F.; CAMACHO, L. M.; KHUSRO, A.; CIPRIANO, M.; SEIDAVI, A.; SALEM, A. Z. M. The effects of antibiotic, probiotic, organic acid, vitamin C, and Echinacea purpurea extract on performance, carcass characteristics, blood chemistry, microbiota, and immunity of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 26, n. 2, p. 295-306, 2017.

OSTERMANN, D.; ANFELICE, A.; VIEIRA, S.; VIOLA, E. Metabolismo e bases conceituais para a ação benéfica de ácidos orgânicos para frangos de corte. **Ave World: A Revista do Agricultor Moderno**, São Paulo, v. 3, n. 15, abr./maio, p. 28-31, 2005.

PEREIRA, R. Mistura de ácidos orgânicos em dietas para frangos de corte desafiados com *Clostridium perfringens*. In: REUNIÃO ANUAL DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 27; CONGRESSO SOBRE ADITIVOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2012, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2012.

PIVA, A.; PIZZAMIGLIO, V.; MORLACCHINI, M.; TEDESCHI, M.; PIVA, G. Lipid microencapsulation allows slow release of organic acids and natural identical flavors along the swine intestine. **Journal of Animal Science**. v. 85, p. 486-493, 2007.

POLYCARPO, G.V.; BURBARELLI, M.F.C.; CARÃO, A.C. P.; MERSEGUEL, C.E.B.; DADALT, J.C.; MAGANHA, S.R.L.; SOUSA, R.L.M.; CRUZ-POLYCARPO, V.C.; ALBUQUERQUE, R. Effects of lipid sources, lysophospholipids and organic acids in maize-based broiler diets on nutrient balance, liver concentration of fat-soluble vitamins, jejuna microbiota and performance. **British Poultry Science**, v. 57, n. 6, p. 788-798, 2016.

RUNHO, R. C.; SAKOMURA, N. K.; KUANA, S.; BRANZATTO, D.; JUNQUEIRA, O. M.; STRINGHINI, J. H. Uso do ácido orgânico (ácido fumárico)

nas rações de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1183-1191, 1997.

SABOUR, S.; TABEIDIAN, S. A.; SADEGHI, G. Dietary organic acid and fiber sources affect performance, intestinal morphology, immune responses and gut microflora in broilers. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 2, p. 156-162, 2019.

SALAZAR, P. C. R.; ALBUQUERQUE, R.; TRINDADE NETO, M. A.; ARAUJO, L. F. Efeitos dos ácidos láctico e butírico, isolados e associados, sobre o desempenho e morfometria intestinal em frangos de corte. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.45, n.6, p. 463-471, 2008.

SANTOS, I. I.; CORÇÃO, G.; KESSLER, A. M.; LARANJEIRA, V.S.; LIMA, M.S.; Microbiota ileal de frangos de corte submetidos a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 643-647, 2012.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais**. 4. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 402 p.

VAN IMMERSEEL, F.; DE BUCK, J.; PASMANS, F.; VELGE, P.; BOTTREAU, E.; FIEVEZ, V.; DUCATELLE, R. Invasion of *Salmonella enteritidis* in avian intestinal epithelial cells in vitro is influenced by short-chain fatty acids. **International Journal of Food Microbiology**, v. 85, n. 3, p. 237-248, 2003.

VOGT, L. K. **Avaliação da imunocompetência e alternativas para a modulação nutricional de frangos de corte**. 2005. 160 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

WALIA, K.; ARGÜELLO, H.; LYNCH, H.; LEONARD, F. C.; GRANT, J.; YEARSLEY, D.; KELLY, S.; DUFFY, G.; GARDINER, G.E.; LAWLOR, P. G. Effect of feeding sodium butyrate in the late finishing period on *Salmonella* carriage, seroprevalence, and growth of finishing pigs. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 131, p. 79-86, 2016.

ZHOU, Z.; NIE, K.; HUANG, Q.; LI, K.; SUN, Y.; ZHOU, R.; WANG, Z.; HU, S. Changes of cecal microflora in chickens following *Eimeria tenella* challenge and regulating effect of coated sodium butyrate. **Experimental Parasitology**, v. 177, p. 73-81, 2017.

**CAPÍTULO II - Butirato de sódio microencapsulado em  
alternativa ao uso de avilamicina em dietas para frangos de  
corte desafiados com *Eimeria* spp.**

## 1 INTRODUÇÃO

Com a restrição do uso de antibióticos como melhoradores de desempenho pela União Europeia (NASCIMENTO, 2013), fez-se necessário buscar alternativas que possam substituí-los. Diversas pesquisas envolvendo os ácidos orgânicos vêm sendo estudadas e, em alguns casos, os resultados são positivos, porém com ressalvas quanto ao tipo de ácido e quanto às concentrações que podem ser inclusas nas dietas para frangos de corte.

Sabe-se que em relação ao desafio sanitário imposto aos frangos de corte, os antibióticos são mais eficientes se comparados aos ácidos, pois estes atuam como bacteriostáticos e/ou bactericidas agindo em uma bactéria específica ou atuando em amplo espectro, eliminando as bactérias patogênicas e as não patogênicas, podendo causar até mesmo a resistência de algumas bactérias.

Os ácidos orgânicos, por sua vez, atuam na diminuição do pH do meio, eliminando bactérias patogênicas que não toleram um pH mais ácido, proporcionando um ambiente intestinal mais saudável para o desenvolvimento da microbiota benéfica dos frangos de corte (VAN IMMERSEEL *et al.*, 2006).

Visando buscar resultados que possam melhorar essa realidade, o uso de ácidos orgânicos protegidos vem sendo explorado em diversas pesquisas (CHAMBA *et al.*, 2014; EDMONDS *et al.*, 2014; ABDELQADER; AL-FATAFTAH, 2016; SONG *et al.*, 2017; DEEPA *et al.*, 2018; HEJDYSZ *et al.*, 2018; GAO *et al.*, 2019; SABOUR *et al.*, 2019), uma vez que o microencapsulamento permite que o ácido seja liberado no intestino preferencialmente, de forma lenta, para que a acidificação permaneça constante por tempo prolongado, dificultando a sobrevivência de bactérias

nocivas ao frango (VAN IMMERSEEL *et al.*, 2003).

Alguns dos ácidos orgânicos também se encontram disponíveis na forma de sais de sódio, potássio ou cálcio. Uma das vantagens destes sais em relação aos ácidos é que geralmente apresentam um odor menos acentuado e apresentam-se na forma sólida, facilitando seu processamento e inclusão nas dietas (ROCHA, 2013).

O ácido butírico ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) é obtido da fermentação de carboidratos, sendo um líquido oleoso com odor de rancidez e densidade de 0,959 (VIOLA; VIEIRA, 2007). Juntamente com o seu sal estável (butirato de sódio), é um produto com grande potencial para substituição dos quimioterápicos, devido à sua característica multifuncional que o diferencia dos demais ácidos orgânicos, sendo uma fonte energética preferencial para as células intestinais, atuando sobre o crescimento e a integridade da mucosa, favorecendo a absorção de nutrientes e atuando positivamente sobre a atividade da microbiota intestinal, favorecendo microrganismos benéficos e controlando os patogênicos (KESSLER, 2005).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do butirato de sódio microencapsulado em substituição aos antibióticos sobre o desempenho zootécnico, hematologia e escore de lesão intestinal, alometria de órgãos do TGI, além da contagem de oocistos nas excretas de frangos de corte desafiados com *Eimeria acervulina*, *E. maxima* e *E. tenella*.

## 2 HIPÓTESE

O butirato de sódio microencapsulado pode auxiliar na recuperação do desempenho, hematologia, escore de lesão intestinal, alometria dos órgãos do

TGI e contagem de oocistos nas excretas de frangos de corte desafiados com *Eimeria* spp.?

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos realizados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA, da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP - Câmpus de Dracena, registrada com o protocolo nº 18/2018. O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura desta Instituição, entre os meses de junho e agosto de 2019.

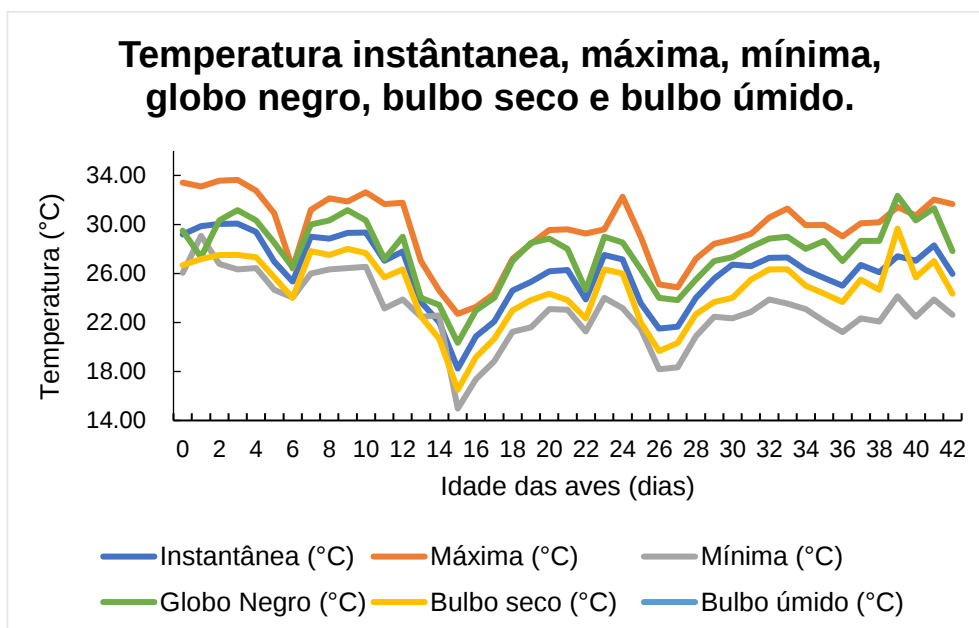
Como medida de manejo pré-inicial, o galpão, as cortinas e os equipamentos foram lavados e todas as práticas de manejo realizadas seguiram as orientações técnicas do manual da linhagem *Ross* conforme as necessidades das aves. Os boxes foram equipados com bebedouro pendular automático e comedouro infantil do tipo tubular, que foram substituídos aos 10 dias de idade por comedouros adultos do tipo tubular. Os bebedouros eram lavados diariamente e suspensos de acordo com o crescimento das aves. O programa de luz adotado foi de 23 horas de luz (0 a 5 dias de idade), 12h de luz (6 a 21 dias de idade), 18h de luz (22 a 35 dias de idade) e 20h de luz (36 a 42 dias de idade), conforme recomendações do manual de manejo de frangos de corte *Ross* (AVIAGEN, 2018).

Para o aquecimento inicial dos pintos foi utilizada lâmpada infravermelha de 250 watts por boxe e retirada no sétimo dia de vida das aves. O controle da temperatura e da ventilação foi realizado manualmente, manejando-se as cortinas laterais do galpão e também por meio de ventiladores. Termômetros de máxima, mínima, bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro foram utilizados

para controle da temperatura e umidade relativa do ar, sendo aferidos os dados diariamente às 8h00, 12h00 e 17h00 horas.

