

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CRISTINE KAUFMANN**

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE DIETAS PARA FRANGOS DE  
CORTE SUPLEMENTADAS COM ENZIMAS EXÓGENAS E POSBIÓTICO**

**Marechal Cândido Rondon**

**2022**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**CRISTINE KAUFMANN**

**NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE DIETAS PARA FRANGOS DE  
CORTE SUPLEMENTADAS COM ENZIMAS EXÓGENAS E POSBIÓTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cinthia Eying  
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

**Marechal Cândido Rondon**

**2022**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Kaufmann, Cristine

Níveis de energia metabolizável de dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas exógenas e pósbiótico / Cristine Kaufmann; orientadora Cinthia Eyng; coorientador Ricardo Vianna Nunes. -- Marechal Cândido Rondon, 2023.

84 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2023.

1. Zootecnia. 2. Avicultura. 3. Nutrição. 4. Aditivos. I. Eyng, Cinthia, orient. II. Nunes, Ricardo Vianna, coorient. III. Título.

## **CRISTINE KAUFMANN**

### **Níveis de energia metabolizável em dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas exógenas e pósbiótico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Não-Ruminantes / Aquicultura, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:

Orientadora / Presidente - Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cinthia Eyng

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Dr.<sup>a</sup> Taciana Maria de Oliveira Bruxel

Cargill Nutrição Animal

Membro – Prof. Dr. José Henrique Stringhini

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Marechal Cândido Rondon, 12 de dezembro de 2022.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cinthia Eyng**, declaro como **ORIENTADORA** que presidi os trabalhos de defesa à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Cristine Kaufmann**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientadora**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 12/12/2022, com o trabalho intitulado **“Níveis de energia metabolizável em dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas exógenas e posbiótico”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

O título do trabalho foi modificado, já corrigido na presente declaração.

*Cinthia Eyng*

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cinthia Eyng** – ORIENTADORA/PRESIDENTE

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / Campus de Mal. Cândido Rondon  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

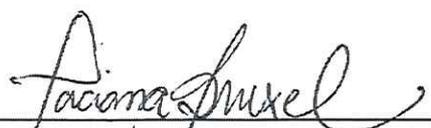
### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Dr.<sup>a</sup> Taciana Maria de Oliveira Bruxel**, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Cristine Kaufmann**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, formalizo como **Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 12/12/2022, com o trabalho intitulado "**Densidade energética de dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas exógenas e pós-biótico**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Título do trabalho alterado para: "Níveis de Energia Metabolizável Aparente de dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas exógenas e probiótico"

  
**Dr.<sup>a</sup> Taciana Maria de Oliveira Bruxel**  
Cargill Nutrição Animal

Modelo 1 - Para membros de Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, Prof. Dr. José Henrique Stringhini, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Cristine Kaufmann**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 12/12/2022, com o trabalho intitulado "Níveis de energia metabolizável em dietas para frangos de corte suplementadas com enzimas exógenas e pósbiótico".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Enviei diretamente ao e-mail da candidata o documento com as minhas sugestões. Na apresentação e arguição ela se demonstrou desenvolta e suficientemente preparada para defender o produto final. Considero apta para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, o qual parablenizo a própria candidata, sua orientadora e a coordenação pelo trabalho efetuado.

**Prof. Dr. José Henrique Stringhini**  
Universidade Federal de Goiás (UFG)

*A quem sempre abdicou dos próprios sonhos para realizar os meus,  
pai e mãe.*

***DEDICO!***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e por iluminar meus caminhos.

As pessoas mais fortes que eu conheço: meus pais. Irene e Lauri Kaufmann, obrigada pela dádiva da vida, por serem meus alicerces e meus principais incentivadores. Tudo por vocês e para vocês.

Ao meu irmão Cristian Kaufmann, por acreditar em mim, incentivar e nunca me deixar desistir.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) e a todos os professores que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Cinthia Eyng, pela oportunidade, paciência, e com prontidão me orientar na completa realização desse trabalho.

Ao Professor Dr. Ricardo Vianna Nunes, por ser luz no meu mestrado e em minha vida.

Ao Grupo de Estudo em Metabolismo e Desempenho de Aves (GEMADA), sem vocês a realização desse trabalho não seria possível. A todos meu respeito, admiração e profunda gratidão.

Ao Dr. Nilton Rohloff Júnior, por sempre ser tão solícito e pelos tantos testes estatísticos rodados.

Aos meus amigos, que nunca deixaram de estar presentes e de comemorar minhas vitórias!

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

À empresa Cargill e Cooperativa Copagrill pelo financiamento da presente pesquisa.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse essa etapa da minha vida, a qual eu ousou chamar de sonho!

Meus sinceros agradecimentos!

*“Não é sobre ganhar, é sobre não desistir.  
É sobre quantas vezes você se levanta, com  
coragem, e segue em frente. Se você tem um  
sonho, lute por ele. Existe disciplina na  
paixão”.*

*(Stefani Joanne Angelina Germanotta).*

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes níveis energéticos, bem como a adição ou não de *blend* enzimático e de posbiótico em dietas de frangos de corte sobre o desempenho, rendimento de carcaça, composição da microbiota cecal, perfil de ácidos graxos de cadeia curta do conteúdo cecal, atividade enzimática digestiva e pancreática, e análise econômica da produção. Para tanto, foram utilizados 2.592 pintos de corte, machos, de um dia de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 x 2 (três níveis de energia – alto (1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup>; e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>), intermediário (redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases), baixo (redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases) x adição ou não de *blend* enzimático x adição ou não de posbiótico), totalizando 12 tratamentos, com nove repetições e 24 aves por unidade experimental. O maior nível energético proporcionou melhor desempenho e a utilização dos aditivos não foi capaz de proporcionar melhorias. Aos 42 dias de idade, as aves apresentaram ganho de peso semelhante entre os tratamentos. Aos 28 dias de idade, houve aumento na presença do filo Tenericutes com a adição do posbiótico na dieta. Ao nível de família, o nível energético elevado reduziu a predominância de Streptococcaceae e a adição de posbiótico aumentou a predominância de O\_RF39;F\_ e diminuiu a prevalência de Ruminococcaeae. A concentração de ácido acético diminuiu quando as aves ingeriram dieta com nível mais baixo de energia. Maior atividade de tripsina e quimotripsina foi observada aos 21 e 28 dias de idade nas aves que consumiram dietas com baixa energia. A adição de *blend* enzimático diminuiu a atividade da lipase aos 21 dias de idade das aves, enquanto o posbiótico aumentou a atividade dessa enzima. Aos 42 dias de idade, o rendimento de carcaça e de peito foi maior nas aves que receberam a dieta de menor valor energético e o maior percentual de gordura abdominal foi observado para as aves alimentadas com dietas com maior nível energético. A adição do *blend* enzimático aumentou o rendimento de carcaça quente. A dieta mais energética aumentou 10 centavos no custo do quilo de frango produzido e, dentre os aditivos, a adição de *blend* enzimático proporcionou uma redução de 17 centavos na produção (kg/frango). Em conclusão, dietas com níveis energéticos elevados e intermediários não ocasionaram disbiose intestinal, entretanto, o uso não é justificado levando em consideração o ganho de peso, rendimento de carcaça e peito, percentual de gordura abdominal e o custo de produção. Considerando o período total de criação e a análise

econômica, o uso de *blend* enzimático se mostrou benéfico, enquanto a adição de posbiótico não foi capaz de modular a microbiota cecal, não interferindo no desempenho.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta, *blend* enzimático, enzimas digestíveis, microbiota cecal, níveis energéticos, *Saccharomyces cerevisiae*.

## ABSTRACT

### LEVELS OF METABOLIZABLE ENERGY OF DIETS FOR BROILER CHICKENS SUPPLEMENTED WITH EXOGENOUS ENZYMES AND POST-BIOTIC

This study aimed to evaluate different energy levels, as well as the inclusion or not of enzymatic *blend* and post-biotic in broiler diets on performance, carcass yield, cecal microbiota composition, short chain fatty acids profile of cecal content, digestive and pancreatic enzymatic activity, and economic analysis of production. For this purpose, a total of 2,592 one-day-old, male, broiler chicks were distributed in a completely randomized design, in a 3 x 2 x 2 factorial scheme (three energy levels – high (1 to 7 days: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 to 21 days: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 to 28 days: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 to 35 days: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> and 36 to 42 days: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>), intermediate (reduction of 40 kcal kg<sup>-1</sup> for the phase from 1 to 7 days and 80 kcal kg<sup>-1</sup> for the other phases) and low (reduction of 80 kcal kg<sup>-1</sup> for the phase from 1 to 7 days and 160 kcal kg<sup>-1</sup> for the other phases) x inclusion or not of enzymatic *blend* x inclusion or not of postbiotic), totaling 12 treatments, with nine replications and 24 birds per experimental unit. The highest energy density provided the best performance and the use of additives was not able to improve improvements. At 42 days of age, the birds presented similar weight gain between treatments. At 28 days of age, there was an increase in the presence of the phylum Tenericutes with the addition of the postbiotic in the diet. At the family level, the high energy level reduced the prevalence of Streptococcaceae and the addition of postbiotic increased the predominance of O\_RF39;F\_ and decreased the prevalence of Ruminococcaeae. The concentration of acetic acid decreased when the birds fed diet with the lowest energy level. Higher trypsin and chymotrypsin activity were observed at 21 and 28 days of age in birds that consumed low-energy diets. The addition of enzymatic *blend* decreased lipase activity at 21 days of age of birds, while postbiotic increased the activity of this enzyme. At 42 days of age, carcass and breast yield were higher in birds that received the lowest energy diet and the highest percentage of abdominal fat was observed for birds fed diets with higher energy density. The more energetic diet increased 10 cents in the cost of the chicken kilo produced and, regarding the additives, the inclusion of the enzymatic *blend* provided a 17 cents reduction in production cost (kg/chicken). In conclusion, diets with high and intermediate energy levels did not cause intestinal dysbiosis, however, their use is not justified taking into account weight gain, carcass and breast yield, percentage of abdominal fat and production cost. Considering the total period of rearing and the economic analysis, the dietary inclusion of enzymatic *blend* was beneficial,

while the addition of postbiotic was not able to modulate the cecal microbiota, without interfering on performance.

Keywords: cecal microbiota, digestive enzymes, energy levels, enzymatic *blend*, *Saccharomyces cerevisiae*, short-chain fatty acids.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 1 a 7 dias de idade.....	26
Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 8 a 21 dias de idade.....	27
Tabela 3. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 22 a 28 dias de idade.....	28
Tabela 4. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 29 a 35 dias de idade.....	29
Tabela 5. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 36 a 42 dias de idade.....	30
Tabela 6. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis energéticos, suplementadas ou não com <i>blend</i> enzimático e posbiótico para os períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade .....	37
Tabela 7. Desdobramento da interação nível de energia e adição de enzima para conversão alimentar (CA) para o período de 1 a 21 dias de idade e consumo médio de ração (CMR) para o período de 1 a 42 dias de idade de frangos de corte .....	38
Tabela 8. Desdobramento da interação nível de energia e adição de posbiótico para conversão alimentar (CA) para o período de 1 a 28 dias de idade e para consumo médio de ração (CMR) para o período de 1 a 42 dias idade de frangos de corte .....	38
Tabela 9. Média dos índices alpha de estimador de riqueza (Chao1) e diversidade microbiana (Shannon) de amostras cecais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de energia e inclusão ou não de enzimas e posbiótico aos 28 dias de idade.....	42
Tabela 10. Teste global e testes de pares na análise de diversidade beta (Unweighted e Weighted) de amostras cecais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de energia e inclusão ou não de enzimas e posbiótico aos 28 dias de idade.....	44
Tabela 11. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição ou não de <i>blend</i> enzimático e posbiótico nas % de filos bacterianos encontrados no ceco de frangos de corte aos 28 dias de idade .....	46

Tabela 12. Desdobramento da interação energia x posbiótico para as % de filo bacteriano <i>Tenericutes</i> encontrado no ceco de frangos de corte abatidos aos 28 dias de idade .....	47
Tabela 13. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição ou não de <i>blend</i> enzimático e posbiótico nas % de famílias bacterianas encontrados no ceco de frangos de corte aos 28 dias de idade.....	48
Tabela 14. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição ou não de <i>blend</i> enzimático e posbiótico nas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) cecais na digesta de frangos de corte aos 28 dias de idade .....	51
Tabela 15. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição ou não de <i>blend</i> enzimático e posbiótico nas atividades de amilase (UA/ $\mu$ g de proteína), lipase (UI/mg de proteína), tripsina (nmol/ $\mu$ g de proteína), quimotripsina (nmol/ $\mu$ g de proteína), sacarase (UI/mg de proteína) e maltase (UI/mg de proteína) de frangos de corte aos 21 e 28 dias de idade .....	54
Tabela 16. Desdobramento da interação nível de energia x adição de enzima para a atividade de lipase e interação energia x posbiótico para a atividade de maltase (UI/mg de proteína) aos 21 dias de idade de frangos de corte.....	55
Tabela 17. Rendimento de carcaça e cortes (%) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis energéticos, suplementados ou não com <i>blend</i> enzimático e posbiótico abatidos aos 42 dias de idade .....	57
Tabela 18. Desdobramento da interação energia x enzima para rendimento de peito de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade .....	58
Tabela 19. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição ou não de <i>blend</i> enzimático e posbiótico no custo por quilo de frangos de corte criados até aos 42 dias de idade .....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>Revisão</b> .....	13
2.1	Composição microbiana cecal de frangos de corte: importância e produtos gerados ....	13
2.2	Efeito do nível energético sobre a microbiota intestinal.....	15
2.3	Efeito das enzimas exógenas no organismo das aves .....	17
2.4	Efeito do posbiótico no organismo das aves.....	19
2.4.1	Fermentado de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e seus efeitos no organismo das aves ...	21
2.5	Efeito da dieta sobre a atividade de enzimas digestivas .....	22
<b>3</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	24
3.1	Comitê de ética .....	24
3.2	Instalações, aves e delineamento experimental .....	24
3.3	Dietas experimentais.....	24
3.4	Coleta de amostras e análises realizadas.....	31
3.5	Microbiota cecal .....	31
3.6	Análise de ácidos graxos de cadeia curta.....	32
3.7	Atividade enzimática intestinal e pancreática.....	32
3.8	Rendimento de carcaça e cortes .....	33
3.9	Análise econômica .....	34
3.10	Análises estatísticas .....	34
<b>4</b>	<b>Resultados e discussão</b> .....	35
4.1	Desempenho.....	35
4.2	Composição da microbiota cecal .....	41
4.2.1	índices Alpha.....	41
4.2.2	Índices beta.....	43
4.2.3	Filos e Famílias bacterianas .....	45
4.3	Ácidos graxos de cadeia curta.....	50
4.4	Atividade enzimática intestinal e pancreática.....	52
4.5	Rendimento de carcaça e cortes .....	56
4.6	Análise econômica .....	59
<b>5</b>	<b>Conclusões</b> .....	60
	Referências .....	61

## 1 INTRODUÇÃO

Constantemente, busca-se otimizar as dietas fornecidas aos animais por meio de ajustes em níveis nutricionais, programas de alimentação e utilização de aditivos, proporcionando melhorias no desempenho e saúde animal e, conseqüentemente, aumentando a rentabilidade da cadeia avícola.