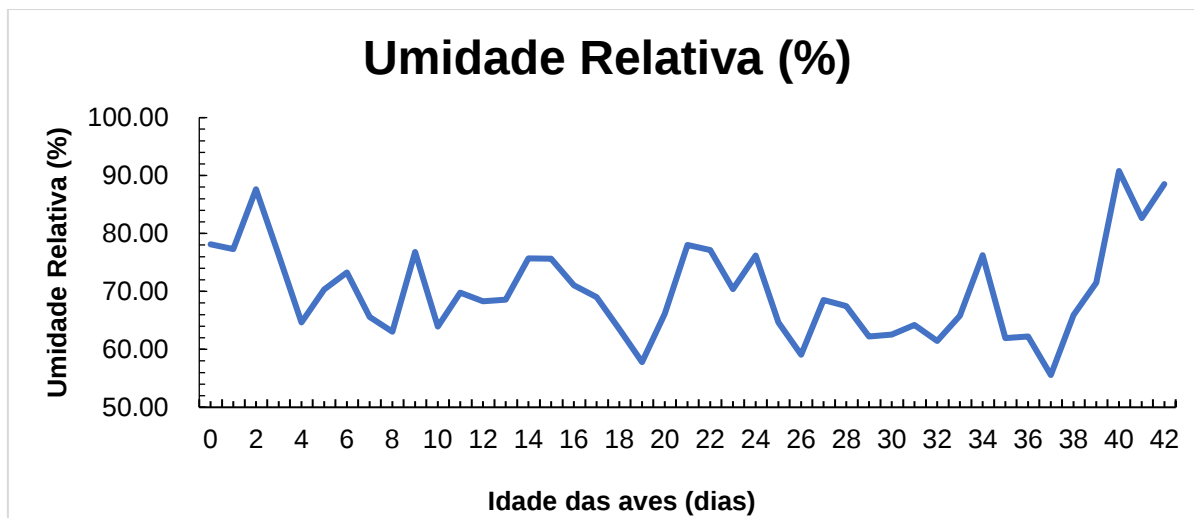
As médias das temperaturas foram: instantânea,  $26,1 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$ ; máxima,  $29,6 \pm 2,9^{\circ}\text{C}$ ; mínima,  $22,9 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$ ; globo negro,  $27,7 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$ ; bulbo seco,  $24,6 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$  e bulbo úmido,  $18,2 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$  (Figura 1). A umidade relativa do ar média foi de  $70,1 \pm 8,2\%$  (Figura 2). O índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), de acordo com cada fase de criação, foi: 77,81 (7 dias); 74,65 (14 dias); 70,29 (21 dias); 71,32 (28 dias); 74,22 (35 dias) e, 73,60 (42 dias) (Figura 3).

**Figura 1** - Temperatura instantânea, máxima, mínima, globo negro, bulbo seco e bulbo úmido em galpão experimental de frangos de corte durante 42 dias.



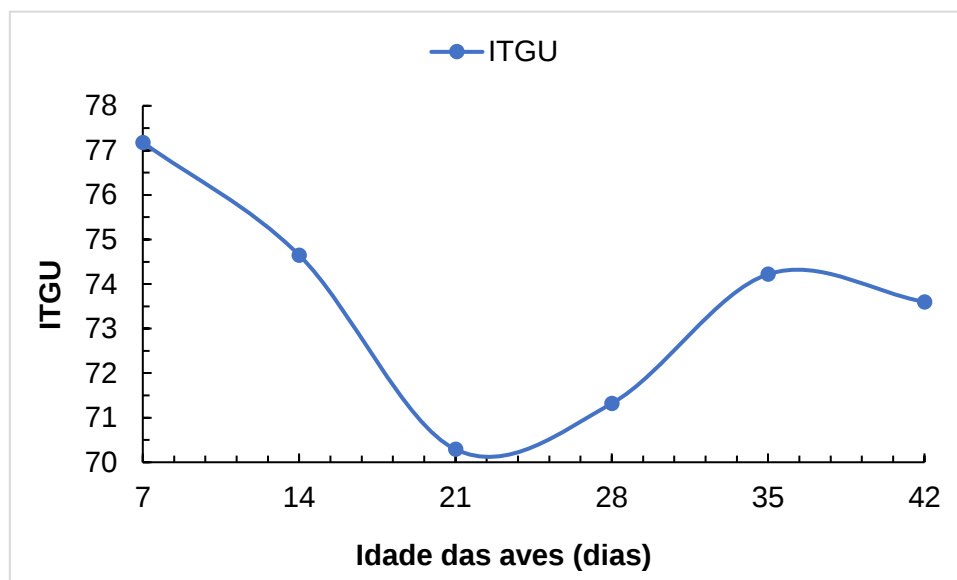
Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 2** - Umidade relativa do ar em galpão experimental de frangos de corte durante os 42 dias.



Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 3** - Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) dos frangos de corte de acordo com cada fase de criação.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.1 Aves e Tratamentos

Foram alojados 1.050 pintos de corte, machos, com um dia de idade, da linhagem Ross®, provenientes de um incubatório comercial, vacinados previamente contra Gumboro, Marek e Bouba aviária, e criados até os 42 dias de idade. As aves foram alojadas em aviário experimental com 30 boxes de 2,5m<sup>2</sup> (Figura 4), sendo distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições, contendo 35 aves por repetição, criadas em piso com cama de casca de arroz. Os tratamentos experimentais foram:

CN (controle negativo) - Ração basal (aves não desafiadas);

CND (controle negativo com desafio) - Ração basal (aves desafiadas);

0,10% - Ração basal + 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (aves desafiadas);

0,15% - Ração basal + 1.500 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (aves desafiadas);

0,20% - Ração basal + 2.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (aves desafiadas);

AVL - Ração basal + avilamicina (20g/t) (aves desafiadas).

**Figura 4** - Vista interna do galpão de frangos de corte.



Fonte: Elaborado pela autora.

Antes do alojamento foram aferidos o peso médio inicial dos pintos para calcular a distribuição do peso médio dos boxes, que foi de 48,2 gramas, ficando dentro de uma faixa com no máximo 5% de amplitude (2,5% para baixo até 2,5% para cima) em relação à média, a fim de que não ocorresse efeito do peso médio inicial das aves no experimento ( $P>0,05$ ).

## 2.2 Rações Experimentais

O programa de arraçãoamento foi dividido em quatro fases: pré-inicial, 1 a 7 dias; inicial, 8 a 21 dias; crescimento, 22 a 33 dias; e final, 34 a 42 dias; sendo as rações compostas a base de milho e farelo de soja, e formuladas com níveis isoenergéticos e isoaminoacídicos, de acordo com os valores preconizados por Rostagno *et al.* (2017) (Tabela 1). Água e ração foram fornecidas *ad libitum*, por meio de comedouros tubulares e bebedouros pendulares.

Os tratamentos foram obtidos pela inclusão dos aditivos em substituição ao caulim. O suplemento vitamínico e mineral utilizado não continha em sua composição melhoradores de desempenho em nenhuma das fases de arraçoamento, sendo adicionados à ração de acordo com as recomendações do fabricante.

**Tabela 1** - Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais.

| Ingredientes, %                      | Dietas <sup>1</sup> |              |              |              |
|--------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      | Pré-inicial         | Inicial      | Crescimento  | Terminação   |
| Milho                                | 57,01               | 58,58        | 63,77        | 69,56        |
| Farelo de soja                       | 36,07               | 34,06        | 28,62        | 23,90        |
| Óleo de soja                         | 2,469               | 3,245        | 3,820        | 3,408        |
| Cloreto de colina 60                 | 0,072               | 0,063        | 0,058        | 0,043        |
| Sal                                  | 0,534               | 0,517        | 0,493        | 0,467        |
| Fosfato bicálcico                    | 1,645               | 1,449        | 1,521        | 0,994        |
| Calcário calcítico                   | 1,151               | 1,049        | 0,730        | 0,783        |
| L-lisina                             | 0,238               | 0,239        | 0,245        | 0,253        |
| DL- metionina                        | 0,320               | 0,302        | 0,257        | 0,216        |
| L-treonina                           | 0,045               | 0,042        | 0,036        | 0,028        |
| Suplemento mineral <sup>2</sup>      | 0,050               | 0,050        | 0,050        | 0,050        |
| Suplemento vitamínico <sup>3</sup>   | 0,200               | 0,200        | 0,200        | 0,100        |
| Caulim <sup>4</sup>                  | 0,200               | 0,200        | 0,200        | 0,200        |
| <b>Total</b>                         | <b>100,0</b>        | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> | <b>100,0</b> |
| Valores Calculados                   |                     |              |              |              |
| EMA, kcal/kg                         | 2.975               | 3.050        | 3.150        | 3.200        |
| PB, %                                | 21,29               | 20,48        | 18,40        | 16,69        |
| Metionina <sup>5</sup> , %           | 0,6284              | 0,6012       | 0,5318       | 0,4716       |
| Metionina + cistina <sup>5</sup> , % | 0,9670              | 0,9290       | 0,8320       | 0,7500       |
| Lisina <sup>5</sup> , %              | 1,3070              | 1,2560       | 1,1240       | 1,0140       |
| Treonina <sup>5</sup> , %            | 0,8630              | 0,8290       | 0,7420       | 0,6690       |
| Triptofano <sup>5</sup> , %          | 0,2651              | 0,2531       | 0,2214       | 0,1947       |
| Valina <sup>5</sup> , %              | 1,0060              | 0,9670       | 0,8650       | 0,7810       |
| Cálcio <sup>5</sup> , %              | 0,9710              | 0,8780       | 0,7580       | 0,6340       |
| Fósforo <sup>5</sup> , %             | 0,4070              | 0,3680       | 0,3740       | 0,2710       |
| Sódio, %                             | 0,2250              | 0,2180       | 0,2080       | 0,1970       |
| Colina, mg/kg                        | 375                 | 330          | 300          | 225          |
| Ácido linoleico, %                   | 2,6326              | 3,0573       | 3,4219       | 3,2835       |

<sup>1</sup>Pré-inicial, 1-7 dias de idade; Inicial, 8-21 dias de idade; Crescimento, 22-33 dias de idade; Final, 34-42 dias de idade.

<sup>2</sup>Suplemento mineral para frangos de corte (níveis de garantia por kg de ração): Cu, 9 mg; I, 1 mg; Zn, 60 mg; Fe, 30 mg; Mn, 60 mg.

<sup>3</sup>Suplemento vitamínico para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial (níveis de garantia por kg de ração): vitamina A, 11.000,00 UI; vitamina D3, 2.000,00 UI; vitamina E, 16,00 UI; vitamina K3, 1,50 mg; vitamina B1, 1,20 mg; vitamina B2, 4,50 mg; vitamina B6, 2,00 mg; vitamina B12, 16,00 mcg; ácido fólico, 0,40 mg; ácido pantotênico, 9,20 mg; biotina, 0,06 mg; niacina, 35 mg; Se, 0,25 mg. Suplemento vitamínico para frangos de corte na fase de crescimento (níveis de garantia por kg de ração): vitamina A, 9.000,00 UI; vitamina D3, 1.600,00 UI; vitamina E, 14,00 UI; vitamina K3, 1,50 mg; vitamina B1, 1,00 mg; vitamina B2, 4,00 mg; vitamina B6, 1,80 mg; vitamina B12, 12,00 mcg; ácido fólico, 0,30 mg; ácido pantotênico, 8,28 mg; biotina, 0,05 mg; niacina, 30 mg; Se, 0,25 mg. Suplemento vitamínico para frangos de corte na fase final (níveis de garantia por kg de ração): vitamina A, 3.000,00 UI; vitamina D3, 500,00 UI; vitamina E, 5,00 UI; vitamina K3, 0,50 mg; vitamina B1, 0,30 mg; vitamina B2, 1,00 mg; vitamina B6, 0,40 mg; vitamina B12, 3,00 mcg; ácido pantotênico, 3,68 mg; biotina, 0,015 mg; niacina, 5 mg; Se, 0,20 mg.

<sup>4</sup>Os tratamentos foram obtidos pela inclusão dos aditivos em substituição ao inerte: Dieta sem aditivo, 0,20% de inerte. Dieta com 0,10% de BSM (butirato de sódio microencapsulado) 0,10% de BSM + 0,10% de inerte. Dieta com 0,15% de BSM, 0,15% de BSM, + 0,05% de inerte. Dieta com 0,20% de BSM, 0,20% de BSM. Dieta com antibiótico: 0,005% de avilamicina + 0,195% de inerte.

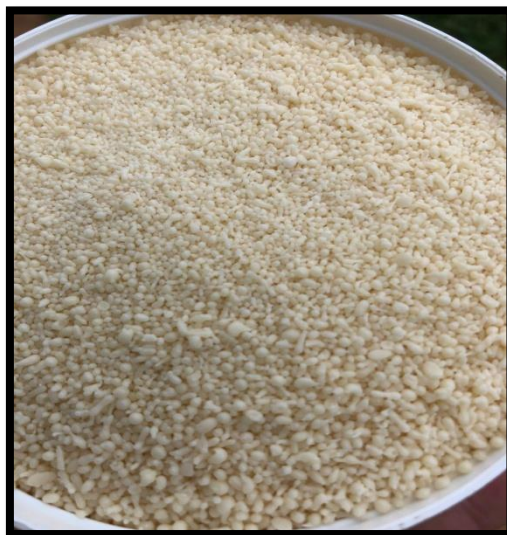
<sup>5</sup>Valores digestíveis.

Fonte: Elaborado pela autora

O ácido butírico utilizado neste estudo é um produto comercial e foi doado pela empresa responsável pelo produto. Contém 30% de butirato de sódio e é revestido em óleo de palma (Figura 5), chegando ao local desejado de atuação em maior concentração, devido aos lipídios serem digeridos principalmente no intestino delgado, prevenindo a dissociação deste ácido nos órgãos anteriores do trato gastrointestinal.

O antibiótico utilizado foi a avilamicina 20% (20 g/t, com 10 g de atividade de avilamicina).

**Figura 5** - Grânulos de butirato de sódio microencapsulado em óleo de palma.



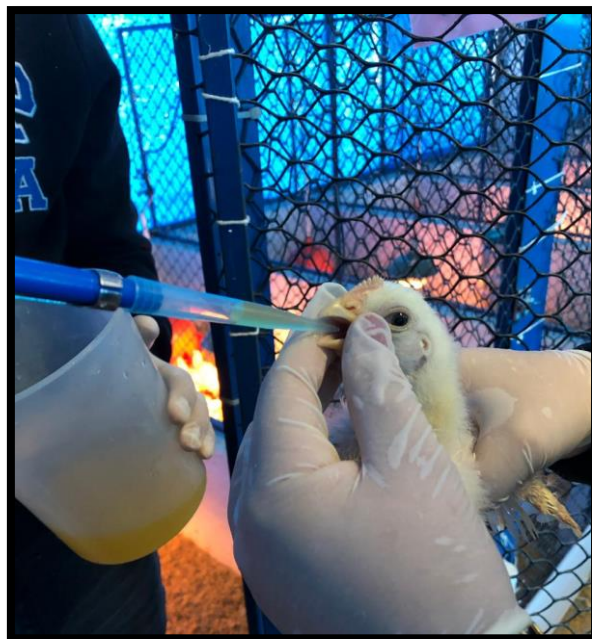
Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.3 Desafio Sanitário

Foi adaptado um protocolo que consistiu em inocular via oral, aos 16 dias de idade, 0,5 mL de suspensão contendo *Eimeria acervulina*, *E. máxima* e *E. tenella* para causar moderadas lesões no epitélio intestinal das aves (FREITAS *et al.*, 2008). As concentrações utilizadas foram de  $2 \times 10^5$  oocistos

esporulados/ave de *E.acervulina* e  $2 \times 10^4$  oocistos esporulados/ave de *E. máxima* e *E.tenella* (HOLDSWORTH *et al.*, 2004), sendo todas acondicionadas em um *becker* de vidro e diluídas em água destilada. O processo de inoculação ocorreu individualmente, em que cada um dos frangos foi contido manualmente e com o auxílio de uma pipeta automática receberam então a suspensão (Figura 6), aumentando assim a veracidade do desafio. O tratamento não desafiado recebeu 0,5 mL de solução salina (placebo). As três espécies foram escolhidas pela importância que representam na produção de frangos de corte devido à alta incidência e perdas econômicas que podem causar (WILLIAMS, 1999,2005).

**Figura 6** - Inoculação via oral dos oocistos de *Eimeria* spp.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.4 Características Avaliadas

### 2.4.1 Desempenho

As variáveis de desempenho analisadas foram: ganho de peso médio (GPM), calculado nos períodos acumulados de 1 a 14, 1 a 21 e 1 a 42 dias, sendo avaliado pela diferença entre o peso corporal médio no período e o peso corporal médio no alojamento; consumo de ração médio (CRM), mensurado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e a consumida, corrigido pelo número de aves mortas; conversão alimentar (CA), obtida pela razão entre o CRM e o GPM das aves, corrigido pelo peso das aves mortas. A viabilidade de cada unidade experimental foi obtida pela subtração: 100 - mortalidade. A mortalidade foi medida diariamente entre às 7h00 e 19h00, sendo que as aves mortas depois das 19h00 entraram na contagem da mortalidade do dia seguinte. O valor obtido foi calculado em porcentagem. O fator de eficiência produtiva foi avaliado ao final do experimento (42 dias de idade) pela seguinte fórmula:

$$FEP = (((VIAB \times GPMD) / CA) / 10)$$

Em que: FEP = fator de eficiência produtiva; VIAB = viabilidade (%); GPMD = ganho de peso médio diário (g), calculado pela razão entre o ganho de peso médio e o número de dias do experimento; CA = conversão alimentar.

### 2.4.2 Variáveis hematológicas: Hematócrito, hemoglobina e índices de Wintrobe, número de eritrócitos, contagem total e diferencial das células de defesa

Aos 14, 21 e 42 dias de idade, as aves foram amostradas e realizada a colheita de 3 mL de sangue de 10 aves/tratamento, através de punção da veia

braquial. Foi determinado, no sangue total heparinizado, o hematócrito através de centrífuga de microhematócrito, na qual foi utilizado capilar que foi centrifugado a 1.200 rpm por 5 min, e posteriormente os resultados foram estimados em porcentagem por meio de tabelas específicas.

A determinação da concentração de hemoglobina foi realizada por meio do método de cianometahemoglobina (CAMPBELL, 1998) e por meio de fórmulas padronizadas foram calculados os índices de Wintrobe. A contagem do número de células total e diferencial em extensões sanguíneas (CHARLES NORIEGA, 2000) foi realizada em amostra de sangue contendo solução de Natt e Herrick's, em uma diluição de 1:200. A contagem total dos eritrócitos foi realizada em câmara de Neubauer, e dos leucócitos em extensão sanguínea em lâminas de vidro coradas com Panótico Rápido.

#### **2.4.2.1 Relação heterófilo/linfócito**

A avaliação da relação heterófilo/linfócito foi analisada em 5.000 células sanguíneas de 10 aves/tratamento, através da diferenciação da quantidade de heterófilos e linfócitos observados de acordo com metodologia descrita por Ruiz *et al.* (2002). A relação heterófilos/linfócitos foi calculada de acordo com Gross e Siegel (1983).

#### **2.4.3 Contagem de oocistos e Escores de lesão do epitélio intestinal**

Aos 4, 5, 6 e 7 dias após a inoculação, foram coletadas amostras de excretas de cada unidade experimental para contagem de oocistos. As excretas mais frescas presentes na cama no período da manhã, foram coletadas, guardadas em sacos plásticos individuais, identificadas, e armazenadas na geladeira até a data da análise. Para a realização da análise,

as amostras foram homogeneizadas e pesados dois gramas de cada amostra para diluição em 28 mL de solução saturada de NaCl (GORDON; WITHLOCK, 1939). Após agitação, a solução foi filtrada e uma alíquota foi introduzida em câmara de *MacMaster* na qual a contagem foi realizada com auxílio de microscópio óptico com objetiva de 10x. Os resultados dessa contagem foram expressos em número de oocistos por grama de fezes (oopg) (HODGSON, 1970).

Aos 21 e 42 de idade foram avaliados os escores de lesão no intestino delgado (JOHNSON, REID, 1970), sendo realizados separadamente para cada espécie de *Eimeria*.

A metodologia de leitura para *E. acervulina* consistiu em: lesão zero (ausência de lesões); um (pontos ou estrias brancas esparsas até 5 por cm<sup>2</sup> e restritas ao duodeno); dois (pontos ou estrias brancas mais numerosas que se estendem até o meio do duodeno); três (pontos ou estrias brancas já coalescentes com redução de tamanho se estendendo até o divertículo; parede intestinal engrossada) e quatro (pontos e estrias brancas completamente coalescentes dando à mucosa do intestino uma coloração acinzentada; lesões típicas somente no intestino médio; parede intestinal engrossada). A metodologia de leitura para *E. maxima* consistiu em: lesão zero (ausência de lesões); um (pequenas petéquias avermelhadas no duodeno; pequena quantidade de muco alaranjado); dois (superfície serosa salpicada com numerosas petéquias vermelhas, intestino com muco alaranjado); três (parede intestinal intumescida e espessa; superfície mucosa é rugosa e com muco alaranjado); quatro (parede intestinal fortemente espessada; contém numerosos coágulos). A metodologia de leitura para *E. tenella* consistiu em:

lesão zero (ausência de lesões); um (poucas petéquias espalhadas pela parede do ceco); dois (lesões com sangue mais numerosas no conteúdo cecal); três (parede intestinal espessada; grande quantidade de sangue); quatro (parede cecal muito distendida; bolsas cecais com sangue).

#### **2.4.4 Peso Relativo de Órgãos**

Aos 14, 21 e 42 dias de idade, foram retiradas duas aves por boxe e insensibilizadas por meio de deslocamento da articulação atlanto-occipital, seguida por sangria para avaliação das reações que ocorrem no organismo e no trato gastrointestinal (TGI) das aves, a fim de compreender os mecanismos que afetam a digestão dos nutrientes das dietas testadas. Assim, foi determinado o peso relativo de órgãos e o comprimento dos intestinos delgado e grosso. Foram retirados e pesados: baço, pâncreas, moela, proventrículo, fígado, intestino delgado e intestino grosso para determinação do peso relativo e, realizada a medida de comprimento dos intestinos delgado e grosso. Baço, pâncreas, proventrículo e fígado foram pesados imediatamente após serem retirados e, a moela foi aberta e pesada após remoção do seu conteúdo. Depois de retirados, os intestinos delgado e grosso foram separados por secções no local onde o duodeno emerge da moela e no início do ceco, sendo posteriormente pesados e medidos. A mensuração do intestino grosso foi considerada pelo comprimento do cólon e reto somado ao comprimento dos cecos.