Neste contexto, para compensar possíveis perdas em campo no desempenho dos frangos de corte por problemas sanitários, de infraestrutura, manejo e ambiência (RODRIGUES et al., 2009; CARVALHO et al., 2014; CORDEIRO et al., 2016), a indústria utiliza, muitas vezes, dietas com densidades energéticas mais elevadas (RAGHEBIAN et al., 2016; MASSUQUETTO et al., 2020; WANG et al., 2020). Entretanto, estudos atuais demonstram que, além de aumentar o custo de produção (TEIXEIRA, 2017), níveis energéticos elevados podem ocasionar quadros inflamatórios intestinais crônicos (KOGUT et al., 2018; DAL PONT et al., 2020). Distúrbios na saúde intestinal das aves podem provocar uma disbiose da microbiota intestinal (TEYRLINCK et al., 2011), afetando o desempenho e aumentando a morbidade do lote (LEE, 2010).

A utilização de enzimas exógenas aumenta a utilização dos nutrientes dos alimentos utilizados nas formulações (ZOU et al., 2013) degradando polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e hidrolisando fatores antinutricionais (WU et al., 2004), disponibilizando componentes dietéticos para o uso das aves e reduzindo substrato para a microbiota. Com a mudança de substrato disponível, inicia-se o processo de exclusão competitiva, reduzindo microrganismos patogênicos (RINTILLÄ; APAJALAHTI, 2013). Além disso, os produtos gerados pela ação hidrolítica das enzimas podem favorecer a saúde intestinal por fornecerem substrato para bactérias benéficas (CRAIG et al., 2020) e gerar energia para os enterócitos (COWIESON; ROOS, 2014).

No entanto, deve-se atentar aos fatores envolvidos quanto à eficácia desejada da inclusão das enzimas nas dietas para frangos de corte, podendo ser beneficiada com a utilização em conjunto a outros aditivos, tendo o potencial de fornecer energia, substrato, e favorecer a imunidade intestinal. Os bióticos podem apresentar efeitos diferenciados nestas circunstâncias de uso. Nessa classe, surge recentemente o posbiótico, produto proveniente do resultado do metabolismo (metabólitos e componentes celulares como bacteriocinas, ácidos graxos de cadeia curta, e outras moléculas antimicrobianas, enzimas, peptídeos, polissacarídeos, lipo e glicoproteínas, vitaminas, plasmalogênios, ácidos orgânicos e nucléicos e antioxidantes) dos microrganismos probióticos. Dessa forma, por se tratarem de metabólitos prontamente

disponíveis ao organismo, podem acelerar os mecanismos de ação no metabolismo dos animais e mediar diversos efeitos positivos no hospedeiro (TEAME et al., 2020; MORADI et al., 2021). Esses benefícios são sugeridos devido às propriedades funcionais do posbiótico, como atividades antimicrobianas, antioxidantes e imunomoduladoras que envolvem a homeostase da microbiota (AGUILAR-TOALÁ et al., 2018).

Apesar dos diversos estudos com enzimas exógenas e posbiótico, resultados referentes à utilização desses aditivos em conjunto em dietas para frangos de corte com diferentes níveis energéticos ainda são escassos. Na hipótese de que os excedentes da dieta podem causar disbiose intestinal, a utilização de enzimas exógenas melhora o aproveitamento dos nutrientes, proporcionando indiretamente uma melhor saúde intestinal. Usando as enzimas em conjunto com o posbiótico espera-se efeitos benéficos adicionais na microbiota intestinal de frangos de corte. Um animal que apresente melhor saúde intestinal e homeostase quanto a microbiota pode apresentar melhores condições de desenvolvimento.

De acordo com as considerações expostas, a hipótese deste trabalho é que um alto nível energético nas dietas de frangos de corte pode desencadear um quadro de disbiose, mesmo muitas vezes, sem sinais clínicos. Além disso, hipotetiza-se que enzimas exógenas e o posbiótico possuem mecanismos de ação diferenciados considerando as dietas, em termos de nível energético. A inclusão destes aditivos pode favorecer a utilização das dietas permitindo uma redução dos níveis energéticos e evitando, desta forma, desordens intestinais.

Desta maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos níveis energéticos das rações e da inclusão de enzimas exógenas e posbiótico sobre o desempenho, composição da microbiota cecal, perfil de ácidos graxos de cadeia curta do conteúdo cecal, atividade de enzimas intestinais e pancreáticas, rendimento de carcaça e cortes e análise econômica das rações de frangos de corte.

## 2 Revisão

### 2.1 Composição microbiana cecal de frangos de corte: importância e produtos gerados

Os cecos possuem formato sacular, se apresentam em pares e são as primeiras estruturas do intestino grosso, o qual é um órgão diferente anatomicamente e fisiologicamente dos outros segmentos do intestino delgado, conhecidos como câmaras fermentadoras e com alta produção de ácidos graxos de cadeia curta (ALEXANDRINO et al., 2020). O ambiente cecal é considerado o principal segmento do intestino de interesse para estudos microbiológicos por apresentar maior diversidade comparado ao intestino delgado, o que se deve à baixa taxa de passagem, pH, e a presença de pequenas partículas solúveis, potencializando o papel dos microrganismos na assimilação dos nutrientes dos alimentos (BORDA-MOLINA et al., 2016).

Kogut (2019), relatou a presença de aproximadamente 900 espécies microbianas na composição do microbioma do frango. Apajalahti et al. (2004) e Torok et al. (2011), estimaram a população bacteriana cecal composta por mais de 600 espécies de mais de 100 gêneros. No ceco, mais de 90% das bactérias são gram-positivas (GONG et al., 2002), possuindo como filos dominantes *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* (WEI et al., 2013; OAKLEY et al., 2014) e *Actinobacteria*, em menor proporção (QU et al., 2008; VIDENSKA et al., 2014).

As famílias *Bacteroidaceae*, *Lactobacillaceae*, *Clostridiaceae*, *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Enterobacteriaceae*, e *Prevotellaceae* são frequentemente relatadas como membros comuns da microbiota cecal de frangos (CALLAWAY et al., 2009; YIN et al., 2010; DANZEISEN et al., 2011; STANLEY et al., 2014; BORDA-MOLINA et al., 2018; GIACOBBO et al., 2021).

Os gêneros predominantes encontrados no ceco são *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Bacteroides* (STANLEY et al., 2015) e *Ruminococcus* (WEI et al., 2013). Apesar da notoriedade indesejada dos clostrídios na microbiota, este grupo de bactérias também engloba microrganismos que são considerados benéficos, pois atuam na quebra de amido e celulose. *Bacteroides* e *Ruminococcus* também são efetivos degradadores de carboidratos indigeríveis (STANLEY et al., 2015). Incluído nos *Bacteroides*, a espécie *B. fragilis* está ligada à produção de ácidos graxos voláteis (WRIGLEY, 2004).

A microbiota intestinal é constituída por uma complexa comunidade de microrganismos que fazem parte ou que estão em trânsito pelo trato gastrointestinal (TGI). Estes microrganismos desempenham importante papel nos processos metabólicos, nutricionais, e fisiológicos, e interagem com o sistema imunológico associado ao intestino (GERRITSEN et

al., 2011), sendo essenciais para a homeostase intestinal (BORDA-MOLINA et al., 2018). A comunidade microbiana pode auxiliar o hospedeiro agindo na regulação da eficiência da digestão e absorção dos nutrientes atuando em sinergia com o sistema imune, competindo e destruindo patógenos potenciais na maturação intestinal e no uso de nutrientes não digeridos pelas enzimas endógenas do hospedeiro (AMIT-ROMACH, et al., 2004; STANLEY et al., 2013; PAN; YU et al., 2013; BORTOLUZZI et al., 2019).

Particularmente relevante para a criação intensiva de frangos de corte, é o papel dos cecos na digestão dos polissacarídeos não amiláceos (PNA's). A hidrólise dos PNA's libera açúcares que são fermentados por microrganismos presentes no ceco gerando ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) que são absorvidos pela mucosa e catabolizados pelo hospedeiro (MCWHORTER et al., 2009). Os AGCCs, como o ácido acético, ácido propiônico, e o ácido butírico são considerados metabólitos necessários, pois contribuem com a funcionalidade e integridade intestinal (MEIMANDIPOUR et al., 2010), fornecendo energia aos enterócitos, e assim, facilitando a proliferação de células da mucosa intestinal (RINTTILÄ; APAJALAHTI, 2013). Esses subprodutos são benéficos para o metabolismo energético e contribuem para diminuir o pH do ambiente intestinal de frangos de corte (VAN-DER-WIELEN et al., 2000) e, desta forma, inibir o crescimento de bactérias patogênicas (JÓZEFIK et al. 2004; APAJALAHTI, 2005), já que são conhecidos pela sua atividade antimicrobiana (VAN-DEUN et al., 2008).

Os efeitos bactericidas dos AGCCs são dependentes da acidez do meio. O butirato apresenta maior potencial em manter o pH do ambiente intestinal mais ácido, apresentando papel mais significativo no controle de microrganismos patogênicos como a *Salmonella* e *Clostridium*, em especial *C. jejuni*. O modo de ação contra esses patógenos está ligado com a capacidade do ácido na sua forma não dissociada em atravessar membranas bacterianas. Uma vez no interior, o pH mais alto do citoplasma causa dissociação do ácido e a redução no pH da célula, interrompendo as suas funções (CHERRINGTON et al., 1991; MONTAGNE et al., 2003; VAN-DEUN et al., 2008). Além disso, o ácido butírico nutre as células do enterócito e pode aumentar a produção de mucina intestinal e alterar a adesão bacteriana (JUNG et al., 2015).

Van-der-Wielen et al. (2000), observaram a correlação negativa entre *Enterobacteriaceae* e os ácidos acético, propanóico e butírico. Quando correlacionaram *Enterococcus* com os mesmos ácidos, apenas foi observado correlação negativa para o ácido acético. Para *Lactobacillus* e outros grupos bacterianos não foi observada correlação com os AGCCs.

Os efeitos benéficos dos *Lactobacillus* são amplamente conhecidos. Essas cepas probióticas auxiliam na saúde intestinal prevenindo a colonização de bactérias patogênicas (MAÑES-LÁZARO et al., 2017). Estudos demonstram que os *Lactobacillus* são capazes de regular positivamente o sistema imune de frangos desafiados (SEFCOVÁ et al., 2020a; SEFCOVÁ et al., 2020b). Esse benefício pode estar ligado com a capacidade dessas bactérias em produzir diferentes tipos de AGCC (TEAME et al., 2020), que são capazes de manter a saúde do hospedeiro.

O contato das aves com os microrganismos inicia-se a partir da fase embrionária (ALEXANDRINO et al., 2020), e aumenta ao nascimento e desenvolvimento (LU et al., 2003). A microbiota pode ser caracterizada como comensal ou patogênica e ambas podem ser alteradas com a idade e o ambiente a que os animais são expostos, como manejo da cama, dieta, aditivos alimentares, administração de antibióticos, e infecção por microrganismos patogênicos (KNARREBORG et al., 2002; WEI et al., 2013).

A diversidade, composição e estrutura da microbiota podem ser modificadas usando intervenções alimentares. Diferentes composições de dieta, uso de enzimas exógenas e de outros aditivos podem modular a microbiota cecal e modificar substratos e produtos da fermentação (JOZÉFIAK et al., 2004; JOZÉFIAK et al., 2010). Sendo assim, a determinação das espécies de microrganismos presentes nos segmentos intestinais é de fundamental importância para a compreensão do papel da microbiota na fisiologia das aves (FEYE et al., 2020a).

## 2.2 Efeito dos níveis energéticos da dieta sobre a microbiota intestinal

No âmbito científico e industrial, o termo saúde intestinal (SI) vem sendo amplamente mencionado e estudado, pois está relacionado diretamente com o bom desempenho das aves (OLIVEIRA et al., 2017). Além disso, estudos relacionados a SI têm sido intensificados devido à demanda por eficiência econômica, redução de impactos ambientais, e crescente pressão dos consumidores pela proibição dos antibióticos melhoradores de crescimento (MORGAN, 2017).