#### **2.5 Análise Estatística**

As análises dos dados foram realizadas com auxílio do SAS Institute (2012), com critério de 5% de significância. Primeiramente, foram realizadas as

análises de normalidade dos resíduos pelo Teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE) e de homogeneidade das variâncias. Os dados que não apresentaram normalidade residual pelo teste de Shapiro-Wilk foram submetidos a transformação logarítmica. Posteriormente, obedecendo às premissas citadas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo PROC GLM e quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de significância.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Desempenho**

Na fase de 1 a 14 dias (Tabela 2) observa-se que não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre tratamentos para nenhuma das variáveis de desempenho estudadas. Este fato pode ser atribuído à ausência de desafio sanitário, uma vez que as aves sofreram inoculação com *Eimeria* spp. somente aos 16 dias de idade.

**Tabela 2** - Desempenho de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| Variáveis <sup>1</sup> | Dietas <sup>2</sup> |        |        |        |        | EPM <sup>3</sup> | P      |
|------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|
|                        | CN                  | 0,10   | 0,15   | 0,20   | AVL    |                  |        |
| <b>GPM (g)</b>         | 403,44              | 422,70 | 411,55 | 414,22 | 420,99 | 3,153            | 0,2858 |
| <b>CRM (g)</b>         | 507,01              | 516,08 | 514,10 | 504,84 | 516,22 | 2,714            | 0,4596 |
| <b>CA</b>              | 1,25                | 1,22   | 1,25   | 1,23   | 1,23   | 0,004            | 0,1045 |
| <b>VB (%)</b>          | 99,43               | 99,43  | 98,27  | 97,71  | 97,14  | 0,508            | 0,6933 |

<sup>1</sup>GPM, ganho de peso médio; CRM, consumo de ração médio; CA, conversão alimentar; VB, viabilidade.

<sup>2</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); 0,10%, inclusão de 1.000 mg/kg de butírico de sódio microencapsulado (BSM); 0,15

%, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20%; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>3</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

No período de 1 a 21 dias (Tabela 3) foi observada diferença entre dietas para GPM e CRM. Nota-se que o fornecimento de dieta sem aditivo e sem inoculação de *Eimerias*, proporcionou às aves maior GPM ( $P < 0,001$ ) em comparação aos demais tratamentos, salientando que o desafio sanitário foi eficiente e que os frangos inoculados sofreram queda no desempenho. Essas aves também apresentaram o maior CRM, embora semelhantes às demais aves, diferindo-se ( $P = 0,0103$ ) apenas das aves que receberam 2.000 mg/kg do butírico de sódio microencapsulado (BSM).

**Tabela 3** - Desempenho de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| Variáveis <sup>1</sup> | CN <sup>2</sup> | Desafiadas <sup>3</sup> |           |           |          |           | EPM <sup>4</sup> | P      |
|------------------------|-----------------|-------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------------|--------|
|                        |                 | CND                     | 0,10      | 0,15      | 0,20     | AVL       |                  |        |
| 21 dias                |                 |                         |           |           |          |           |                  |        |
| GPM (g)                | 839,96a         | 783,45b                 | 760,60b   | 756,14b   | 745,98b  | 761,02b   | 7,039            | <0,001 |
| CRM (g)                | 1129,71a        | 1097,24ab               | 1073,60ab | 1078,22ab | 1047,15b | 1086,32ab | 6,956            | 0,0103 |
| CA                     | 1,40            | 1,47                    | 1,44      | 1,45      | 1,47     | 1,44      | 0,008            | 0,1983 |
| VB (%)                 | 98,86           | 97,14                   | 96,00     | 94,86     | 97,14    | 92,57     | 0,793            | 0,2837 |
| 42 dias                |                 |                         |           |           |          |           |                  |        |
| GPM (g)                | 2914,35         | 2847,26                 | 2775,60   | 2761,80   | 2767,80  | 2768,20   | 19,507           | 0,1212 |
| CRM (g)                | 4776,69         | 4742,38                 | 4730,55   | 4623,46   | 4659,83  | 4665,20   | 27,408           | 0,6066 |
| CA                     | 1,73b           | 1,76ab                  | 1,87a     | 1,85ab    | 1,83ab   | 1,88a     | 0,014            | 0,0108 |
| VB (%)                 | 93,14           | 90,86                   | 88,57     | 86,28     | 90,86    | 84,00     | 1,168            | 0,2264 |
| FEP                    | 373,31a         | 349,53ab                | 312,71b   | 308,56b   | 328,06ab | 297,27b   | 6,994            | 0,0055 |

<sup>1</sup>GPM, ganho de peso médio; CRM, consumo de ração médio; CA, conversão alimentar; VB, viabilidade.

<sup>2</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); CND, controle negativo com desafio (sem aditivo); 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butírico de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>3</sup>Frangos inoculados aos 16 dias com *Eimeria acervulina* (2x10<sup>5</sup> oocistos esporulados/mL), *E. máxima* e *E. tenella* (2x10<sup>4</sup> oocistos esporulados/mL) no volume de 0,5 mL por ave.

<sup>4</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Aos 42 dias de idade (Tabela 3) os frangos diferiram apenas na CA e FEP. A melhor CA ( $P=0,0108$ ) e maior fator de produção ( $P=0,0055$ ) deu-se nas aves que não foram inoculadas e nem receberam qualquer aditivo na ração, mostrando novamente, o poder do desafio imposto.

### **3.2 Variáveis hematológicas e bioquímicas**

As variáveis hematológicas (Tabela 4) mostram que aos 14 dias de idade (período antes da inoculação), não houve diferença para as variáveis analisadas.

**Tabela 4** - Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| Variáveis                                           | Dietas <sup>1</sup> |           |           |           |           | EPM <sup>6</sup> | P      |
|-----------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|--------|
|                                                     | CN                  | 0,10      | 0,15      | 0,20      | AVL       |                  |        |
| <b>Hematócrito (%)</b>                              | 22,10               | 23,10     | 20,40     | 20,70     | 22,30     | 0,641            | 0,6909 |
| <b>Eritrócitos (x10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>)</b> | 1,35                | 1,47      | 1,27      | 1,48      | 1,32      | 0,044            | 0,8019 |
| <b>Hemoglobina (g/dL)</b>                           | 16,13               | 17,55     | 15,54     | 13,22     | 15,33     | 0,484            | 0,1947 |
| <b>Leucócitos (cel/mm<sup>3</sup>)</b>              | 22.209,50           | 22.178,26 | 22.402,50 | 24.164,00 | 20.266,88 | 1.910,83         | 0,9897 |
| <b>VCM (mm<sup>3</sup>)<sup>2</sup></b>             | 172,82              | 164,80    | 192,64    | 151,56    | 164,98    | 7,713            | 0,7850 |
| <b>HCM (pg/célula)<sup>3</sup></b>                  | 129,40              | 84,52     | 143,93    | 114,91    | 105,80    | 6,253            | 0,0945 |
| <b>CHCM (g/dL)<sup>4</sup></b>                      | 73,53               | 53,73     | 77,28     | 74,80     | 70,01     | 2,585            | 0,1008 |
| <b>Heterófilo (cel/mm<sup>3</sup>)</b>              | 2.910,95            | 2.331,35  | 2.336,50  | 2.467,38  | 2.291,47  | 329,210          | 0,9107 |
| <b>Linfócito (cel/mm<sup>3</sup>)</b>               | 3.388,68            | 2.998,95  | 3.780,68  | 4.045,01  | 2.819,02  | 487,634          | 0,9230 |
| <b>Relação H:L<sup>5</sup></b>                      | 0,95                | 1,25      | 0,99      | 1,44      | 0,83      | 0,121            | 0,2194 |

<sup>1</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20, inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>2</sup>VCM, volume corpuscular médio.

<sup>3</sup>HCM, hemoglobina corpuscular média.

<sup>4</sup>CHCM, concentração de hemoglobina corpuscular média.

<sup>5</sup>H:L, relação heterófilo:linfócito.

<sup>6</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Os frangos apresentaram baixos valores de hematócrito e altos índices de hemoglobina, HCM (hemoglobina corpuscular média) e CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média). O hematócrito é um parâmetro laboratorial que indica o percentual de células vermelhas ou eritrócitos no volume total de sangue sendo importante para identificar e diagnosticar algumas situações como a anemia. As mudanças observadas, menor número de hemácias, maior concentração de hemoglobina e aumento na CHCM ocorridas no sangue dos frangos que estavam submetidos ao estresse por frio são parte de suas respostas termorregulatórias.

Aos 21 dias (Tabela 5) observa-se diferença ( $P=0,0512$ ) na variável hematócrito em que aves desafiadas apresentaram menores valores que as não-desafiadas, indicando possível quadro de anemia, devido às perdas de sangue pelas lesões causadas no intestino.

**Tabela 5** - Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| Variáveis                                        | Desafiados <sup>2</sup> |           |           |           |           |           | EPM <sup>7</sup> | P      |
|--------------------------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|--------|
|                                                  | CN <sup>1</sup>         | CND       | 0,10      | 0,15      | 0,20      | AVL       |                  |        |
| 21 dias                                          |                         |           |           |           |           |           |                  |        |
| Hematócrito (%)                                  | 28,60                   | 22,70     | 22,10     | 20,88     | 22,90     | 21,10     | 0,818            | 0,0512 |
| Eritrócitos (x10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> ) | 1,90                    | 1,80      | 1,73      | 1,67      | 1,46      | 1,42      | 0,058            | 0,0882 |
| Hemoglobina (g/dL)                               | 5,59                    | 6,54      | 5,98      | 6,36      | 6,42      | 6,13      | 0,277            | 0,8785 |
| Leucócitos (cel/mm <sup>3</sup> )                | 48.201,50               | 64.715,60 | 47.579,72 | 56.690,50 | 58.113,00 | 48.345,00 | 3.752,57         | 0,7457 |
| VCM (mm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>              | 153,83                  | 150,91    | 127,33    | 138,46    | 120,10    | 162,15    | 6,919            | 0,4885 |
| HCM (pg/célula) <sup>4</sup>                     | 29,90                   | 39,08     | 36,76     | 37,60     | 45,70     | 47,05     | 1,975            | 0,1168 |
| CHCM (g/dL) <sup>5</sup>                         | 19,89                   | 34,54     | 31,56     | 34,13     | 42,32     | 33,14     | 2,497            | 0,2150 |
| Heterófilo (cel/mm <sup>3</sup> )                | 5.707,27                | 7.173,54  | 4.159,35  | 6.909,32  | 7.220,11  | 3.749,44  | 714,97           | 0,6195 |
| Linfócito (cel/mm <sup>3</sup> )                 | 6.296,50                | 7.377,55  | 8.566,78  | 7.366,62  | 11.115,04 | 8.277,44  | 746,07           | 0,5504 |
| Relação H:L <sup>6</sup>                         | 0,76                    | 0,73      | 0,67      | 0,86      | 0,68      | 0,50      | 0,064            | 0,7531 |
| 42 dias                                          |                         |           |           |           |           |           |                  |        |
| Hematócrito (%)                                  | 27,50                   | 27,20     | 27,80     | 28,60     | 26,60     | 26,00     | 0,467            | 0,7049 |
| Eritrócitos (x10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> ) | 2,86                    | 2,81      | 2,78      | 2,65      | 2,65      | 2,93      | 0,095            | 0,9609 |
| Hemoglobina (g/dL)                               | 5,08                    | 5,44      | 5,14      | 5,84      | 5,93      | 5,39      | 0,183            | 0,7258 |
| Leucócitos (cel/mm <sup>3</sup> )                | 68.266,64               | 79.178,75 | 51.016,00 | 68.911,50 | 59.985,00 | 72.363,50 | 5.578,46         | 0,7457 |
| VCM (mm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>              | 99,36                   | 93,56     | 102,36    | 111,54    | 119,60    | 102,90    | 4,794            | 0,7116 |
| HCM (pg/célula) <sup>4</sup>                     | 17,86                   | 18,96     | 20,64     | 20,02     | 24,22     | 22,12     | 0,896            | 0,3921 |
| CHCM (g/dL) <sup>5</sup>                         | 18,68                   | 20,76     | 21,22     | 18,68     | 20,65     | 22,42     | 0,741            | 0,6905 |
| Heterófilo (cel/mm <sup>3</sup> )                | 4.264,96                | 5.823,71  | 2.825,08  | 3.714,94  | 3.330,69  | 5.917,11  | 456,091          | 0,2361 |
| Linfócito (cel/mm <sup>3</sup> )                 | 7.196,91                | 12.140,27 | 6.617,20  | 7.781,85  | 3.391,50  | 5.780,98  | 940,783          | 0,1897 |
| Relação H:L <sup>6</sup>                         | 0,73                    | 0,72      | 0,83      | 0,90      | 1,16      | 1,04      | 0,077            | 0,5238 |

<sup>1</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); CND, controle negativo com desafio (sem aditivo) ; 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butírico de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>2</sup>Frangos inoculados aos 16 dias com *Eimeria acervulina* ( $2 \times 10^5$  oocistos esporulados/mL), *E. máxima* e *E. tenella* ( $2 \times 10^4$  oocistos esporulados/mL) no volume de 0,5 mL por ave.

<sup>3</sup>VCM, volume corpuscular médio.

<sup>4</sup>HCM, hemoglobina corpuscular média.

<sup>5</sup>CHCM, concentração de hemoglobina corpuscular média.

<sup>6</sup>H:L, relação heterófilo:linfócito.

<sup>7</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Para o grupo controle negativo desafiado e nas que receberam 1.500 mg/kg e 2.000 mg/kg de BSM, nota-se ainda aumento do número de leucócitos, importante célula para a defesa do organismo em casos de infecção, demonstrando que o sistema imune das aves estava reagindo aos efeitos causados pela inoculação de *Eimerias*.

Ao final do período de produção, 42 dias de idade (Tabela 5), os valores de hematócrito encontrados nas aves desafiadas e não-desafiadas assemelharam-se ( $P=0,7049$ ), e também foi observado aumento nos valores de eritrócitos com o passar da idade, demonstrando que as aves conseguiram se recuperar das lesões causadas pelos protozoários.

Os dados apresentados na Tabela 6 mostram as variáveis bioquímicas de frangos de corte aos 14 dias de idade.

**Tabela 6-** Variáveis bioquímicas de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| Variáveis                  | Dietas <sup>1</sup> |        |        |        |        | EPM <sup>2</sup> | P      |
|----------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|
|                            | CN                  | 0,10   | 0,15   | 0,20   | AVL    |                  |        |
| <b>Glicose (g/dL)</b>      | 216,34              | 205,97 | 209,09 | 220,17 | 211,80 | 2,834            | 0,7794 |
| <b>Proteína (g/dL)</b>     | 2,89                | 3,08   | 3,02   | 2,94   | 2,64   | 0,120            | 0,9190 |
| <b>Albumina(pg/célula)</b> | 2,65                | 2,24   | 2,72   | 2,07   | 2,34   | 0,097            | 0,3906 |

<sup>1</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>2</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Não foi encontrada diferença entre tratamentos para as variáveis bioquímicas do nesta idade.

Aos 14 dias, os níveis de glicose e proteína apresentaram-se dentro do valor padrão indicando homeostase, o que sugere que as aves estavam em condições normais. As aves regulam o metabolismo de glicose de maneira análoga à dos mamíferos, porém apresentam diferenças quantitativas; enquanto a concentração de glicose em uma vaca varia de 40 a 80 mg/dL, uma galinha pode apresentar valores de 130 a 270 mg/dL, variando de 200 a 500 mg/dL em aves saudáveis (SWENSON, O'REECE, 1996; SCHMIDT *et al.*, 2007).

Os dados apresentados na Tabela 7 mostram que não houve diferença para as variáveis estudadas nas idades de 21 e 42 dias de idade.

**Tabela 7** - Variáveis bioquímicas de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| Variáveis <sup>1</sup> | CN <sup>1</sup> | Desafiados <sup>2</sup> |        |        |        |        | EPM <sup>3</sup> | P      |
|------------------------|-----------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|
|                        |                 | CND                     | 0,10   | 0,15   | 0,20   | AVL    |                  |        |
| 21 dias                |                 |                         |        |        |        |        |                  |        |
| Glicose (g/dL)         | 236,23          | 220,58                  | 228,97 | 231,87 | 213,43 | 238,58 | 4,425            | 0,5915 |
| Proteína (g/dL)        | 3,43            | 2,54                    | 3,18   | 3,15   | 3,01   | 3,21   | 0,092            | 0,0951 |
| Albumina(pg/célula)    | 2,95            | 3,49                    | 3,20   | 3,09   | 3,20   | 3,35   | 0,098            | 0,7183 |
| 42 dias                |                 |                         |        |        |        |        |                  |        |
| Glicose (g/dL)         | 255,40          | 261,22                  | 248,83 | 251,33 | 267,89 | 241,22 | 4,944            | 0,7301 |
| Proteína (g/dL)        | 6,06            | 5,18                    | 5,01   | 5,81   | 4,93   | 5,30   | 0,168            | 0,3016 |
| Albumina(pg/célula)    | 2,36            | 2,77                    | 2,07   | 1,85   | 2,46   | 2,09   | 0,102            | 0,1017 |

<sup>1</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); CND, controle negativo desafiado (sem aditivo); 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>2</sup>Frangos inoculados aos 16 dias com *Eimeria acervulina* (2x10<sup>5</sup> oocistos esporulados/mL), *E. máxima* e *E. tenella* (2x10<sup>4</sup> oocistos esporulados/mL) no volume de 0,5 mL por ave.

<sup>3</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Aos 21 dias observa-se aumento da variável albumina em todos os tratamentos desafiados, em relação aos 14 dias, porém os níveis de glicose e proteína mantiveram-se normais. As proteínas plasmáticas estão agrupadas em duas grandes categorias, albumina e globulinas as quais tem muitas funções, embora as mais importantes estejam relacionadas com a manutenção da pressão osmótica do plasma, o transporte de substâncias através do corpo (hormônios, minerais), a imunidade, a ação tampão e a regulação das enzimas (SWENSON; O'REECE, 1996; BOETTCHER, 2004).

Ao final do período de criação, a melhora na imunidade das aves é notada pelo aumento nos níveis de proteína, o que pode demonstrar que o sistema imune está se recuperando, já que estas atuam na defesa do organismo por meio da modulação de anticorpos e células de defesa (MELILLO, 2013).

### **3.3 Peso Relativos de Órgãos**

Os dados apresentados na Tabela 8 mostram o peso relativo de órgãos do trato gastrintestinal (TGI) e o comprimento dos intestinos delgado e grosso aos 14 dias de idade.

**Tabela 8** - Peso relativo e comprimento de órgãos do sistema digestório de frangos de corte aos 14 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| PR <sup>1</sup>     | CN     | Dietas <sup>2</sup> |        |        | AVL    | EPM <sup>3</sup> | P      |
|---------------------|--------|---------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|
|                     |        | 0,10                | 0,15   | 0,20   |        |                  |        |
| <b>Baço (%)</b>     | 0,08   | 0,08                | 0,09   | 0,08   | 0,08   | 0,003            | 0,6919 |
| <b>Pâncreas (%)</b> | 0,36   | 0,36                | 0,44   | 0,39   | 0,34   | 0,009            | 0,0544 |
| <b>Moela (%)</b>    | 2,84   | 2,90                | 3,14   | 3,11   | 3,30   | 0,065            | 0,1364 |
| <b>Fígado (%)</b>   | 2,69   | 2,83                | 2,92   | 2,79   | 2,76   | 0,054            | 0,8910 |
| <b>PV (%)</b>       | 0,56   | 0,58                | 0,62   | 0,71   | 0,66   | 0,017            | 0,1237 |
| <b>ID (%)</b>       | 4,58   | 5,04                | 4,79   | 4,10   | 4,96   | 0,124            | 0,2614 |
| <b>IG (%)</b>       | 1,22   | 1,37                | 1,28   | 1,15   | 1,45   | 0,051            | 0,3649 |
| <b>Comprimento</b>  |        |                     |        |        |        |                  |        |
| <b>ID (cm)</b>      | 118,60 | 114,40              | 121,80 | 115,80 | 116,40 | 2,217            | 0,9573 |
| <b>IG (cm)</b>      | 41,40  | 41,60               | 46,20  | 40,80  | 43,80  | 0,888            | 0,5110 |

<sup>1</sup>PR, peso relativo; PV, proventrículo; ID, intestino delgado; IG, intestino grosso,

<sup>2</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>3</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Nota-se que não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre dietas para peso de órgãos e comprimento dos segmentos intestinais estudados, o que favorece a inclusão do BSM em alternativa ao antibiótico.

Para o período de 21 e 42 dias de idade (Tabela 9) houve diferença para fígado e pâncreas, respectivamente.

**Tabela 9** - Peso relativo e comprimento de órgãos do sistema digestório de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado em alternativa aos antibióticos.