Um intestino saudável é aquele capaz de se manter em equilíbrio, com capacidade de regular a homeostase por meio de funções físicas, fisiológicas e microbiológicas, fornecendo ao hospedeiro o potencial de resistir aos estressores infecciosos e não infecciosos (KOGUT, 2019). Em adição, muitas doenças estão associadas ao desequilíbrio das bactérias benéficas e patogênicas no intestino, e essa desproporção é chamada de disbiose (CHAN et al., 2013).

Por tornar o trato gastrointestinal (TGI) vulnerável, a multiplicação indesejada de bactérias patogênicas pode provocar o aumento da permeabilidade intestinal, ocasionando a passagem de lipopolissacarídeos para a circulação sistêmica (endotoxemia) e apresentar um estado inflamatório crônico (MORAES, 2017). Segundo Corando et al. (2018), um quadro de disbiose intestinal é responsável pelo aumento na produção de toxinas metabólicas que podem induzir a processos inflamatórios.

No entanto, quando se fala em saúde intestinal, em sua maioria, o direcionamento é para o controle de doenças frequentes encontradas em campo, como a coccidiose, clostridiose e salmoneloses. O foco acaba sendo as consequências, e não a causa do problema. Evidências atuais demonstram que fatores dietéticos podem afetar o ecossistema e a funcionalidade da microbiota intestinal, ponderando que o verdadeiro problema pode ser induzido pelo excedente de nutrientes da dieta (CHAN et al., 2013; WEISS; HENNET, 2017). O excesso de nutrientes não será digerido e absorvido no intestino delgado, ficando disponível para a proliferação de fungos e bactérias no intestino grosso, afetando o equilíbrio da microbiota (WEISS; HENNET, 2017).

Considerando o excesso de nutrientes, as dietas de frangos de corte no Brasil são dependentes dos cereais, o que implica em maior quantidade de carboidratos, que são menos digeríveis, e podem ocasionar transtornos no trânsito intestinal das aves (DELMASCHIO, 2018) e quadro inflamatório.

Além dos carboidratos, os lipídios são utilizados por nutricionistas nas formulações de rações de frangos de corte para elevar a densidade energética, pois as aves requerem alto conteúdo de energia metabolizável para expressarem o seu máximo potencial genético (DAL PONT et al., 2020). No entanto, muitas vezes, para compensar possíveis perdas de desempenho animal no campo, a indústria faz uso de dietas com alta densidade energética, o que pode ser excessivo à capacidade metabólica do animal. Neste contexto, Humphrey et al. (2014), afirmam que em busca de crescimento rápido e qualidade de carcaça, as dietas fornecidas com excesso de nutrientes para as linhagens modernas de frangos de corte podem desregular o sistema imunológico no intestino. Da mesma forma, Kogut et al. (2018), enfatizam que o excesso persistente de nutrientes (ácidos graxos e carboidratos) pode impactar em uma disbiose, causando inflamações sistêmicas.

Estudos de Cani et al. (2007a) e Cani et al. (2007b), apontaram que dietas ricas em gordura podem desequilibrar a microbiota por diminuir a colonização de *Bifidobacterium*, grupo de bactérias correlacionado à manutenção da barreira intestinal, promovendo o

crescimento de microrganismos produtores de endotoxinas, desencadeando uma inflamação de baixo grau.

Fatores dietéticos podem explicar 57% da modificação morfológica da microbiota intestinal, enquanto as mudanças na genética são responsáveis por não mais que 12% (ZHANG et al., 2010). De fato, a dieta tem papel importante na modulação da microbiota intestinal, sendo que mudanças relativas à populações específicas podem transformar uma microbiota saudável em uma indutora de doenças. Dessa forma, altos níveis energéticos na dieta, além de impactar diretamente o custo de produção, podem apresentar efeito sobre a microbiota intestinal, alterando o perfil da comunidade microbiana e os produtos por ela gerados.

### 2.3 Efeito das enzimas exógenas no organismo das aves

As enzimas exógenas são amplamente utilizadas nas indústrias de rações por melhorarem a digestibilidade dos nutrientes (BEDFORD; COWIESON, 2020). Em geral, no Brasil, para frangos de corte utilizam-se dietas não viscosas, as quais são compostas por cereais de alta digestibilidade, como o milho e o farelo de soja. Ainda assim, essa dieta é passível de melhoria na digestibilidade a partir da inclusão de enzimas exógenas (BARBOSA et al., 2014), tendo em vista que o milho e o farelo de soja possuem em sua estrutura 10,3% e 19,1% de PNA's, respectivamente (CLASSEN, 1996).

As aves não possuem enzimas endógenas capazes de hidrolisar fatores antinutricionais que estão presentes na parede celular dos grãos e causam transtornos no trânsito intestinal, e reduzem a eficiência alimentar. Para contornar esse efeito adverso, as enzimas exógenas suplementadas nas dietas rompem a parede celular da planta liberando nutrientes encapsulados. Com isso, a viscosidade intestinal é reduzida e a digestibilidade melhorada, refletindo em um melhor desempenho animal (RAVINDRAN, 2013; AMERAH, 2015). Em consequente, há aumento do valor nutritivo dos ingredientes da ração, permitindo maior flexibilidade na formulação da dieta, e grande potencial na mitigação da poluição ambiental, reduzindo a excreção de alguns elementos como nitrogênio e fósforo (ALAGAWANY et al., 2018).

As enzimas exógenas mais utilizadas na alimentação animal são aquelas capazes de degradar amido, fitato, proteínas e fibra, e são classificadas de acordo com o substrato de atuação como as carboidrases, fitase, proteases e celulasas, respectivamente (BARLETTA, 2011; GRECCO et al., 2019).

As carboidrases são enzimas específicas suplementadas para atuar na quebra dos carboidratos, aumentando o aproveitamento dos nutrientes em dietas que contenham alta concentração de PNA's (MACAMBIRA et al., 2021). Segundo Abreu (2017), a xilanase e a beta-glucanase estão entre as principais carboidrases mais eficientes na degradação dos PNA's, as quais hidrolisam xilanos e beta glucanos, respectivamente. Estudos recentes apontam que o uso de xilanase na alimentação de frangos de corte favorece o desempenho, proporcionando maior peso corporal e melhor conversão alimentar (LATHAM et al., 2016; WILLIAMS et al., 2018).

A maior parte do fósforo presente nos ingredientes utilizados na ração animal se encontra na forma de fitato, molécula indisponível para absorção nas aves. A fitase age clivando os grupos fosfato do fitato, aumentando o fósforo disponível e reduzindo seus efeitos antinutricionais (AMERAH, 2015; BROCH et al., 2020a). Utilizando fitase nas dietas de frangos de corte, Broch et al. (2020b), observaram melhorias no desempenho dos animais.

Angel et al. (2011), relataram que quantidades valiosas de proteínas passam pelo TGI sem serem completamente digeridas. Como solução para melhorar a digestibilidade desse nutriente é utilizado as proteases exógenas. Estudos feitos por Romero et al. (2013) e Romero et al. (2014), demonstram um aumento na digestibilidade ileal de proteínas e aminoácidos de dietas com suplementação de proteases fornecidas para frangos de corte.

Por serem substrato-dependente (SCHRAMM et al., 2017; YADAV; JHA, 2019), as enzimas podem ser mais eficientes em retirar energia de dietas com redução do nível energético. Isso ocorre devido ao balanceamento das rações, pois a diminuição de óleo (principal ingrediente para elevar a densidade energética) na dieta acarreta em aumento da quantidade de milho, proporcionando maior quantidade e disponibilidade de substrato para a ação da enzima.

Alguns autores citam que a utilização de enzimas exógenas em conjunto apresenta melhor resultado na efetividade da utilização das dietas comparado com a utilização de uma enzima isolada (TEJEDOR et al., 2001). De acordo com Mathlouthi et al. (2002), a melhor utilização dos nutrientes da dieta diminui a quantidade de substrato encontrado no intestino, e conseqüentemente ocasiona uma mudança na quantidade, composição e funções metabólicas da microbiota por meio da exclusão competitiva entre os microrganismos.

As carboidrases, ao hidrolisar PNA's como os arabinoxilanos, dão origem aos xilooligossacarídeos, com efeito prebiótico por servirem de substrato para bactérias benéficas, como *Bifidobacter* e *Lactobacilli spp.*, modulando a microbiota de forma positiva (CRAIG et al., 2017; PESTANA et al., 2020).

Uma microbiota desequilibrada afeta a metabolização de nutrientes pelo animal e afeta o sistema imunológico, já que não consegue evitar a proliferação de microrganismos patogênicos. Contornando esse malefício, no estudo realizado por Liu e Kim (2017a) revelou-se que a utilização de xilanase aumentou o número de *Lactobacillus* e diminuiu a contagem de *E. coli* no íleo e no ceco. Em adição, a mesma enzima diminuiu a contagem de *Salmonella* (NIAN et al., 2011). Além de *Lactobacillus*, Liu et al. (2017b), utilizando complexo enzimático demonstraram maior contagem de *Bifidobacterias* e diminuição de *C. perfringens*, assim como as lesões causadas por essa bactéria causadora de enterite necrótica. Como observado, a utilização de enzimas tem a capacidade de aumentar a colonização de *Lactobacillus*, microrganismos que produzem ácidos orgânicos e bacteriocinas, responsáveis por promoverem a presença de bactérias lácticas (BORDA-BOLINA et al., 2018). Além disso, bacteriocinas são ativas contra *Eimeria*, protozoário responsável pela coccidiose, doença de impacto mundial na avicultura (PROSZKOWIEC-WEGLARZ et al., 2020).

Em estudos realizados por Williams et al. (2018) e Craig et al. (2019), os autores relataram que o uso de enzimas exógenas tem a capacidade de influenciar a produção de AGCC. Esses ácidos orgânicos têm como principal alvo a parede celular bacteriana e a membrana citoplasmática de microrganismos potencialmente patogênicos (VIECO-SAIZ et al., 2019). Desta maneira, são frequentemente associados à diminuição na população das bactérias patogênicas e aumento de bactérias benéficas (ENGBERG et al., 2004). Além disso, as enzimas apresentam a capacidade de degradar polímeros de peptidoglicano, e através da remoção desses fragmentos bacterianos do lúmen intestinal, pode-se aumentar a funcionalidade e eficiência do intestino (KLAUSEN; WARD, 2018).

Por assimilar uma série de fatores antinutricionais, as enzimas permitem uma redução na inflamação no epitélio do intestino. A remoção dessas moléculas nocivas da digesta causa diminuição nas perdas endógenas como a da mucina (KLEYN; CHRYSYAL, 2020).

Tendo em vista os estudos acima, é de conhecimento que os benefícios da utilização de enzimas exógenas podem ir além dos benefícios no desempenho e diminuição de custos com a alimentação, favorecendo também a microbiota e evitando disbioses intestinais.

#### 2.4 Efeito do posbiótico no organismo das aves

A família dos bióticos é amplamente estudada e envolve normalmente os prebióticos, probióticos e simbióticos (ARISTIDES et al., 2012). O termo posbiótico é relativamente novo

e se refere aos produtos fermentados do metabolismo de um organismo probiótico (KAREEM et al., 2016).

Os posbióticos podem ser denominados como metabióticos, biogênicos, metabólitos sobrenadantes livres de células (AGUILAR-TOALÁ et al., 2018), e probióticos metabólicos (SHENDEROV, 2013). Os metabólitos mais estudados são provindos de diferentes cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, e em menor grau, da atividade metabólica de diferentes espécies de *Saccharomyces* (CUEVAS-GONZÁLES et al., 2020).

Aguilar-Toalá et al. (2018), definiram o termo posbiótico como produtos ou subprodutos metabólicos solúveis secretados por microrganismos vivos ou liberados após a lise bacteriana, os quais oferecem benefícios fisiológicos para o hospedeiro fornecendo bioatividades adicionais. Esses fatores solúveis incluem os AGCC, bacteriocinas e outras moléculas antimicrobianas, enzimas, peptídeos, polissacarídeos, lipo e glicoproteínas, vitaminas, plasmalogênios, ácidos orgânicos e nucleicos e antioxidantes (CASELLI et al., 2011; SHENDEROV, 2013; AGUILAR-TOALÁ et al., 2018; WEGH et al., 2019). De fato, diversas cepas probióticas podem produzir diferentes moléculas bioativas supracitadas (SHENDEROV, 2013).

Os posbióticos podem apresentar propriedades antimicrobianas, antioxidantes, e imunomoduladoras, o que afeta positivamente a homeostase da microbiota (NAKAMURA et al., 2016; AGUILAR-TOALÁ et al., 2018). O efeito antimicrobiano do posbiótico se dá pela presença de vários compostos que apresentam propriedades bacteriostáticas ou bactericidas, o qual diminui a carga bacteriana patogênica na microbiota gastrointestinal (KAREEM et al., 2016).

Segundo Sharma e Shukla (2016), a utilização do posbiótico auxilia na manutenção da homeostase do intestino e favorece o crescimento de bactérias benéficas. Humam et al. (2019), concluíram que o posbiótico oriundo de *Lactobacillus plantarum* apresenta potencial como agente anti-estresse e como substituto aos antibióticos melhoradores de desempenho na indústria avícola.

Loh et al. (2014), observaram redução de *Enterobacteriaceae* e aumento de bactérias ácido lácticas, além de aumentar o teor de AGCC com a suplementação de posbiótico provindo de *Lactobacillus plantarum* na dieta de poedeiras. De acordo com Kareem et al. (2016), o uso de posbiótico por bactéria lácticas + inulina em dietas melhoram o desempenho e a saúde intestinal de frangos de corte. Do mesmo modo, Thanh et al. (2009), observaram efeitos semelhantes ao utilizar apenas o posbiótico.