| PR <sup>1</sup> | CN <sup>2</sup> | Desafiados <sup>3</sup> |        |        |        |        | EPM <sup>4</sup> | P      |
|-----------------|-----------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|
|                 |                 | CND                     | 0,10   | 0,15   | 0,20   | AVL    |                  |        |
| 21 dias         |                 |                         |        |        |        |        |                  |        |
| Baço (%)        | 0,18            | 0,19                    | 0,14   | 0,14   | 0,18   | 0,14   | 0,112            | 0,7071 |
| Pâncreas (%)    | 0,33            | 0,27                    | 0,30   | 0,26   | 0,32   | 0,29   | 0,009            | 0,1308 |
| Moela (%)       | 2,64            | 2,66                    | 2,32   | 2,54   | 2,37   | 2,53   | 0,061            | 0,5341 |
| Fígado (%)      | 2,44ab          | 1,80b                   | 2,65a  | 2,84a  | 2,62a  | 2,79a  | 0,089            | 0,0023 |
| PV (%)          | 0,47            | 0,53                    | 0,44   | 0,47   | 0,47   | 0,44   | 0,015            | 0,5693 |
| ID (%)          | 4,30            | 6,36                    | 5,94   | 5,87   | 5,59   | 5,02   | 0,229            | 0,1068 |
| IG (%)          | 1,37            | 1,75                    | 1,84   | 1,70   | 1,96   | 1,90   | 0,077            | 0,2971 |
| Comprimento     |                 |                         |        |        |        |        |                  |        |
| ID (cm)         | 125,20          | 134,60                  | 131,20 | 130,40 | 132,80 | 126,00 | 2,217            | 0,8919 |
| IG (cm)         | 51,80           | 44,20                   | 48,20  | 46,20  | 52,40  | 51,00  | 0,888            | 0,5763 |
| 42 dias         |                 |                         |        |        |        |        |                  |        |
| Baço (%)        | 0,08            | 0,09                    | 0,11   | 0,08   | 0,09   | 0,09   | 0,002            | 0,0575 |
| Pâncreas (%)    | 0,21ab          | 0,18b                   | 0,22ab | 0,24a  | 0,22ab | 0,24a  | 0,006            | 0,0266 |
| Moela (%)       | 1,74            | 1,64                    | 1,66   | 1,62   | 1,81   | 1,80   | 0,028            | 0,1564 |
| Fígado (%)      | 1,70            | 1,59                    | 1,66   | 1,75   | 1,88   | 1,74   | 0,032            | 0,2272 |
| PV (%)          | 0,35            | 0,33                    | 0,38   | 0,37   | 0,32   | 0,30   | 0,011            | 0,3265 |
| ID (%)          | 3,05            | 3,17                    | 2,90   | 3,07   | 3,33   | 3,31   | 0,090            | 0,7725 |
| IG (%)          | 0,77            | 0,88                    | 0,95   | 0,78   | 0,96   | 0,87   | 0,030            | 0,4397 |
| Comprimento     |                 |                         |        |        |        |        |                  |        |
| ID (cm)         | 164,00          | 160,20                  | 174,60 | 157,60 | 171,00 | 176,80 | 2,944            | 0,3154 |
| IG (cm)         | 64,00           | 66,00                   | 68,20  | 59,80  | 66,80  | 62,00  | 1,079            | 0,2081 |

<sup>1</sup>PR, peso relativo; PV, proventrículo; ID, intestino delgado; IG, intestino grosso,

<sup>2</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); CND, controle negativo com desafio (sem aditivo) ; 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20, inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>3</sup>Frangos inoculados aos 16 dias com *Eimeria acervulina* (2x10<sup>5</sup> oocistos esporulados/mL), *E. máxima* e *E. tenella* (2x10<sup>4</sup> oocistos esporulados/mL) no volume de 0,5 mL por ave.

<sup>4</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Aos 21 dias de idade verifica-se que não há diferença entre dietas para as variáveis testadas, exceto para peso relativo do fígado (P=0,0023).

Os maiores pesos de fígado ocorreram nas aves que receberam aditivos (antibiótico ou BSM), sem diferir das aves não-desafiadas.

Ao final do período de criação (42 dias), nota-se diferença ( $P=0,0266$ ) apenas no peso relativo do pâncreas.

Aves que consumiram dieta contendo antibiótico apresentaram maior peso de pâncreas assemelhando-se ao peso deste órgão nas aves que receberam o BSM, demonstrando o potencial deste como aditivo em substituição ao promotor de crescimento químico na variável analisada.

### **3.4 Contagem de oocistos e Escores de lesão do epitélio intestinal**

Ao analisar-se a contagem de oocistos por grama de fezes (OPG) excretados pelos frangos (Tabela 10), nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P=0,5599$ ), assim como não houve interação entre tratamento e período de coleta ( $P=0,3674$ ). Observa-se diferença apenas entre os diferentes períodos de coleta ( $P<0.0001$ ) de excretas.

Independente do tratamento, frangos que foram submetidos à inoculação com *Eimerias* apresentaram significativamente maior excreção de oocistos no 4º dia após a realização do procedimento.

**Tabela 10** - Contagem de oocistos por grama de fezes aos 4, 5, 6 e 7 dias após a inoculação com *Eimeria* spp.

| Efeito                   |                  | OOPG <sup>1</sup> |
|--------------------------|------------------|-------------------|
| Tratamentos <sup>1</sup> | CN               | 0                 |
|                          | CND              | 135,67            |
|                          | 0,10             | 140,45            |
|                          | 0,15             | 160,25            |
|                          | 0,20             | 197,71            |
|                          | AVL              | 115,88            |
| Período                  | 4 dias           | 336,26a           |
|                          | 5 dias           | 69,84c            |
|                          | 6 dias           | 65,22c            |
|                          | 7 dias           | 127,84b           |
|                          | EPM <sup>4</sup> | 18,878            |
| Fonte de variação        |                  | Probabilidade     |
| Tratamento               |                  | 0,5599            |
| Período                  |                  | <0,0001           |
| Tratamento*Período       |                  | 0,3674            |

<sup>1</sup>CN, controle negativo (sem aditivo); CND, controle negativo com desafio (sem aditivo) ; 0,10, inclusão de 1.000 mg/kg de butírico de sódio microencapsulado (BSM); 0,15, inclusão de 1.500 mg/kg de BSM; 0,20; inclusão de 2.000 mg/kg de BSM; AVL, inclusão de antibiótico (avilamicina).

<sup>2</sup>OPG, oocistos por grama de fezes.

<sup>3</sup>EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora

Ao avaliar-se os escores de lesão intestinal (Tabela 11) não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos, nem interação entre tratamento e períodos de coleta. Notou-se diferença ( $P < 0,0001$ ) apenas entre períodos de coleta de excretas. Observou-se lesões acentuadas no intestino dos frangos aos 5 dias pós-inoculação (21 dias de idade) causadas por *E. maxima* e *E. tenella*. Porém, nota-se que ao final do período de criação (42 dias de idade) todas apresentaram queda no escore de lesão, evidenciando que os aditivos, BSM e/ou antibiótico, contribuíram para a recuperação das aves.

**Tabela 11** - Escores de lesão no intestino dos frangos de corte aos 5 e 26 dias após a inoculação com *Eimeria* spp.

| Efeito                   |                         | Escore de lesão                |                            |                                          |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
|                          |                         | <i>E.</i><br><i>Acervulina</i> | <i>E.</i><br><i>maxima</i> | <i>E.</i><br><i>tenella</i> <sup>1</sup> |
|                          | CN                      | 0                              | 0                          | 0                                        |
| <b>Tratamento</b>        | CNI                     | 0,800                          | 1,300                      | 0,599                                    |
|                          | 0,10                    | 0,667                          | 1,400                      | 0,680                                    |
|                          | 0,15                    | 0,500                          | 1,000                      | 0,300                                    |
|                          | 0,20                    | 0,500                          | 1,600                      | 0,409                                    |
|                          | AVL                     | 0,800                          | 1,800                      | 0,668                                    |
| <b>Período</b>           | 5 dias                  | 0,4667                         | 2,0000 a                   | 0,9518 a                                 |
|                          | 26 dias                 | 0,6800                         | 0,8400 b                   | 0,1109 b                                 |
|                          | <b>EPM</b> <sup>2</sup> | 0,569                          | 1,420                      | 1,160                                    |
| <b>Fonte de variação</b> |                         | <b>Probabilidade</b>           |                            |                                          |
| Tratamento               |                         | 0,4724                         | 0,4198                     | 0,4479                                   |
| Período                  |                         | 0,1642                         | 0,0001                     | <,0001                                   |
| Tratamento*Período       |                         | 0,2607                         | 0,9571                     | 0,5796                                   |

<sup>1</sup>Os dados de *E. tenella* passaram por transformação logarítmica.

<sup>2</sup> EPM, erro padrão da média.

Letras distintas nas colunas indicam diferença pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora

## 4 DISCUSSÃO

Um bom estado intestinal e alta digestibilidade dos nutrientes são fatores importantes para alcançar melhores índices de desempenho na criação de frangos de corte. O uso de substâncias que possam substituir os promotores de crescimento é amplamente estudado. O ácido butírico microencapsulado é amplamente conhecido por diminuir o pH da mucosa intestinal, criando um ambiente ácido para o crescimento de microrganismos nocivos à saúde do hospedeiro. É um dos aditivos alimentares mais eficazes a serem utilizados na nutrição animal visando aumento de ganho de peso e melhora na taxa de conversão alimentar (ABDEL-FATTAH *et al.*, 2008).

É conhecido que o butirato de sódio evita a proliferação das bactérias, aumentando assim, a possibilidade de melhorar o desempenho dos animais já que não irão mais competir com a microbiota normal pela aquisição de nutrientes (SONG *et al.*, 2017).

Os resultados encontrados neste estudo mostram que no período de 1 a 14 dias de idade os aditivos não influenciaram as variáveis de desempenho zootécnico estudadas. Isso pode ser atribuído ao fato das aves estarem sob as mesmas condições, ausência de desafio, indicando que os aditivos ainda não teriam sido efetivo sem provocar alguma mudança no desempenho animal. Vale ressaltar que ao incluir-se aditivos na dieta é primordial que se leve em consideração o desafio sanitário imposto para o entendimento de seu mecanismo de ação frente às respostas que serão obtidas.

Reforçando os resultados encontrados na presente pesquisa, Kaczmarek *et al.* (2016) ao avaliarem o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 14 dias de idade, também não observaram diferenças entre dietas suplementadas com butirato de sódio microencapsulado nas doses de 200 mg/kg, 300 mg/kg e 400 mg/kg ou avilamicina.

Sikandar *et al.* (2017) não encontraram diferenças no desempenho de frangos aos 14 dias de idade, recebendo dietas contendo 500 mg/kg e 1.000 mg/kg de butirato de sódio microencapsulado, resultado também observado no presente trabalho.

Aos 21 dias de idade foi notório, nas aves inoculadas, a queda no desempenho, diferentemente das não inoculadas, que apresentaram maior GPM. Esse incremento verificado no peso é reflexo do maior consumo exibido por essas

aves, que só diferiu das suplementadas com 2.000 mg/kg de BSM, que apresentaram menor CRM. Este fato pode estar ligado à quantidade de butirato na ração, que pode ter sido elevada, afetando as características organolépticas da ração, ocasionando a queda na ingestão. Sabe-se que apesar do butirato de sódio ser usado como um substituto para o ácido butírico nas rações, por ser sólido, mais estável e causar menos desconforto ao ser manipulado por ter odor menos intenso (ZHANG *et al.*, 2011), o mesmo ainda possui um cheiro característico de queijo, visto que em alguns queijos ocorre a fermentação butírica, onde o odor é característico (PERRY, 2004).

Em ambas as variáveis, GPM e CRM, o butirato apontou resultados semelhantes aos dos antibióticos, podendo ser utilizado como alternativa frente à proibição mundial.

Levy *et al.* (2015) ao analisarem o desempenho de frangos de corte, aos 21 dias, alimentados com 0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg/kg de ácido butírico encapsulado, observaram menor consumo da dieta com a dosagem mais alta do ácido e piora da conversão alimentar. Da mesma forma, Imran *et al.* (2018) ao testarem doses diferentes (250, 350 e 450 mg/kg) de ácido butírico microencapsulado na dieta de frangos de corte apontaram diminuição no consumo dos frangos ao receberam dietas com a maior quantidade do ácido, fato também observado no presente estudo.

Wu *et al.* (2018) não observaram diferença no desempenho de frangos aos 21 dias de idade, alimentados com diferentes doses de butirato de sódio (200, 400, 800 e 1.000 mg/kg) e antibiótico, fato observado no atual estudo, em que nesta fase, as aves que receberam diferentes doses de ácido não apresentaram diferença em comparação ao antimicrobiano.