Com os estudos demonstrando que as bactérias probióticas têm a capacidade de adquirir genes de resistência aos antibióticos e podem transferi-los a outros organismos (GUEIMONDE et al., 2013; SHAZALI et al., 2014), a utilização do posbiótico pode ser uma alternativa. Além disso, o posbiótico contorna a preocupação da viabilidade e estabilidade dos microrganismos vivos probióticos, fazendo com que haja a entrega do produto de forma íntegra para agir no local desejado do intestino (WEGH et al., 2019). Um passo à frente do probiótico, o posbiótico surge como uma provável alternativa mais segura, cumprindo o mesmo papel e apresentando maior vida útil.

#### 2.4.1 Fermentado de *Saccharomyces cerevisiae* e seus efeitos no organismo das aves

Dentre os produtos utilizados como posbiótico se encontram os oriundos da atividade metabólica da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (CANOCINI et al., 2011). Segundo Gingerich et al. (2021), os metabólitos funcionais são produzidos por meio de um processo de fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

Em trabalho recente, frangas desafiadas com *Salmonella* enteritidis e alimentadas com dieta contendo posbiótico de *Saccharomyces cerevisiae* apresentaram redução na carga de colonização dessa bactéria patogênica. De acordo com os autores, a suplementação do posbiótico resulta em uma microbiota intestinal mais vigorosa e cria um ambiente impróprio para a colonização da *Salmonella* (GINGERICH et al., 2021).

Diversos estudos utilizando o posbiótico derivado de *Saccharomyces cerevisiae* em dietas de frangos comerciais comprovam os diversos benefícios para o organismo do animal. Tais efeitos englobam melhorias no desempenho animal (GAO et al., 2008; GAO et al., 2009; ROTO et al., 2017), na digestibilidade de minerais (cálcio e fósforo) (GAO et al., 2008), em parâmetros de saúde intestinal (GAO et al., 2008; GAO et al., 2009; LENSING et al., 2012; GINGERICH et al., 2021), parâmetros hepáticos em aves desafiadas com aflatoxina (OSWILER et al., 2010), redução da colonização de *Salmonella* no intestino (ROTO et al., 2017), diminuição de lesões intestinais durante infecção por coccidiose (GAO et al., 2009), e redução da susceptibilidade ao estresse (NELSON et al., 2018). Os benefícios descritos na literatura enfatizam o potencial deste aditivo como alternativa aos antibióticos melhoradores de desempenho (ROTO et al., 2017).

Em estudos *in vitro* ficou demonstrado que a utilização de posbiótico fermentado de *Saccharomyces cerevisiae* tem a capacidade de acelerar a inibição de *Salmonella typhimurium*

e modular o microbioma cecal diminuindo a colonização por *Campylobacter jejuni* (PARK et al., 2017a; FEYE et al., 2020b).

## 2.5 Efeito da dieta sobre a atividade de enzimas digestivas

As enzimas digestivas secretadas pelos órgãos do trato gastrointestinal (TGI) como o intestino e o pâncreas, são responsáveis pela hidrólise dos nutrientes da dieta e tem papel fundamental na absorção dos produtos da digestão (YOKHANA et al., 2016). Dentre as enzimas digestivas secretadas encontram-se a amilase, sacarase, lipase, tripsina e quimotripsina, as quais atuam na clivagem dos carboidratos, lipídeos e proteínas da dieta.

A secreção das enzimas digestivas, tanto no pâncreas como na mucosa intestinal, varia de acordo com a idade, tendo um aumento expressivo conforme a ave vai desenvolvendo as funções fisiológicas do organismo. A influência da idade nesse processo está relacionada com a maturação dos órgãos que compõe o sistema digestório (DE LIMA et al., 2003).

Segundo Souza et al. (2005), a produção de enzimas varia de acordo com a frequência do consumo de ração. Outro ponto importante que pode afetar a atividade das enzimas endógenas é a composição da dieta. Estudos demonstram que aditivos e/ou ingredientes são capazes de modular a atividade das enzimas endógenas, como a suplementação de aditivos fitogênicos (JANG et al., 2007; HASHEMIPOUR et al., 2013; LONG et al., 2020; ALAGAWANY et al., 2021), fibra insolúvel (YOKHANA et al., 2016), diferentes fontes de óleo (ATTIA et al., 2020), níveis de energia (DE LIMA et al., 2003), enzimas exógenas (JIANG et al., 2008) e probióticos e seus metabólitos (RAJPUT et al., 2013; SUN et al., 2016; GONG et al., 2018).

De Lima et al. (2003), observaram que os níveis de energia influenciaram a atividade da lipase e amilase pancreática. Para a atividade das enzimas intestinais, os autores observaram apenas mudança na atividade da amilase. Jiang et al. (2008), utilizando diferentes níveis de amilase exógena observaram que a suplementação aumentou a produção de enzimas proteolíticas, porém, a influência é dose-dependente. Neste sentido, a utilização de enzimas exógenas complementa e melhora a atividade de enzimas endógenas (DA SILVA et al., 2018).

Ahiwe et al. (2020), observaram maior síntese de enzimas digestivas quando suplementaram parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* em dietas para frangos de corte,

enquanto Zhang et al. (2020), obtiveram maior atividade de amilase e quimotripsina no segmento duodeno.

O aumento das atividades das enzimas digestivas pode ser um indicador de melhor digestibilidade, aumentando a taxa de utilização e a capacidade de absorção dos nutrientes (GONG et al., 2018; ALAGAWANY et al., 2021). Logo, acredita-se que dependendo do nível de energia da dieta e a inclusão de aditivos, como enzimas exógenas e posbiótico, isolados ou em conjunto, podem ter efeitos diferenciados sobre a síntese de enzimas digestivas, e consequentemente, no desempenho dos animais.

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Comitê de ética

O experimento foi realizado conforme os princípios éticos na experimentação animal com aprovação pelo Comitê de Ética para uso de animais em pesquisa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (protocolo nº 16/2020).

#### 3.2 Instalações, aves e delineamento experimental

O Experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Avicultura localizado no Núcleo de Estações Experimentais pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon.

O galpão experimental utilizado foi construído em alvenaria, com piso de concreto, telha de aluzinco e subdividido em boxes de 1,96 m<sup>2</sup>. Cada box dispunha de comedouro tubular, bebedouros tipo *nipple*, sendo o piso recoberto com maravalha de pinus de segundo uso. As aves receberam água e ração *ad libitum* durante todo o período experimental. Nos 3 primeiros dias de vida as aves receberam 24 horas de luz, dos 4 aos 7 dias de idade foram fornecidas 23 horas de luz e a partir dos 8 dias de idade até o final do período experimental, 18 horas de luz. A temperatura fornecida para a fase pré-inicial foi de 33°C, e a partir dessa temperatura houve redução gradativa até chegar aos 20°C. As condições ambientais (programa de iluminação, controle de temperatura, umidade e ventilação mínima) foram controladas utilizando painel Smaai 4, forno a pellets para aquecimento, exaustores, *inlets* e placas evaporativas.

Ao todo foram alojados 2592 pintos de corte, machos, da linhagem Ross, com um dia de idade, e peso médio inicial de 45,4±0,62 gramas. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2x2 (três níveis energéticos, com ou sem adição de *blend* enzimático e com ou sem adição de posbiótico), com nove repetições, e 24 aves por unidade experimental (UE).

#### 3.3 Dietas experimentais

As dietas experimentais foram fareladas e formuladas à base de milho e farelo de soja contendo farinha de origem animal, a fim de atender as exigências nutricionais das aves para as

respectivas fases do programa alimentar adotado (1 a 7 dias, 8 a 21 dias, 22 a 28 dias, 29 a 35 dias e 36 a 42 dias de idade) (Tabelas 1 a 5). A partir dos níveis de energia mais elevados (1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>), foram estabelecidos dois novos níveis (intermediário e baixo), com redução de 40 e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases, respectivamente.

O *blend* enzimático utilizado possuía em sua composição 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase, e a matriz nutricional utilizada foi a recomendada pelo fabricante, com valorização de energia metabolizável, proteína, lisina, cálcio, fósforo, metionina+cistina e treonina, em 97 kcal, 0,800%, 0,028%, 0,162%, 0,162%, 0,0009% e 0,0006%, respectivamente. A fitase foi produzida a partir da combinação de material genético de *Hafnia sp.*, *Yersinia sp.* e *Buttauxiella sp.* transcrito no *Aspergillus niger*. O gene da protease foi obtido do microrganismo *Bacillus clausii* e inserido no hospedeiro *Bacillus subtilis*, que a produz. As carboidrases foram produzidas essencialmente por *Aspergillus niger*. O posbiótico foi produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*, composto por peptídeos, proteínas, vitaminas, minerais, carboidratos, fitoesteróis, ácidos orgânicos, antioxidantes, nucleotídeos e mananoligossacarídeos, e foi adicionado em substituição ao inerte da ração (kg kg<sup>-1</sup>), de acordo com a recomendação do fabricante.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes	3050 kcal kg <sup>-1</sup>	3050 kcal kg <sup>-1</sup>	3010 kcal kg <sup>-1</sup>	3010 kcal kg <sup>-1</sup>	2970 kcal kg <sup>-1</sup>	2970 kcal kg <sup>-1</sup>
	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima
Milho	48,98	55,66	49,89	56,53	50,81	57,40
Farelo de soja	40,06	36,86	39,92	36,75	39,77	36,64
Óleo de soja	4,38	1,54	3,61	0,78	2,85	0,03
Farinha de carne	3,51	3,51	3,50	3,50	3,49	3,49
Fosfato bicálcico	0,873		0,873		0,874	
Calcário calcítico	0,602	0,755	0,605	0,757	0,608	0,760
Sal comum	0,452	0,465	0,452	0,465	0,452	0,465
DL-Metionina 99%	0,368	0,347	0,367	0,346	0,366	0,344
Lisina sulfato 54%	0,268	0,334	0,271	0,336	0,275	0,338
L-Treonina 98%	0,064	0,066	0,064	0,066	0,065	0,065
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Ionóforo <sup>3</sup>	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Adsorvente de micotoxinas <sup>4</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto colina 60%	0,091	0,101	0,091	0,101	0,091	0,101
Inerte <sup>5</sup>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
<i>Blend</i> enzimático <sup>6</sup>		0,015		0,015		0,015
<b>Composição calculada</b>						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3010	3010	2970	2970
Proteína bruta (%)	24,51	24,41	24,51	24,43	24,51	24,44
Lisina dig (%)	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330
Metionina +cistina dig (%)	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984
Treonina dig (%)	0,851	0,851	0,851	0,851	0,851	0,851
Valina dig (%)	0,988	0,992	0,988	0,992	0,988	0,993
Cálcio (%)	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
Fósforo disp. (%)	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474
Sódio (%)	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Potássio (%)	0,993	0,947	0,992	0,947	0,992	0,947

<sup>1</sup>Níveis por quilograma de dieta: Vit. A 11.700 UI, Vit. D3 3.250 UI, Vit. E 26 UI, Vit. K3 3,25mg, Vit. B1 2,6mg, Vit. B2 7,8mg, Vit. B6 3,9mg, Vit. B12 19,5µg, Ácido pantotênico 15,6mg, Ácido nicotínico 45,5mg, Ácido fólico 1,95mg, Biotina 0,13mg, Selênio 0,325mg; <sup>2</sup>Níveis por quilograma de dieta: cobre 10 mg, ferro 50 mg, Manganês 65 mg, Iodo 1 mg, Zinco 65 mg; <sup>3</sup>Salinomicina 24%; <sup>4</sup>Alumínio silicato; <sup>5</sup>Posbiótico produzido a partir da levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi adicionado às rações em substituição ao inerte (Kaolin®); <sup>6</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase

Tabela 2. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 8 a 21 dias de idade

Ingredientes	3225 kcal kg <sup>-1</sup>		3145 kcal kg <sup>-1</sup>		3065 kcal kg <sup>-1</sup>	
	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima
Milho	52,69	58,56	54,52	60,30	56,35	62,04
Farelo de soja	34,38	31,89	34,08	31,67	33,78	31,46
Óleo de soja	6,43	3,74	4,91	2,23	3,38	0,72
Farinha de carne	3,51	3,51	3,50	3,50	3,48	3,48
Fosfato bicálcico	0,877		0,878		0,878	
Calcário calcítico	0,598	0,748	0,604	0,754	0,610	0,760
Sal comum	0,421	0,434	0,420	0,433	0,420	0,433
DL-Metionina 99%	0,322	0,295	0,320	0,292	0,318	0,290
Lisina sulfato 54%	0,244	0,283	0,251	0,286	0,258	0,290
L-Treonina 98%	0,058	0,050	0,058	0,049	0,058	0,049
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Ionóforo <sup>3</sup>	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Adsorvente de micotoxinas <sup>4</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto colina 60%	0,111	0,118	0,111	0,118	0,111	0,117
Inerte <sup>5</sup>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
<i>Blend</i> enzimático <sup>6</sup>		0,015		0,015		0,015
<b>Composição calculada</b>						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3225	3225	3145	3145	3065	3065
Proteína bruta (%)	22,14	22,28	22,15	22,31	22,16	22,35
Lisina dig (%)	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180
Metionina +cistina dig (%)	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886	0,886
Treonina dig (%)	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765
Valina dig (%)	0,891	0,905	0,891	0,907	0,891	0,908
Cálcio (%)	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
Fósforo disp. (%)	0,467	0,467	0,467	0,467	0,467	0,467
Sódio (%)	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Potássio (%)	0,887	0,854	0,887	0,854	0,886	0,855

<sup>1</sup>Níveis por quilograma de dieta: Vit. A 11.700 UI, Vit. D3 3.250 UI, Vit. E 26 UI, Vit. K3 3,25mg, Vit. B1 2,6mg, Vit. B2 7,8mg, Vit. B6 3,9mg, Vit. B12 19,5µg, Ácido pantotênico 15,6mg, Ácido nicotínico 45,5mg, Ácido fólico 1,95mg, Biotina 0,13mg, Selênio 0,325mg; <sup>2</sup>Níveis por quilograma de dieta: cobre 10 mg, ferro 50 mg, Manganês 65 mg, Iodo 1 mg, Zinco 65 mg; <sup>3</sup>Salinomicina 24%; <sup>4</sup>Alumínio silicato; <sup>5</sup>Posbiótico produzido a partir da levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi adicionado às rações em substituição ao inerte (Kaolin®); <sup>6</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase

Tabela 3. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 22 a 28 dias de idade

Ingredientes	3280 kcal kg <sup>-1</sup>		3200 kcal kg <sup>-1</sup>		3120 kcal kg <sup>-1</sup>	
	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima
Milho	56,56	61,95	58,34	63,69	60,08	65,43
Farelo de soja	30,82	28,76	30,57	28,54	30,36	28,33
Óleo de soja	6,63	4,02	5,11	2,50	3,60	0,99
Farinha de carne	3,09	3,09	3,07	3,07	3,05	3,05
Fosfato bicálcico	0,880		0,880		0,880	
Calcário calcítico	0,607	0,756	0,612	0,762	0,618	0,767
Sal comum	0,382	0,395	0,382	0,394	0,381	0,394
DL-Metionina 99%	0,289	0,259	0,287	0,256	0,284	0,253
Lisina sulfato 54%	0,227	0,249	0,232	0,253	0,236	0,257
L-Treonina 98%	0,052	0,038	0,051	0,037	0,051	0,037
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Ionóforo <sup>3</sup>	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Adsorvente de micotoxinas <sup>4</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto colina 60%	0,110	0,115	0,110	0,115	0,109	0,114
Inerte <sup>5</sup>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
<i>Blend</i> enzimático <sup>6</sup>		0,015		0,015		0,015
<b>Composição calculada</b>						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3280	3280	3200	3200	3120	3120
Proteína bruta (%)	20,58	20,86	20,60	20,89	20,64	20,92
Lisina dig (%)	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
Metionina + cistina dig (%)	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822
Treonina dig (%)	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707
Valina dig (%)	0,828	0,850	0,829	0,851	0,830	0,852
Cálcio (%)	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924
Fósforo disp. (%)	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440	0,440
Sódio (%)	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194
Potássio (%)	0,823	0,797	0,823	0,798	0,824	0,798

<sup>1</sup>Níveis por quilograma de dieta: Vit. A 11.700 UI, Vit. D3 3.250 UI, Vit. E 26 UI, Vit. K3 3,25mg, Vit. B1 2,6mg, Vit. B2 7,8mg, Vit. B6 3,9mg, Vit. B12 19,5µg, Ácido pantotênico 15,6mg, Ácido nicotínico 45,5mg, Ácido fólico 1,95mg, Biotina 0,13mg, Selênio 0,325mg; <sup>2</sup>Níveis por quilograma de dieta: cobre 10 mg, ferro 50 mg, Manganês 65 mg, Iodo 1 mg, Zinco 65 mg; <sup>3</sup>Salinomycin 24%; <sup>4</sup>Alumínio silicato; <sup>5</sup>Posbiótico produzido a partir da levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi adicionado às rações em substituição ao inerte (Kaolin<sup>®</sup>); <sup>6</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase

Tabela 4. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 29 a 35 dias de idade

Ingredientes	3320 kcal kg <sup>-1</sup>	3320 kcal kg <sup>-1</sup>	3240 kcal kg <sup>-1</sup>	3240 kcal kg <sup>-1</sup>	3160 kcal kg <sup>-1</sup>	3160 kcal kg <sup>-1</sup>
	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima
Milho	58,49	63,84	60,23	65,58	61,97	67,32
Farelo de soja	29,11	27,08	28,90	26,87	28,68	26,65
Óleo de soja	6,96	4,35	5,44	2,84	3,93	1,33
Farinha de carne	2,71	2,71	2,69	2,69	2,67	2,67
Fosfato bicálcico	0,880		0,880		0,880	
Calcário calcítico	0,611	0,761	0,617	0,766	0,623	0,772
Sal comum	0,368	0,381	0,367	0,380	0,367	0,380
DL-Metionina 99%	0,267	0,236	0,264	0,234	0,262	0,231
Lisina sulfato 54%	0,204	0,225	0,208	0,229	0,212	0,233
L-Treonina 98%	0,043	0,029	0,042	0,029	0,042	0,028
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Ionóforo <sup>3</sup>	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cloreto colina 60%	0,107	0,112	0,106	0,112	0,106	0,111
Inerte <sup>4</sup>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
<i>Blend</i> enzimático <sup>5</sup>		0,015		0,015		0,015
<b>Composição calculada</b>						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3320	3320	3240	3240	3160	3160
Proteína bruta (%)	19,72	20,01	19,75	20,04	19,79	20,07
Lisina dig (%)	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
Metionina + cistina dig (%)	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783	0,783
Treonina dig (%)	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672
Valina dig (%)	0,795	0,817	0,797	0,818	0,798	0,820
Cálcio (%)	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Fósforo disp. (%)	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417
Sódio (%)	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186
Potássio (%)	0,791	0,765	0,792	0,766	0,793	0,767

<sup>1</sup>Níveis por quilograma de dieta: Vit. A 11.700 UI, Vit. D3 3.250 UI, Vit. E 26 UI, Vit. K3 3,25mg, Vit. B1 2,6mg, Vit. B2 7,8mg, Vit. B6 3,9mg, Vit. B12 19,5µg, Ácido pantotênico 15,6mg, Ácido nicotínico 45,5mg, Ácido fólico 1,95mg, Biotina 0,13mg, Selênio 0,325mg, <sup>2</sup>Níveis por quilograma de dieta: cobre 10 mg, ferro 50 mg, Manganês 65 mg, Iodo 1 mg, Zinco 65 mg, <sup>3</sup>Salinomicina 24%; <sup>4</sup>Posbiótico produzido a partir da levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi adicionado às rações em substituição ao inerte (Kaolin®); <sup>5</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase

Tabela 5. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos de corte para o período de 36 a 42 dias de idade

Ingredientes	3360 kcal kg <sup>-1</sup>	3360 kcal kg <sup>-1</sup>	3280 kcal kg <sup>-1</sup>	3280 kcal kg <sup>-1</sup>	3200 kcal kg <sup>-1</sup>	3200 kcal kg <sup>-1</sup>
	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima	Sem enzima	Com enzima
Milho	58,93	64,28	60,67	66,02	62,41	67,76
Farelo de soja	28,58	26,55	28,36	26,33	28,15	26,12
Óleo de soja	7,49	4,88	5,98	3,37	4,46	1,86
Farinha de carne	2,32	2,32	2,31	2,31	2,29	2,29
Fosfato bicálcico	0,880		0,880		0,880	
Calcário calcítico	0,615	0,764	0,621	0,770	0,626	0,776
Sal comum	0,363	0,376	0,363	0,376	0,363	0,375
DL-Metionina 99%	0,258	0,228	0,256	0,225	0,253	0,223
Lisina sulfato 54%	0,187	0,208	0,191	0,212	0,195	0,216
L-Treonina 98%	0,038	0,024	0,037	0,023	0,037	0,023
Suplemento Vitamínico <sup>1</sup>	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Suplemento Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto colina 60%	0,100	0,105	0,100	0,105	0,099	0,104
Inerte <sup>3</sup>	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
<i>Blend</i> enzimático <sup>4</sup>		0,015		0,015		0,015
<b>Composição calculada</b>						
Energia metabolizável (kcal/kg)	3360	3360	3280	3280	3200	3200
Proteína bruta (%)	19,30	19,59	19,34	19,62	19,37	19,64
Lisina dig (%)	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
Metionina + cistina dig (%)	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767
Treonina dig (%)	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655
Valina dig (%)	0,780	0,802	0,782	0,803	0,783	0,805
Cálcio (%)	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830
Fósforo disp. (%)	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395
Sódio (%)	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182
Potássio (%)	0,779	0,753	0,780	0,764	0,780	0,755

<sup>1</sup>Níveis por quilograma de dieta: Vit. A 11.700 UI, Vit. D3 3.250 UI, Vit. E 26 UI, Vit. K3 3,25mg, Vit. B1 2,6mg, Vit. B2 7,8mg, Vit. B6 3,9mg, Vit. B12 19,5µg, Ácido pantotênico 15,6mg, Ácido nicotínico 45,5mg, Ácido fólico 1,95mg, Biotina 0,13mg, Selênio 0,325mg; <sup>2</sup>Níveis por quilograma de dieta: cobre 10 mg, ferro 50 mg, Manganês 65 mg, Iodo 1 mg, Zinco 65 mg; <sup>3</sup>Posbiótico produzido a partir da levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi adicionado às rações em substituição ao inerte (Kaolin®); <sup>4</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase

### 3.4 Coleta de amostras e análises realizadas

As aves e as rações foram pesadas no início do período experimental e aos sete, 21, 28, 35 e 42 dias de idade para determinar o consumo médio de ração (CMR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). A mortalidade foi anotada diariamente para posterior correção do desempenho, conforme recomendado por Sakomura e Rostagno (2016).

Aos 21 e 28 dias de idade uma ave/UE foi selecionada de forma aleatória, eutanasiada e foram coletados o pâncreas e o intestino delgado e armazenados a -20°C para análise da atividade enzimática. Aos 28 dias de idade, o conteúdo cecal foi coletado para análise da microbiota e do perfil de ácidos graxos voláteis. Após obtido o conteúdo cecal, este foi acondicionado em tubo estéril (50 mL), e imediatamente congelado a -20°C. Os parâmetros de rendimento de carcaça e cortes foram realizados aos 42 dias de idade (2 aves por repetição). Para a eutanásia, as aves foram pesadas individualmente e insensibilizadas por deslocamento cervical (aves até 3 kg), ou por eletronarcolese, seguida de exsanguinação (aves acima de 3 kg).

### 3.5 Microbiota cecal

O conteúdo cecal foi enviado para o laboratório Neopropecta Microbiome Technologies, e a microbiota analisada pela extração do material do DNA das amostras, seguido por amplificação e sequenciamento do gene 16 rRNA pela técnica de PCR. As sequências foram processadas e analisadas utilizando *Quantitative Insights Into Microbial Ecology 2* (QIIME 2) (BOLYEN et al., 2019) v 2019.7 pipeline. As sequências brutas foram demultiplexadas e a tabela ASV foi criada usando DADA2 (CALLAHAN et al., 2016). Antecedendo a análise, as sequências atribuídas como cloroplastos, mitocôndrias e ASVs de baixa abundância, contendo menos de 0,01% do total de leituras no conjunto de dados foram removidas. Todas as amostras foram rarefeitas até uma profundidade de sequenciamento, com base na profundidade de leitura mais baixa das amostras, para 1.331 sequências por amostra. A diversidade alpha foi medida com as métricas de Chao1 (riqueza) e diversidade de Shannon observadas no QIIME2. A diversidade beta foi avaliada com a métrica de distância UniFrac (LOZUPONE; KNIGHT, 2005) baseada em filogenia (*weighted* e *unweighted*).

### 3.6 Análise de ácidos graxos de cadeia curta

A determinação dos ácidos graxos voláteis foi realizada segundo Del Valle et al. (2018). As concentrações dos ácidos acético, propanoico, butírico, valérico e isovalérico nas amostras foram determinadas por cromatografia gasosa utilizando cromatógrafo Shimadzu<sup>®</sup> GC-2010 Plus equipado com injetor automático AOC-20i, coluna capilar Stabilwax-DA<sup>™</sup> (30m, 0,25mm ID, 0,25µm df, Restek<sup>®</sup>) e detector de ionização de chama (FID), após acidificação das mesmas com 1 M de ácido o-fosfórico p.a. (Ref. 100573, Merck<sup>®</sup>) e fortificação com mistura de ácidos voláteis livres (Ref. 46975, Supelco<sup>®</sup>).

Uma alíquota de 1µL de cada amostra foi injetada com taxa de split de 40:1, utilizando hélio como gás de arraste com velocidade linear de 42 cm.s<sup>-1</sup>, obtendo-se a separação dos analitos em uma corrida cromatográfica de 11,5 minutos. As temperaturas do injetor e do detector foram, respectivamente, de 250°C e 300°C com temperatura inicial da coluna de 40°C. A rampa de temperatura da coluna se iniciou com um gradiente de 40 até 120°C à taxa de 40°C.min<sup>-1</sup>, seguido de um gradiente de 120 até 180°C à taxa de 10°C.min<sup>-1</sup> e de 180 a 240°C à taxa de 120°C.min<sup>-1</sup>, mantendo-se a temperatura a 240°C por mais 3 minutos ao final.

Para a quantificação dos analitos, uma calibração do método foi feita com diluições do padrão WSFA-2 (Ref. 47056, Supelco<sup>®</sup>) e de ácido acético glacial (Ref. 33209, Sigma-Aldrich<sup>®</sup>) analisadas sob as condições descritas acima. A determinação e a integração dos picos foram feitas utilizando-se o software GCsolution v. 2.42.00 (Shimadzu<sup>®</sup>). Os resultados foram expressos em mmol kg<sup>-1</sup>.