Boling *et al.*(2000), Abdel-Fattah *et al.*(2008) e Kana *et al.*(2011) relataram que níveis mais altos de ácidos incorporados à dieta, diminui a ingestão de ração pelas aves, o que pode ser devido à palatabilidade das dietas acidificadas durante o primeiros dias. No entanto, nas fases subsequentes de criação, as aves tendem a se adaptar à acidificação das dietas.

Aos 42 dias de idade observou-se diferença apenas para as variáveis CA e FEP. A melhor CA e maior fator de produção deu-se nas aves que não foram inoculadas e nem receberam qualquer aditivo na ração, mostrando novamente, o poder do desafio imposto. O FEP, que leva em consideração ganho de peso diário, conversão alimentar e viabilidade, mostrou que aves não desafiadas obtiveram o maior índice, possivelmente em decorrência dos melhores resultados obtidos nas variáveis envolvidas neste indicador. O FEP considerado excelente tem valor acima de 280, índice encontrado em todos os tratamentos do presente estudo (MENDES; PATRICIO; 2004).

Na análise do período total de criação, pode-se inferir que a substituição do antibiótico pelo BSM, frente às condições impostas neste estudo, independentemente do nível da inclusão, mostrou-se possível dada a semelhança estatística entre as dietas nas variáveis testadas.

A nutrição pode ser usada como uma ferramenta para modular o sistema imunológico das aves, a fim de produzir um estado ideal de imunidade, pois as alterações do sistema imune necessitam de energia e de vários nutrientes para a formação de células e outras substâncias envolvidas no sistema de defesa do organismo.

Aos 14 dias de idade observou-se similaridade entre dietas para as

variáveis hematócrito e hemoglobina. De acordo com Bounous e Stedman (2000) valores normais de hematócrito variam de 35 a 55%. Os baixos níveis de hematócrito encontrados podem ser atribuídos à pouca idade das aves, que apresentam valores menores dessa variável quando são jovens e passam a aumentar quando adultas (CARDOSO; TESSARI, 2003).

A hemoglobina variou de 13,22 a 17,55 g/dL. O valor médio desta variável nas aves é de 9,0 g/dL (normal de 7,0 a 14,0 g/dL) (BOUNOUS; STEDMAN, 2000). O aumento nesse índice pode ser atribuído à algum tipo de injúria causada pelo estresse térmico por frio sofrido pelas aves neste período (T média encontrada = 12,5°C).

Aos 21 dias de idade foi possível notar que as aves desafiadas sofreram bruscas quedas nos níveis de hematócrito, salientando que o desafio sanitário foi eficiente, debilitando o sistema imune dos frangos. Somado a isso, observou-se diminuição na concentração de hemoglobina após desafio, comprovando que as *Eimerias* causaram lesões no duodeno, jejuno e cecos, além de hemorragia, o que pode ter afetado o transporte de hemoglobina pelo organismo das aves.

O número de eritrócitos apresentou-se abaixo da normalidade ( $2,5$  a  $3,5 \times 10^6 \mu\text{l}^{-1}$ ) e houve aumento significativo no número de leucócitos (normal =  $11.900 \pm 15,6 \text{ cel } \mu\text{l}^{-1}$ ), heterófilos (normal =  $3.000$  a  $6.000 \text{ cel/mm}^3$ ) e linfócitos (normal =  $12.000$  a  $30.000 \text{ cel/mm}^3$ ) (BORSA, 2009; BOUNOUS; STEDMAN, 2000) após desafio, evidenciando que o sistema imune das aves foi afetado. Esse fato também foi marcante no desempenho dos animais, com queda acentuada no consumo e ganho de peso, após a inoculação com o protozoário.

Aos 42 dias de idade, os níveis de hematócrito mostraram-se mais

elevados que nas fases de criação anteriores nas aves desafiadas com *Eimerias*, evidenciando que tanto o BSM, independente do nível, quanto o antibiótico foram eficientes em auxiliar o organismo a se recuperar dos danos causados pela inoculação. Os níveis de eritrócito aumentaram, encontrando-se dentro da normalidade. Essas células tendem a ser mais numerosas em machos, assim como tendem a aumentar com a idade das aves (MITCHELL; JOHNS, 2008).

Com o crescimento dos frangos, notou-se também elevação no número de leucócitos e na relação heterófilo:linfócito (H:L). Esta relação H:L baseia-se nas alterações ocorridas no sistema sanguíneo e agentes de estresse, como mudança de temperatura, indicando estresse crônico, embora esta não seja uma variável de alta sensibilidade (BEIRÃO *et al.* 2012).

As variáveis hematológicas mensuradas ao final do período de criação apontam uma melhora significativa na imunidade dos frangos, indicando que houve recuperação frente ao desafio com *Eimerias*, fato também observado ao analisar-se o desempenho zootécnico dessas aves.

Não foi encontrada diferença entre tratamentos para as variáveis bioquímicas estudadas em nenhuma das idades testadas. Aos 14 dias, os níveis de glicose (padrão = 200 a 500 mg/dL), proteína (padrão = 2,5 a 4,5 g/dL) e albumina (padrão = 0,8 a 2,0 g/dL) estavam dentro dos valores referência (CAMPBELL, 2004).

Observou-se aos 21 dias, aumento na concentração de albumina de todas as aves desafiadas com o avançar da idade. Esta substância representa de 40 a 50% da proteína plasmática total das aves e é sintetizada no fígado, sendo essencial para a regulação da pressão osmótica no plasma (KANEKO *et al.*,

1997). É responsável por manter o equilíbrio osmótico do organismo, regulando a quantidade de água no sangue. Assim, pode-se inferir que as aves poderiam estar desidratadas, em função do desafio com *Eimeria spp.* que ocasionou diarreia hemorrágica nos frangos, além de queda no consumo de ração e água.

Ao final do período de criação observou-se, nas aves desafiadas, aumento na concentração de proteína sanguínea e diminuição na albumina sérica, podendo indicar que o intestino dos frangos conseguiu recuperar-se das lesões causadas pelas Eimerias.

Estudos avaliando o peso de órgãos do sistema digestório de frangos de corte e o uso de ácidos orgânicos na dieta mostram resultados controversos. Isso se deve, provavelmente, aos diferentes modos de ação, condições ambientais, dose utilizada, variáveis analisadas, entre outros fatores.

Os órgãos do sistema digestório não sofreram influência dos aditivos estudados aos 14 dias de idade, assim como não houve diferença no GPM ou CRM na mesma fase, o que faz com que o BSM possa ser utilizado como alternativa aos antimicrobianos.

Aos 21 dias de idade, houve diferença entre dietas apenas para peso relativo de fígado, mostrando que dentre as aves inoculadas, o uso dos aditivos permitiu às aves sua recuperação, uma vez que as mesmas aumentaram o peso deste órgão, assemelhando-se às aves não desafiadas, o que sugere a eficácia do produto utilizado nesta pesquisa. O fígado é o responsável pela desintoxicação e produção de bile, sugerindo que o aumento no peso deste órgão depende da quantidade de atividade por ele realizada (AGHAZADEH; TAHAYAZDI, 2012). Brenes *et al.* (1993) afirmaram que, após a absorção, o fígado é o principal local

do metabolismo dos ácidos graxos de cadeia curta. Assim, sugere-se que o peso do fígado depende da microbiota gastrintestinal e/ou os seus produtos de fermentação.

No presente estudo observou-se que os maiores pesos relativos de fígado foram obtidos nos frangos que receberam o BSM, independente do nível, podendo sugerir que o aditivo foi eficiente em promover efetiva melhoria no organismo das aves desafiadas, demonstrando que estes microingredientes ajudam na recuperação deste importante órgão regulador do metabolismo de nutrientes e de excreção de substâncias tóxicas, como os inóculos de *Eimeria* spp.

Aos 42 dias houve diferença entre dietas apenas para peso relativo de pâncreas. Da mesma forma que na fase anterior, o uso de aditivo, BSM (1.500 mg/kg) ou antibiótico, permitiu às aves sua recuperação, uma vez que as mesmas aumentaram o peso deste órgão, diferindo das aves que não receberam qualquer aditivo. Espera-se que uma maior proporção (tamanho) do pâncreas esteja ligada à uma maior atividade de enzimas pancreáticas (SILVA *et al.*, 2014).

O butirato de sódio atua mantendo o equilíbrio benéfico da microbiota intestinal, por meio da diminuição do pH, e também serve como fonte de energia para o desenvolvimento do epitélio intestinal. Isso é observado pelo maior comprimento do intestino delgado nas doses de 1.000 mg/kg e 2.000 mg/kg de inclusão, refletindo no incremento do desempenho animal (SILVA; NÖRNBERG, 2003), como constatado no GPM no período final de produção, em que frangos que receberam o BSM assemelharam-se ( $P=0,1212$ ) ao antibiótico.

Ao analisar-se a contagem de oocistos por grama de fezes detectou-se

maior excreção no quarto dia pós inoculação (20 dias de idade), quando comparado aos demais períodos de coleta de excretas (5, 6 e 7 dias pós-inoculação). Segundo Bowman *et al.* (2010), o período entre a infecção e os sinais do seu estágio detectável é chamado de pré-patência e este período pode ser de aproximadamente 5 dias para a *E. maxima* (KAWAZOE *et al.*, 2009). Aos 21 dias de idade observou-se queda no GPM de todas as aves inoculadas, uma vez que as mesmas estavam intensamente infectadas com oocistos de *E. maxima* e *E. tenella*.

Isso pode ser confirmado ao analisar-se o escore de lesão intestinal nesses frangos. Aos 21 dias (cinco dias pós-inoculação), o intestino das aves estava demasiadamente lesionado devido à ação das Eimerias, indicando que o desafio foi eficiente e prejudicou a atividade intestinal das aves. Esse fato pode ser ratificado pela diminuição do consumo e ganho de peso das aves desafiadas. Porém, aos 42 dias de idade (26 dias pós-inoculação), houve diminuição expressiva nos escores de lesão em todas as aves, demonstrando que o BSM e/ou antibiótico foram capazes de contribuir na recuperação da mucosa intestinal, gerando benefícios na imunologia das aves, como observado pelo aumento dos níveis de hematócrito da fase inicial (21 dias) para o final do período de criação (42 dias).

Taherpour *et al.* (2012) ao suplementarem ácido butírico em dietas para frangos de corte relataram efeito positivo na diminuição do escore de lesão duodenal e cecal por *Eimeria* spp., observando recuperação da mucosa intestinal, assim como no presente estudo.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o butirato de sódio microencapsulado pode ser utilizado como alternativa ao antimicrobiano químico por assemelhar-se à avilamicina. Evidencia-se que o uso de BSM pode auxiliar na recuperação do desempenho, hematologia e alometria de órgãos do TGI de frangos de corte pós-desafio com *Eimeria* spp. nas doses utilizadas neste estudo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-FATTAH, S. A. EL-SANHOORY, M. H.; EL-MEDNAY, N. M.; ABDEL-AZEEM, F. Thyroid activity of broiler chicks fed supplemental organic acids. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 7, p. 215-222, 2008.
- ABDELQADER, A.; AL-FATAFTHAH, A. Effect of dietary butyric acid on performance, intestinal morphology, microflora composition and intestinal recovery of heat-stressed broilers. **Livestock Science**, v. 183, p.78-83, 2016.
- AGHAZADEH, A. M.; TAHA YAZDI, M. Effect of butyric acid supplementation and whole wheat inclusion on the performance and carcass traits of broilers. **South African Journal of Animal Science**, v. 42, n. 3, p. 241-248, 2012.
- AVIAGEN. **Manual de manejo de frangos de corte Ross**. [S.l.: s.n.], 2018.
- BEIRÃO, B. C. B.; FAVARO JR, C.; NAKAO, L. S.; CARON, L. F.; ZANATA, S. M.; MERCADANTE, A. F. Flow cytometric immune profiling of specific-pathogen-free chickens before and after infectious challenges. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 145, n. 1-2, p. 32-41, 2012.
- BRENES, A.; SMITH, M.; GUENTER, W.; MARQUARDT, R. R. Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat-and barley-based diets. **Poultry Science**, v. 72, n. 9, p. 1731-1739, 1993.
- BOETTCHER, A. **Valores bioquímicos sanguíneos del cisne de cuello negro (Cygnus melanocoryphus, Molina 1782), en una población silvestre, de Valdivia, Chile**. 2004. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidad Austral de Chile, 2004.
- BOLING, S. D.; WEBEL, D. M.; MAVROMICHALIS, I.; PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The effects of citric acid on phytate-phosphorus utilization in young chicks and pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 3, p. 682-689, 2000.
- BORSA, A. Valores hematológicos em frangos de corte de criação industrial. **Colloquium Agrariae**, p. 25-31, 2009.