### 3.7 Atividade enzimática intestinal e pancreática

A determinação da atividade das dissacaridases intestinais (sacarase e maltase) decorreu pelo método proposto por Dahlquist (1964), após raspagem da mucosa intestinal e homogeneização do raspado em quatro partes de água destilada. A glicose liberada durante a reação foi determinada pela metodologia enzimática-colorimétrica, utilizando-se kit comercial (Glicose Ref. 434 da Gold Analisa Diagnóstica Ltda<sup>®</sup>, Brasil).

A determinação da atividade de enzimas pancreáticas foi realizada após homogeneização do pâncreas em solução tampão de TRIS-HCl pH 8,0 (1:20 peso/volume). A tripsina foi determinada de acordo com Kakade et al. (1974), pela hidrólise de p-nitroaniline benzoyl-DL-arginine (BAPNA) em pH 8,2. Método semelhante foi utilizado para determinação

da quimotripsina (Elangier et al., 1966), utilizando N-glutaryl-L-phenylalanine-pnitroanilide (GAPNA) em pH 7,6. Ambas as reações foram interrompidas com ácido acético a 30%. A determinação da amilase e lipase foi realizada pelo método cinético-colorimétrico, ambas utilizando kit comercial (Lipase direta Ref. 409 e Amilase Ref. 311 da Gold Analisa Diagnóstica Ltda<sup>®</sup>, Brasil). Os resultados referentes à atividade das enzimas intestinais e pancreáticas foram expressos em mg de proteína do tecido e determinada de acordo com Bradford (1976). Todas as leituras das análises enzimáticas foram realizadas em equipamento FlexStation 3 Molecular Devices.

### 3.8 Rendimento de carcaça e cortes

Após pesagem individual e eutanásia seguida de exsanguinação, as aves foram escaldadas em caldeira de inox perante imersão com água a 60°C e submetidas à depenadeira elétrica com dedos de borracha flexíveis em seu interior. Em seguida, foi realizada a evisceração e separação da gordura abdominal presente ao redor da cloaca, moela, proventrículo e músculos abdominais adjacentes, para pesagem da mesma. A porcentagem de gordura abdominal foi determinada utilizando o peso da gordura em relação ao peso da ave viva. Subsequente a esses processos, as carcaças foram pesadas em balança digital para obtenção do peso da carcaça quente.

As carcaças quentes foram então submetidas ao resfriamento em tanque de imersão de água gelada (simulando o *chiller*), onde ficaram imersas por 30 minutos, seguido por um período de 10 minutos de gotejamento para a retirada do excesso de água. Posteriormente, a carcaça foi novamente pesada para obtenção do peso da carcaça fria. O rendimento de carcaça foi calculado utilizando o peso da carcaça eviscerada em relação ao peso da ave viva. Em seguida, a carcaça foi desossada para obtenção dos cortes de pernas (coxa e sobrecoxa), asas, peito (sem osso e pele), e sassami, os quais foram pesados separadamente em balança digital para obtenção dos pesos e rendimento de cortes, o qual foi calculado considerando a relação entre o peso do corte e o peso da carcaça eviscerada.

### 3.9 Análise econômica

A análise econômica foi calculada levando em consideração a média geral do consumo (kg/ave) de cada fase do programa alimentar adotado, o custo por tonelada da ração de cada tratamento avaliado, e a conversão alimentar corrigida (CAc) (para o peso de 3.200 kg) de cada unidade experimental. Para obtenção do valor do custo alimentar por tonelada de frango produzido foi calculado o custo ponderado (pelo consumo) da ração e esse multiplicado pela CAc, posteriormente transformado em custo por quilo de frango produzido.

### 3.10 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados por meio do PROC GLM do programa institucional SAS<sup>®</sup>, versão student (2021), no qual foi realizado os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade pelo teste de Levene. Posteriormente, foram avaliados os tratamentos de forma isolada e a interação entre eles, realizando a análise de variância (ANOVA). Quando houve significância para *blend* enzimático e posbiótico foi realizado o teste F. Para os níveis energéticos foi adotado o teste de Tukey.

O teste ANOSIM (*Analysis of Similarity*) no pacote de software PRIMER 7 (PRIMER-E Ltd., Luton, Reino Unido) foi utilizado para análise das diferenças nas comunidades microbianas entre grupos. Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade usando o teste Shapiro-Wilk. Kruskal-Wallis foi realizado e ajustado para comparação múltipla usando a taxa de falsas descobertas de Benjamini e Hochberg ou teste de Dunn em cada nível taxonômico (BENJAMINI; HOCHBERG, 1995).

## 4 Resultados e discussão

### 4.1 Desempenho

De acordo com os dados obtidos para desempenho, houve interação entre nível de energia e a adição de enzima (Tabela 6) para a conversão alimentar (CA) aos 21 dias de idade ( $P=0,008$ ), e para o consumo médio de ração (CMR) aos 42 dias de idade ( $P=0,043$ ). Desdobrando as interações (Tabela 7), observou-se que a CA, independentemente do nível de energia utilizada, apresentou melhor resultado quando as aves foram alimentadas com rações sem o *blend* enzimático ( $P<0,0001$ ). Analisando dentro do grupo sem suplementação enzimática, os níveis de energia alto e intermediário apresentaram os melhores resultados para CA ( $P<0,0001$ ). Para as aves que receberam a suplementação enzimática, a ração com maior energia proporcionou melhor CA em relação as demais ( $P<0,0001$ ). Para o CMR, nos níveis de energia alto e intermediário, as aves consumiram maior quantidade de ração com a adição do *blend* enzimático, comparado com a ração sem o aditivo ( $P=0,031$  e  $P=0,032$ , respectivamente). Nas dietas sem adição de enzimas, o maior CMR foi para as aves alimentadas com menor nível energético ( $P=0,0002$ ).

A interação também foi observada para o nível de energia e a adição dietética de posbiótico para a CA ( $P=0,003$ ) aos 28 dias e para o CMR ( $P=0,032$ ) aos 42 dias de idade (Tabela 6). Para o nível de energia mais alto, melhor CA foi observada para as aves que não receberam o posbiótico ( $P=0,020$ ). Quando alimentadas com o posbiótico, as melhores CA foram observadas para as aves que consumiram as dietas com nível de energia alto e intermediário ( $P=0,007$ ) (Tabela 8). As aves que receberam dietas com nível de energia baixo, sem a adição de posbiótico, consumiram mais ração ( $P=0,006$ ). Quando adicionado o posbiótico na dieta, as aves consumiram mais ração com o nível de energia intermediário, e menos ração com a energia mais alta ( $P=0,021$ ) (Tabela 8).

Considerando os efeitos isolados (Tabela 6), foi observado que os níveis de energia da dieta não afetaram o CMR até os 21 dias de idade ( $P>0,05$ ). De maneira geral, o CMR aos 28 ( $P=0,038$ ), 35 ( $P=0,018$ ) e 42 ( $P=0,002$ ) dias de idade foi reduzido quando as aves consumiram a dieta de maior nível energético. Aos 21 e 28 dias de idade, o ganho de peso (GP) das aves alimentadas com o nível de energia alto e intermediário foi superior quando comparado ao nível mais baixo ( $P<0,0001$ ), não sendo observado interferência nas demais idades. Considerando todas as fases avaliadas, bem como o período total do estudo, as rações de alto nível energético proporcionaram os melhores resultados de CA. Em adição, o uso isolado do *blend* enzimático

e do posbiótico reduziram o desempenho dos animais. Entretanto, aos 42 dias idade, as aves apresentaram GP semelhante entre os grupos, com e sem utilização do *blend* enzimático, e o posbiótico não afetou nenhum parâmetro de desempenho ( $P>0,05$ ).

Tabela 6. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis energéticos, suplementadas ou não com *blend* enzimático e posbiótico para os períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 35 e 1 a 42 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	CMR7	GP7	CA7	CMR21	GP21	CA21	CMR28	GP28	CA28	CMR35	GP35	CA35	CMR42	GP42	CA42
Alto	128	120	1,058b	1278	1031a	1,240c	2262b	1725a	1,312c	3569b	2526	1,413c	4796b	3284	1,461c
Intermediário	129	121	1,062b	1290	1017a	1,269b	2289a	1722a	1,330b	3614ab	2512	1,436b	4879a	3275	1,494b
Baixo	129	120	1,078a	1288	995b	1,295a	2291a	1689b	1,357a	3631a	2495	1,459a	4907a	3252	1,513a
<b>ENZIMA<sup>2</sup></b>															
Com	130A	120	1,082A	1286	995B	1,293A	2282	1683B	1,356A	3617	2479B	1,460A	4885	3252	1,508A
Sem	128B	121	1,051B	1285	1034A	1,243B	2279	1740A	1,310B	3592	2548A	1,413B	4836	3290	1,471B
<b>POSBIÓTICO<sup>3</sup></b>															
Com	128B	119B	1,068	1278B	1009B	1,268	2269B	1698B	1,337A	3588	2496B	1,439	4837	3250	1,491
Sem	129A	122 <sup>a</sup>	1,065	1293A	1021A	1,268	2292A	1725A	1,329B	3620	2526A	1,434	4883	3291	1,487
CV (%)	3,39	3,51	2,33	2,27	2,66	1,73	2,34	2,51	1,26	2,54	3,05	1,30	2,74	3,59	1,71
EPM	4,35	4,22	0,02	29,16	27,04	0,021	53,34	42,96	0,02	91,55	76,65	0,02	133,33	117,44	0,03
Energia	0,315	0,589	0,002	0,179	<,0001	<,0001	0,038	0,001	<,0001	0,018	0,238	<,0001	0,002	0,499	<,0001
Enzima	0,020	0,389	<,0001	0,836	<,0001	<,0001	0,738	<,0001	<,0001	0,181	<,0001	<,0001	0,073	0,095	<,0001
Posbiótico	0,036	0,001	0,485	0,012	0,021	0,995	0,032	0,001	0,012	0,074	0,044	0,142	0,068	0,078	0,384
Energia*Enzima	0,776	0,702	0,295	0,280	0,052	0,008	0,138	0,178	0,447	0,051	0,656	0,184	0,043	0,317	0,974
Energia*Posbiótico	0,997	0,844	0,506	0,524	0,160	0,257	0,140	0,166	0,003	0,089	0,539	0,160	0,032	0,261	0,227
Enzima*Posbiótico	0,639	0,911	0,495	0,966	0,943	0,857	0,821	0,932	0,740	0,783	0,978	0,896	0,761	0,727	0,307

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey 5%; Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F 5%; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. CMR: consumo médio de ração (g), GP: ganho de peso (g), CA: conversão alimentar, CV (%): coeficiente de variação, EPM: erro padrão da média.

Tabela 7. Desdobramento da interação nível de energia e adição de enzima para conversão alimentar (CA) para o período de 1 a 21 dias de idade e consumo médio de ração (CMR) para o período de 1 a 42 dias de idade de frangos de corte

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	CA21			CMR42		
	ENZIMA <sup>2</sup>			ENZIMA		
	Com	Sem	P	Com	Sem	P
Alto	1,256cA	1,223bB	<,0001	4849,2A	4742,3cB	0,031
Intermediário	1,301bA	1,238bB	<,0001	4920,1A	4839,5bB	0,032
Baixo	1,327aA	1,267aB	<,0001	4886,5	4926,9a	0,450
P	<,0001	<,0001		0,387	0,0002	

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey 5%; médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste F 5%. <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kg kcal<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase.

Tabela 8. Desdobramento da interação nível de energia e adição de posbiótico para conversão alimentar (CA) para o período de 1 a 28 dias de idade e para consumo médio de ração (CMR) para o período de 1 a 42 dias idade de frangos de corte

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	CA28			CMR42		
	POSBIÓTICO <sup>2</sup>			POSBIÓTICO		
	Com	Sem	P	Com	Sem	P
Alto	1,324bA	1,300cB	0,020	4768b	4824b	0,270
Intermediário	1,331b	1,329b	0,829	4900a	4856b	0,256
Baixo	1,356a	1,358a	0,873	4842abB	4969aA	0,014
P	0,007	<,0001		0,021	0,006	

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de tukey 5%; médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste F 5%. <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kg kcal<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

Segundo Massuqueto et al. (2020), as aves são capazes de regular seu consumo de ração de acordo com os níveis de energia da dieta. No presente estudo, a partir dos 28 dias de idade, as aves aumentaram a ingestão de ração à medida que os níveis energéticos foram reduzidos, consistente com os resultados de Lesson et al. (1996), que observaram que conforme a energia é reduzida o consumo de ração aumenta linearmente. Esses autores enfatizam que as aves recebendo dieta menos energética consomem mais ração na tentativa de manter a ingestão de energia. De acordo com o presente trabalho, o efeito limitado da regulação do consumo de ração (com base nos níveis de energia) na fase inicial de vida das aves foi observado nos estudos de

Cho et al. (2012), e foi atribuído principalmente pela limitação da capacidade de armazenamento (volume) do intestino dos pintos.

O maior nível de energia da dieta promoveu maior ganho de peso nas aves aos 21 e 28 dias de idade, apresentando diferença de 36 gramas entre o nível de energia alto e baixo em ambas as idades. Este efeito pode estar correlacionado ao fato de que no período inicial as aves consumiram a mesma quantidade de ração para os diferentes níveis de energia, fazendo com que o menor nível energético da dieta não fosse compensado. Aos 28 dias de idade, os animais iniciaram a regulação da ingestão de ração, e quando recebiam ração menos energética, aumentavam o consumo para compensar. A partir dos 35 dias de idade, o reflexo da maior ingestão de alimento pôde ser observado nas aves que consumiram o menor nível energético, sendo capazes de atingir o mesmo ganho de peso das aves que consumiram uma dieta com maior nível de energia, no entanto, prejudicando a conversão alimentar.

Niu et al. (2009), observaram que o ganho de peso e o consumo de ração aumentaram em resposta a uma dieta com alta energia. Em contraste, Wang et al. (2020), observaram que as dietas com menor energia afetaram negativamente o ganho de peso das aves durante todo o período de criação, no entanto, o consumo de ração permaneceu o mesmo nos diferentes níveis energéticos. Essas inconsistências nos resultados em relação aos níveis de energia nas dietas podem ser explicadas devido à diferentes níveis de nutrientes e fonte de lipídeos (vegetal e animal) (Wang et al., 2020), os quais influenciam na digestibilidade das dietas. Esse efeito na digestibilidade pôde ser observado aos 21 dias em que as aves, consumindo a mesma quantidade de ração, apresentaram ganho de peso distinto, inferindo que o aproveitamento dos nutrientes de cada dieta foi diferenciado.

Relatos na literatura demonstram que maiores níveis energéticos nas dietas podem melhorar a CA de frangos de corte (MAIORKA et al., 2004; NIU et al., 2009; LATHAM et al., 2016; GE et al., 2019), pois alimentados com alta energia, os frangos modernos atingem respostas máximas (DOZIER III et al., 2011). Resultados semelhantes foram encontrados no presente trabalho, em que a CA foi melhor para aves que receberam dietas com maior nível energético. Entretanto, na fase final de criação, a CA com dietas menos energéticas só foi afetada pois as aves precisaram consumir mais ração a fim de obter a mesma ingestão calórica e alcançar o mesmo ganho de peso das aves alimentadas com as dietas mais energéticas. O alto nível de energia dietético fornecido para as aves foi digerido, absorvido e metabolizado para manutenção e produção, e o que ultrapassou a exigência do animal foi armazenado como gordura. De fato, as aves que consumiram dietas com alto nível energético foram capazes de manter a

homeostase da microbiota intestinal, utilizando os nutrientes da dieta, e apresentando melhor desempenho.

Além da preocupação com os níveis energéticos das dietas, existe um esforço conjunto para melhorar a digestibilidade dos nutrientes dos alimentos das dietas utilizando enzimas exógenas. Barbosa et al. (2014), afirmaram que até mesmo as dietas à base de milho e farelo de soja são passíveis de melhorias com o uso de enzimas exógenas. Em contrapartida, Slominski (2011), comentou que desempenho abaixo do ideal e/ou melhorias mínimas de desempenho são observadas com a suplementação de enzimas em dietas à base dessas matérias primas. Entretanto, considerando a matriz nutricional, a utilização desse aditivo do ponto de vista econômico é benéfico, mesmo muitas vezes, sem melhorias no desempenho. No presente estudo, as aves recebendo dietas sem enzima apresentaram melhor CA em todas as fases avaliadas e maior GP aos 21, 28 e 35 dias de idade. No entanto, aos 42 dias de idade o GP das aves alimentadas com rações contendo o *blend* enzimático se equiparou com o das aves que receberam dietas isentas do aditivo, sem interferências no consumo de ração. Esta equivalência no ganho de peso corporal, aos 42 dias de idade, é desejável, pois demonstra a eficiência da enzima no melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta, já que a matriz nutricional foi valorizada em 97 kcal. Apesar do menor desempenho, a partir da quarta semana de idade das aves, pôde-se observar que o *blend* enzimático, mesmo sendo considerado sua matriz nutricional, foi aumentando sua eficiência. Neste contexto, avaliando as diferenças entre ganho de peso semanal nas dietas com utilização do *blend* enzimático, observa-se que aos 21 dias de idade, as aves que receberam a dieta sem enzima apresentaram 38 gramas a mais no GP, já a partir dos 28 dias essa diferença diminuiu para 18 gramas, aos 35 dias para 12 gramas, e na última fase do experimento a diferença no GP foi de apenas 8 gramas, o que equiparou os valores de ganho de peso aos 42 dias de idade. Desta maneira, a afirmação de que aves jovens são mais responsivas às enzimas (DE LIMA et al., 2007), não foi observada neste estudo. Segundo Sklan et al. (2000), simultaneamente ao início da ingestão de ração pelos pintos de corte ocorre a elevação da produção de enzimas, logo, a antecipação ou mesmo inclusão de enzimas exógenas na dieta de aves em fase inicial não é justificada em termos de desempenho.

Além das enzimas exógenas, os aditivos oriundos do metabolismo de levedura podem atuar como importante melhorador de desempenho natural (GAO et al., 2008). O posbiótico apresenta grande potencial para beneficiar a imunidade, saúde intestinal, e por consequência, o desempenho de frangos de corte (GAO et al., 2009). No presente trabalho, não houve melhora nos parâmetros de desempenho com a utilização do posbiótico. Estes resultados estão de acordo com os estudos de Firman et al. (2013), e Danladi et al. (2022), avaliando diferentes níveis do

posbiótico para aves. Gao et al. (2008) em seus estudos afirmaram que dependendo das circunstâncias de uso (condições desafiadoras ou não), em níveis apropriados, a suplementação dietética do posbiótico melhora o ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte sugerindo que sob condições de baixo desafio um nível mais baixo do aditivo seria mais eficaz para melhorar o desempenho, pois a demanda por resposta imune é mínima. Em sua maioria, as pesquisas com aditivo posbiótico são acompanhadas de situações de estresse com desafios ambientais ou na saúde das aves (GAO et al., 2009; OSWEILER et al., 2010; LENSING et al., 2012; FEYE et al., 2016; IBUKIC et al., 2016; RUBINELLI et al., 2016; PARK et al., 2017a; PARK et al., 2017b; ROTO et al., 2017; NELSON et al., 2018; HUMAM et al., 2019; GINGERICH et al., 2021; CHANEY et al., 2022). Neste contexto, Hooge et al. (2003), e Corrigan et al. (2011), comentaram que quando não são colocados estressores na criação dos frangos de corte, não são observadas respostas positivas do aditivo estudado. Acredita-se que pelas condições ambientais e sanitárias adequadas no presente trabalho, e pelo fato das aves não terem sido expostas à desafios, o posbiótico não pôde cumprir o seu potencial de melhorar o desempenho.

## 4.2 Composição da microbiota cecal

### 4.2.1 Índices Alpha

De acordo com os dados obtidos, não foi observado interação, bem como efeito isolado dos fatores estudados (energia, enzima e posbiótico) para a diversidade alpha, englobando os índices Chao1 e Shannon ( $P > 0,05$ ) (Tabela 9), demonstrando que a riqueza e a diversidade bacteriana, respectivamente, foram semelhantes entre os grupos estudados.

Tabela 9. Média dos índices alpha de estimador de riqueza (Chao1) e diversidade microbiana (Shannon) de amostras cecais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de energia e inclusão de enzimas e posbiótico aos 28 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	Chao1	Shannon
Alto	83,79	14,10
Intermediário	80,90	16,02
Baixo	80,38	17,21
ENZIMA <sup>2</sup>		
Com	81,43	16,38
Sem	82,05	15,09
POSBIÓTICO <sup>3</sup>		
Com	80,11	17,25
Sem	83,46	14,10
Energia	0,515	0,346
Enzima	0,137	0,146
Posbiótico	0,125	0,428
Energia*Enzima	0,373	0,260
Energia*Posbiótico	0,162	0,107
Enzima*Posbiótico	0,776	0,646

<sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

A diversidade microbiana é importante para a digestão e absorção dos nutrientes da dieta (XU et al., 2016), e diferentes composições de dieta são capazes de modificar substratos (JOZÉFIK et al., 2010). No presente trabalho, há evidências que mesmo as dietas modificando os substratos, não houve interferência sobre a composição microbiana avaliada pelos índices alpha.

Os autores Blaut e Clavel (2007), evidenciaram que o aumento da riqueza está associado com a boa saúde, enquanto a redução, tanto da riqueza quanto da diversidade de espécies, pode estar relacionada à doenças. Neste trabalho, o desempenho das aves aos 28 dias de idade foi diferente para os fatores estudados, entretanto, tanto o índice de riqueza como o de diversidade não apresentaram diferenças entre os grupos alimentares avaliados, inferindo que independentemente das dietas ingeridas, até mesmo os animais que apresentaram desempenho inferior foram capazes de manter a homeostase da microbiota.

Da mesma forma, Yin et al. (2018), e Giacobbo et al. (2021), não verificaram diferenças nos índices de diversidade alpha de amostras cecais de frangos de corte alimentados com dietas com diferentes associações enzimáticas. Sun et al. (2021), observaram diminuição do índice de Chao1 em frangos de corte alimentados com metabólitos ativos de *Saccharomyces cerevisiae*,

reduzindo a riqueza do ambiente microbiano cecal. He et al. (2020), avaliando uma dieta com elevada energia e proteína verificaram aumento nos índices de diversidade, sugerindo que altos níveis nutricionais podem manter a saúde intestinal.

#### 4.2.2 Índices beta

De acordo com a diversidade beta referente à separação das comunidades bacterianas, considerando todos os grupos alimentares avaliados, foi verificada diferença no teste global para *Unweighted* ( $R=0,083$  e  $P=0,024$ ), não havendo diferença para *Weighted* ( $R=0,037$  e  $P>0,05$ ) (Tabela 10). Desta forma, com relação à presença ou ausência de microrganismos (*Unweighted*) houve diferença na microbiota entre os grupos alimentares avaliados, e em relação à métrica de distância filogenética e abundância (*Weighted*), a microbiota dos grupos estudados foi similar.

A análise pareada do ANOSIM mostrou diferença entre as comunidades bacterianas ao comparar os grupos alimentares (Tabela 10). Para *Unweighted*, a suplementação de posbiótico em dietas com nível de energia alto proporcionou diferença na microbiota cecal ( $R=0,304$  e  $P=0,04$ ), e quando esse aditivo foi incluído em conjunto as enzimas exógenas, a microbiota também foi alterada ( $R=0,300$  e  $P=0,032$ ). Na presença da enzima, os níveis energéticos alto e baixo diferiram quanto a comunidade microbiana ( $R=0,508$  e  $P=0,036$ ), da mesma forma que o intermediário diferiu do nível baixo ( $R=0,764$  e  $P=0,018$ ). Considerando que quanto mais próximo de 1 o valor de R maior a diferença observada, a interferência ocasionada pelos níveis intermediário e baixo foi superior. Em dietas com o nível mais baixo de energia, a adição isolada de cada aditivo (posbiótico  $R=0,208$  e  $P=0,016$ ; enzima  $R=0,508$  e  $P=0,036$ ) ou a adição em conjunto dos mesmos também proporcionaram diferenças ( $R=0,338$  e  $P=0,016$ ). Para a distância métrica *Weighted*, a única análise pareada significativa demonstrou que a inclusão dos aditivos (enzima e posbiótico) em dietas formuladas com energia elevada modificou a comunidade bacteriana quando comparado com a não inclusão dos aditivos ( $R=0,316$  e  $P=0,024$ ).

Tabela 10. Teste global e testes de pares na análise de diversidade beta (*Unweighted* e *Weighted*) de amostras cecais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de energia e inclusão ou não de enzimas e posbiótico aos 28 dias de idade

Item	R significância <sup>1</sup>	Valor P
<b>UNWEIGHTED</b>		
Teste global	0,083	0,024
Teste Pairwise		
E1 <sup>2</sup> s/ Enz <sup>3</sup> s/ Posb <sup>4</sup> vs E1 s/ Enz c/ Posb	0,304	0,040
E1 s/ Enz c/ Posb vs E1 c/ Enz c/ Posb	0,300	0,032
E1 c/ Enz s/ Posb vs E3 <sup>2</sup> c/ Enz s/ Posb	0,508	0,036
E2 <sup>2</sup> c/ Enz s/ Posb vs E3 c/ Enz s/ Posb	0,764	0,018
E3 s/ Enz s/ Posb vs E3 s/ Enz c/ Posb	0,208	0,016
E3 s/ Enz s/ Posb vs E3 c/ Enz s/ Posb	0,508	0,036
E3 s/ Enz s/ Posb vs E3 c/ Enz c/ Posb	0,338	0,016
<b>WEIGHTED</b>		
Teste global	0,037	0,182
Teste Pairwise		
E1 s/ enz s/ posb vs E1 c/ enz c/ posb	0,316	0,024

<sup>1</sup>O valor R varia de -1 a 1: os pares são mais semelhantes quando o índice R está mais próximo de 0 e os pares são diferentes um do outro quando o índice R é perto de 1; <sup>2</sup>E1: Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; E2: Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; E3: Nível de Energia Baixa Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>3</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>4</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. Enz: enzima; Posb: posbiótico

Foi observado interação de energia e posbiótico aos 28 dias de idade para a CA, com isso, supõe-se que as mudanças na comunidade bacteriana causada pela presença desses dois fatores (energia alta e posbiótico) foi prejudicial ao desempenho, pois pode ter favorecido a redução no consumo de ração, menor ganho de peso, e conseqüentemente, piora na CA. Essa mudança na microbiota pode estar associada com o aumento da predominância do filo *Tenericutes* na presença da alta energia com adição de posbiótico.

De fato, os diferentes níveis energéticos na presença da enzima ocasionaram mudanças na microbiota, provavelmente, pela questão do substrato presente, no entanto, não foi possível concluir se as alterações foram benéficas ou não, uma vez que aos 28 dias de idade não foi observado interação significativa entre energia e enzima.