BOUNOUS, D.I.; STEDMAN, N. Normal avian hematology: chicken and turkey. In: FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N.C. **Schalm's Veterinary Hematology**. 5 ed. Phila- delphia: Lippincott Williams & Wilkins, p.1147-1154. 2000.

BOWMAN, D. D.; GEORGIS, P. V. **Parasitologia Veterinária**. Rio de. Janeiro: Saunders Elsevier, 2010.

CAMPBELL, T. W. **Avian hematology and Cytology**. Ames: Iowa State University Press, 1998.

CAMPBELL, T.W. Clinical Chemistry of Birds. In: THRALL, M.A. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2004. p. 479-492.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N.C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 4, p. 419-424, 2003.

CHAMBA F.; PUYALTO, M.; ORTIZ, A.; TORREALBA, H.; MALLO, J. J.; RIBOTY, R. Effect of partially protected sodium butyrate on performance, digestive organs, intestinal villi and *E. Coli* development in broilers chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 13, p. 390-396, 2014.

CHARLES NORIEGA, M.L.V.C. **Apuntes de hematología aviar: material didático para curso de hematología aviária**. Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de producción animal: Aves. México, 70 p. 2000.

CRUVINEL, W. D. M.; MESQUITA JÚNIOR, D.; ARAÚJO, J. A. P.; CATELAN, T. T. T.; SOUZA, A. W. S. D.; SILVA, N. P. D.; ANDRADE, L. E. C. Sistema imunitário: Parte I. Fundamentos da imunidade inata com ênfase nos mecanismos moleculares e celulares da resposta inflamatória. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 50, n. 4, p. 434-447, 2010.

DEEPA, K.; PURUSHOTHAMAN, M. R.; VASANTHAKUMAR, P.; SIVAKUMAR, K. Butyric acid as an antibiotic substitute for broiler chicken - a review. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, v. 6, p.63-69, 2018.

EDMONDS, M. S.; JOHAL, S.; MORELAND, S. Effect of supplemental humic and butyric acid on performance and mortality in broilers raised under various environmental conditions. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, p. 260-267, 2014.

FREITAS, F. L. C.; ALMEIDA, K. S.; DO NASCIMENTO, A.; TEBALDI, J. H.; MACHADO, R. Z.; MACHADO, C. R. Aspectos clínicos e patológicos em frangos de corte (*Gallus gallus domesticus*) infectados experimentalmente com oocistos esporulados de *Eimeria acervulina* TYZZER, 1929. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.17, n.1, p.16-20, 2008.

GAO, Y. Y.; ZHANG, X. L.; XU, L. H.; PENG, H.; WANG, C. K.; BI, Y. Z. Encapsulated blends of essential oils and organic acids improved performance, intestinal morphology, cecal microflora, and jejunal enzyme activity of broilers. **Czech Journal of Animal Science**, v. 64, n. 5, p. 189-198, 2019.

GORDON, H. McL.; WHITLOCK, H. V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**, n.12, p.50-52, 1939.

GROSS, W.B.; SIEGEL, H.S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Disease**, v.27, n.4, p.972-979, 1983.

HEJDYSZ, M.; KACZMAREK, S.; JÓZEFIK, D.; JAMROZ, D.; RUTKOWSKI, A. Effect of different medium chain fatty acids, calcium butyrate, and salinomycin on performance, nutrient utilization, and fermentation products in gastrointestinal tracts of broiler chickens. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 28, p. 377-387, 2018.

HODGSON, J. N. Coccidiosis: oocyst-counting technique for coccidiostat evaluation. **Experimental Parasitology**, v. 28, p. 99-102, 1970.

HOLDSWORTH, P.A.; CONWAY, D.P.; MCKENZIE, M.E.; DAYTON, A.D.; CHAPMAN, H.D.; MATHIS, G.F.; SKINNER, J.T.; MUNDT, H.C.; WILLIAMS, R.B. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) guidelines for evaluating the efficacy of anticoccidial drugs in chickens and turkeys. **Veterinary Parasitology**, v. 121, n. 1, p.189-212, 2004.

IMRAN, M.; AHMED, S.; DITTA, Y.A.; MEHMOOD, S.; RASOOL, Z.; ZIA, M.W. Effects of microencapsulated butyric acid supplementation on growth performance and ileal digestibility of protein, gut health and immunity in broilers. **Indian Journal of Animal Research**, v. 52, n. 11, 2018.

JOHNSON, J.; REID, W. M. Anticoccidial drugs: lesion scoring techniques in battery and floor-pen experiments with chickens. **Experimental Parasitology**, v. 28. p. 30-36, 1970.

KACZMAREK, S.A.; BARRI, A.; HEJDYSZ, M.; RUTKOWSKI, A. Effect of different doses of coated butyric acid on growth performance and energy utilization in broilers. **Poultry Science**, v. 95, n. 4, p. 851-859, 2016.

KANA, J. R.; TEGUIA, A.; MUNGFU, B. M.; TCHOUMBOUE, J. Growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets supplemented with graded levels of charcoal from maize cob or seed of *Canarium schweinfurthii* Engl. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, n. 1, p. 51-56, 2011.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 1997.932p.

KAWAZOE, U. Biologia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COCCIDIOSE, 1994, Santos. **Anais [...]**. Santos: FACTA, 1994. p. 1-6.

KAWAZOE, U. Coccidiose. In: BERCHIERI JUNIOR, A.; MACARI, M. Doenças das aves. 1. ed. Campinas: **FACTA**, 2000. p. 309-405.

KESSLER, A. M. Butirato de sódio: aspectos fisiológicos de uma molécula multifuncional na nutrição animal. **Pork World**, São Paulo, v. 5, n. 29, p. 32-36, 2005.

LEVY, A.W.; KESSLER, J.W.; FULLER, L.; WILLIAMS, S.; MATHIS, G.F.; LUMPKINS, B.; VALDEZ, F. Effect of feeding an encapsulated source of butyric acid (ButiPEARL) on the performance of male Cobb broilers reared to 42 d of age. **Poultry Science**, v. 94, n. 8, p. 1864-1870, 2015.

MELILLO, A. Applications of serum protein electrophoresis in exotic pet medicine. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, Texas, v. 16, n. 1, p. 211-225, 2013.

MENDES, A. A.; PATRICIO, I. S. **Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte**: produção de frangos de corte. Campinas: FACTA, 2004. p. 356.

MITCHELL, E. B.; JOHNS, J. Avian hematology and related disorders. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 11, n. 3, p. 501-522, 2008.

NASCIMENTO, G. M. **Utilização de produtos alternativos aos antibióticos moduladores de crescimento na produção de frango de corte**. 2013.

Disponível em:

[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/2013\\_Gisele\\_Mendanha\\_2c.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/2013_Gisele_Mendanha_2c.pdf). Acesso em: 02 abr. 2020.

PERRY, K. S. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 293-300, 2004.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.D.; LOPES, D.C.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017. 488p.

RUIZ, G.; ROSENMAN, M.; NOVOA, F.F.; SABAT, P. Hematological parameters and stress index in rufous-collared sparrows dwelling in urban environments. **Condor**, v.104, p.162-166, 2002.

ROCHA, A. P. D. **Uso de butirato de sódio protegido em rações de frangos de corte**. 2013. 31 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

SABOUR, S.; TABEIDIAN, S. A.; SADEGHI, G. Dietary organic acid and fiber sources affect performance, intestinal morphology, immune responses and gut microflora in broilers. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 2, p. 156-162, 2019.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT® 9.3 User's Guide**. Cary: SAS Institute Inc., 2012.

SCHMIDT, E. M. S.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E.; PAULILLO, A. C. Patologia clínica em aves de produção: uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola-revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 12, n. 3, 2007.

SIKANDAR, A.; ZANEB, H.; YOUNUS, M.; MASOOD, S.; ASLAM, A.; KHATTAK, F.; REHMAN, H. Effect of sodium butyrate on performance, immune status, microarchitecture of small intestinal mucosa and lymphoid organs in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 5, p. 690, 2017.

SILVA, L. P.; NORBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.983-990, 2003.

SILVA, P. L. A. P.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; LITZ, F. H.; BUENO, J. P. R.; FERNANDES, E. A. Peso relativo do fígado, pâncreas e baço em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1475, 2014.

SONG, B.; LI, H.; WU, Y.; ZHEN, W.; WANG, Z.; XIA, Z.; GUO, Y. Effect of microencapsulated sodium butyrate dietary supplementation on growth performance and intestinal barrier function of broiler chickens infected with necrotic enteritis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 232, p. 6-15, 2017.

SWENSON, M; O'REECE, W. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

TAHERPOUR, K.; MORAVEJ, H.; TAHERI, H. R.; SHIVAZAD, M. Effect of dietary inclusion of probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on resistance against coccidiosis in broiler chickens. **The Journal of Poultry Science**, v. 49, n. 1, p. 57-61, 2012.

VAN IMMERSEEL, F.; RUSSELL, J. B.; FLYTHE, M. D.; GANTOIS, I.; TIMBERMONT, L.; PASMANS, F.; HAESEBROUCK, F.; DUCATELLE, R. 30 The use of organic acids to combat Salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. **Avian Pathology**, v. 35, n. 3, p. 182-188, 2006.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Suplementação de acidificantes orgânicos e inorgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1097-1104, 2007.

WILLIAMS, R. B. A compartmentalised model for the estimation of the cost of coccidiosis to the world's chicken production industry. **International Journal for Parasitology**, v. 29, n. 8, p. 1209-1229, 1999.

WILLIAMS, R.B. Intercurrent coccidiosis and necrotic enteritis of chickens: rational, integrated disease management by maintenance of gut integrity. **Avian Pathology**, v. 34, n. 3, p. 159-180, 2005.

WU, W.; XIAO, Z.; AN, W.; DONG, Y.; ZHANG, B. Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial community in broilers. **PloS one**, v. 13, n. 5, 2018.

ZHANG, W. H.; JIANG, Y.; ZHU, Q. F.; GAO, F.; DAI, S. F.; CHEN, J.; ZHOU, G. H. Sodium butyrate maintains growth performance by regulating the immune response in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 52, p. 292–301, 2011.