Foi possível observar que no nível baixo de energia, os aditivos apresentaram influência maior na comunidade bacteriana, podendo ser correlacionado a diferença na disponibilidade de substrato nas dietas com os diferentes níveis energéticos. A maior modificação na comunidade bacteriana foi observada com a utilização da enzima (R= 0,508). Como foi observado redução na diferença de ganho de peso a partir dos 28 dias de idade das aves, o *blend* enzimático pôde

ter sido mais eficiente devido a modificação na comunidade bacteriana, beneficiando os processos digestivos e absorptivos. Apesar do teste beta ter identificado que houve diferença nas comunidades bacterianas, não foi possível identificar em quais níveis a modificação ocorreu, pois não houve interações nos táxons bacterianos avaliados.

#### 4.2.3 Filos e Famílias bacterianas

A maioria das sequências do conteúdo cecal dos frangos de corte, independentemente da dieta, foi atribuída para o filo Firmicutes, seguida de Bacteroidetes, Proteobacteria, Tenericutes e Actinobacteria (Tabela 11). Houve interação dos fatores nível de energia e inclusão do posbiótico ( $P=0,019$ ), em que se observou maior predominância do filo Tenericutes em dietas com elevada energia e adição de posbiótico ( $P=0,015$ ) (Tabela 12). Isoladamente, a adição do posbiótico nas dietas também aumentou a predominância do filo Tenericutes ( $P=0,023$ ). Os níveis energéticos e a inclusão de *blend* enzimático não interferiram nas sequências de filos bacterianos encontrados no ceco de frangos de corte aos 28 dias de idade. Os três fatores avaliados não alteraram a relação Firmicutes/Bacteroidetes (F/B) (Tabela 11).

Tabela 11. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição de *blend* enzimático e posbiótico nas % de filos bacterianos encontrados no ceco de frangos de corte aos 28 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	Firmicutes	Bacteroidetes	Proteobacteria	Tenericutes	Actinobacteria	F/B <sup>4</sup>
Alto	83,79	14,10	1,43	0,53	0,18	11,09
Intermediário	80,90	16,02	2,47	0,47	0,18	11,05
Baixo	80,38	17,21	1,38	0,95	0,11	6,49
ENZIMA <sup>2</sup>						
Com	81,43	16,38	1,49	0,60	0,13	7,90
Sem	82,05	15,09	2,04	0,65	0,19	11,32
POSBIÓTICO <sup>3</sup>						
Com	80,11	17,25	1,57	0,91A	0,19	9,01
Sem	83,46	14,10	1,99	0,34B	0,13	10,42
Energia	0,146	0,346	0,529	0,477	0,932	0,335
Enzima	0,515	0,420	0,335	0,775	0,545	0,437
Posbiótico	0,118	0,129	0,650	0,023	0,492	0,125
Energia*Enzima	0,373	0,260	0,405	0,713	0,537	0,302
Energia*Posbiótico	0,062	0,107	0,812	0,019	0,539	0,084
Energia*Posbiótico	0,776	0,646	0,350	0,846	0,512	0,151

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*; <sup>4</sup>Relação Firmicutes/Bacteroidetes

Tabela 12. Desdobramento da interação energia x posbiótico para as % de filo bacteriano *Tenericutes* encontrado no ceco de frangos de corte abatidos aos 28 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	Posbiótico <sup>2</sup>		P
	Com	Sem	
Alto	1,00A	0,05B	0,015
Intermediário	0,58	0,35	0,619
Baixo	1,17	0,70	0,332
P	0,410	0,605	

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste F; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

Para as famílias bacterianas predominantes encontradas no conteúdo cecal de frangos de corte, não foi verificada interação do nível de energia e da inclusão de *blend* enzimático e posbiótico (P>0,05) (Tabela 13). Numericamente, as famílias mais abundantes foram Ruminococcaceae, Lachnospiraceae, Lactobacillaceae e Bacteroidaceae. Estudando os fatores de forma isolada, há maior predominância da família Streptococcaceae nos níveis energéticos intermediário e baixo, em relação ao nível mais elevado (P=0,035). A adição de posbiótico nas dietas elevou a predominância de uma família bacteriana não identificada da ordem RF39 (P=0,023), enquanto diminuiu a predominância da família Ruminococcaceae (P=0,042).

Tabela 13. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição de *blend* enzimático e posbiótico nas % de famílias bacterianas encontrados no ceco de frangos de corte aos 28 dias de idade

	NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>			P	ENZIMA <sup>2</sup>		P	POSBIÓTICO <sup>3</sup>		P	E.*Enz	E.*Posb	Enz*Posb
	Alto	Intermediário	Baixo		Com	Sem		Com	Sem				
<b>FIRMICUTES</b>													
Ruminococaceae	43,47	40,55	41,48	0,850	40,21	43,33	0,755	37,40B	46,46A	0,042	0,867	0,831	0,936
Lachnospiraceae	15,87	14,97	12,72	0,449	13,74	15,40	0,572	15,65	13,54	0,443	0,191	0,821	0,849
Lactobacillaceae	10,28	10,02	11,65	0,712	12,38	8,99	0,487	12,37	8,76	0,339	0,738	0,698	0,687
O__Clostridiales; f__	9,27	7,52	7,85	0,854	9,22	7,34	0,162	8,52	7,93	0,275	0,359	0,470	0,102
Erysipelotrichaceae	3,07	3,67	2,55	0,479	2,96	3,27	0,557	3,53	2,70	0,230	0,266	0,118	0,836
Streptococcaceae	0,46b	3,68a	3,84a	0,035	2,06	3,09	0,346	2,14	3,07	0,273	0,710	0,607	0,998
Clostridiaceae	0,90	0,53	0,26	0,539	0,63	0,53	0,657	0,43	0,73	0,172	0,448	0,372	0,543
<b>BACTEROIDETES</b>													
Bacteroidaceae	8,50	11,50	11,68	0,293	11,32	9,76	0,391	11,72	9,24	0,162	0,537	0,754	0,159
Rikenellaceae	5,58	4,47	5,47	0,521	4,99	5,31	0,917	5,46	4,85	0,898	0,735	0,342	0,707
Odoribacteraceae	0,03	0,05	0,07	0,674	0,06	0,03	0,279	0,09	0,00	0,051	0,103	0,826	0,564
<b>PROTEOBACTERIA</b>													
Enterobacteriaceae	1,36	2,16	1,19	0,554	1,14	1,99	0,143	1,20	1,99	0,197	0,736	0,789	0,353
<b>TENERICUTES</b>													
O__RF39; f__	0,53	0,47	0,95	0,477	0,60	0,65	0,783	0,90A	0,34B	0,023	0,576	0,516	0,108
<b>ACTINOBACTERIA</b>													
Coriobacteriaceae	0,18	0,18	0,11	0,932	0,13	0,19	0,545	0,19	0,13	0,503	0,155	0,253	0,653

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste de tukey; Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste F; Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup>; 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase;

<sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

Sugere-se que as composições das dietas, bem como o uso de antibióticos e aditivos alimentares, afetam as proporções das populações bacterianas no trato intestinal (FEYE et al., 2020). Os cecos apresentam a maior densidade bacteriana em frangos de corte (REHMAN et al., 2007). Segundo Lunedo e Pedroso et al. (2017), os animais de melhor desempenho e conversão alimentar apresentam maior abundância de bactérias pertencentes ao filo Firmicutes, na mesma proporção em que Bacteroidetes representam o filo mais abundante dos animais pouco eficientes em utilizar os nutrientes da dieta e depositar em seus tecidos. Em adição, foi estabelecido que uma relação Firmicutes/Bacteroidetes (F/B) mais alta promove o crescimento de frangos de corte (SINGH et al., 2013; SELAHEEN et al., 2017; HONG et al., 2019). Portanto, a relação entre a quantidade de Firmicutes e Bacteroidetes tem sido utilizada como indicativo de eficiência animal em extrair nutrientes da dieta. Em contrapartida, em humanos além da relação com dietas ricas em gordura, o aumento de Firmicutes e Bacteroidetes pode estar relacionado com uma disbiose, baixa riqueza, e ainda pode ser verificado em situações patológicas (TURNBAUGH et al., 2006; HOEVELER, 2020).

Diferenças são encontradas na microbiota com diferentes níveis de energia (LUNEDO; PEDROSO et al. 2017). Jumpertz et al. (2011), relataram que o aumento do nível energético da dieta está relacionado ao aumento das bactérias pertencentes ao filo Firmicutes, e uma queda daquelas pertencentes ao filo Bacteroidetes. No presente trabalho, comparando o nível de energia mais elevado com o mais baixo é possível observar que as dietas com maior nível energético é a porcentagem de bactérias pertencentes ao filo Firmicutes, e menor porcentagem de bactérias pertencentes ao filo Bacteroidetes. O nível energético mais baixo apresentou menor relação entre F/B, comparado ao nível energético mais alto. Em relação as aves recebendo dietas com e sem *blend* enzimático, a relação F/B foi mais alta sem a adição do *blend*, essa relação entre filos (F/B) teve o mesmo comportamento para as dietas sem utilização de posbiótico, fato que pode explicar o melhor desempenho das aves desses grupos alimentares. Apesar de haver essas reduções na relação entre os filos, não foi estatisticamente significativo.

O filo Tenericutes foi mais predominante em aves recebendo o posbiótico sendo, de maneira geral, considerado maléfico (CRUZ et al., 2022), com a classe Mollicutes de origem parasitária (RAZIN, 1985). Entretanto, analisando os dados obtidos, essa classe era composta exclusivamente da ordem RF39, a qual não é considerada patogênica (ABUDABOS et al., 2017). Por outro lado, Camps-Bossacoma et al. (2017), relataram que bactérias do Filo Tenericutes podem ser encontradas na presença de homeostase intestinal. Nagalingam et al. (2011), avaliando a microbiota de murídeos, observaram menor contagem de bactérias pertencentes a esse filo quando um quadro de inflamação intestinal foi induzido.

A família Streptococcaceae está relacionada com agentes infecciosos em frangos de corte, afetando as taxas de morbidade e mortalidade (ABED et al., 2021). No entanto, no presente trabalho o gênero prevalente dessa família foi o *Streptococcus* (100%) (dados não apresentados), formado por bactérias ácido-láticas (BAL), ativas no processo de fermentação de carboidratos simples para produzir principalmente lactato (FOROUZANDEH et al., 2021). Segundo Lutful-Kabir (2009), e Machado et al. (2019), algumas espécies de *Streptococcus* estão entre os principais microrganismos usados como probióticos em dietas para frangos de corte, possuindo papel benéfico na nutrição de aves, inibindo patógenos potenciais e auxiliando na melhora do estado de saúde animal. A família Streptococcaceae foi mais abundante nas aves recebendo as dietas com nível intermediário e baixo de energia. Neste caso, dado o melhor desempenho em frangos alimentados com dietas com alto nível energético, uma menor abundância de Streptococcaeae não pode ser considerada negativa.

Pertencente ao filo Firmicutes, Lachnospiraceae e Ruminococcaceae são as principais famílias que cumprem o papel de fermentar polissacarídeos não digeríveis no ceco, produzindo AGCCs que promovem o crescimento de células epiteliais (RICHARDS et al., 2019), sendo as principais produtoras de butirato (ANTONISSEM et al., 2016), metabólito considerado anti-inflamatório. No presente trabalho, essas duas famílias foram as mais predominantes, independentemente das dietas consumidas pelos animais.

A predominância de Ruminococcaceae diminuiu em 24,22% nas aves que consumiram dietas contendo o posbiótico. Em camundongos foi sugerido que o aumento dessa família ocorre em animais de maior peso (KIM et al., 2012), e em frangos de corte naqueles de menor taxa de conversão alimentar (SINGH et al., 2012). O grupo de aves consumindo dieta suplementada com posbiótico apresentou menor peso e maior taxa de conversão alimentar aos 28 dias de idade, concomitante com a diminuição da predominância da família Ruminococcaceae encontradas no ceco dos frango de corte de mesma idade.

#### 4.3 Ácidos graxos de cadeia curta

De acordo com os dados obtidos para ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), não houve interação entre os fatores nível de energia e inclusão de enzima e posbiótico ( $P > 0,05$ ) (Tabela 14). Isoladamente, os níveis de energia alto e intermediário proporcionaram maior produção do ácido acético em relação ao nível mais baixo ( $P < 0,0001$ ). Já o ácido propanoico e o butírico

não foram influenciados pelos níveis de energia. A utilização dos aditivos não influenciou ( $P>0,05$ ) a produção de AGCC.

Tabela 14. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição de *blend* enzimático e posbiótico nas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) cecais na digesta de frangos de corte aos 28 dias de idade

ENERGIA <sup>1</sup>	Ácido acético	Ácido propanoico	Ácido butírico
	mmol/kg		
Alto	38,23a	3,49	3,69
Intermediário	33,09a	3,39	4,67
Baixo	26,55b	4,19	5,49
ENZIMA <sup>2</sup>			
Com	33,11	3,63	4,72
Sem	31,92	3,76	4,58
PÓS BIÓTICO <sup>3</sup>			
Com	31,40	3,75	4,98
Sem	33,56	3,65	4,32
CV (%)	20,98	42,98	50,49
EPM	6,82	1,59	2,35
Energia	<,0001	0,220	0,079
Enzima	0,435	0,768	0,909
Posbiótico	0,260	0,816	0,279
Energia*Enzima	0,199	0,857	0,847
Energia*Posbiótico	0,981	0,528	0,425
Enzima*Posbiótico	0,845	0,952	0,888

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de tukey; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. Os ácidos isobutírico, isovalérico e valérico não foram considerados por estarem abaixo do limite de quantificação.

As diversas populações microbianas cecais são capazes de realizar fermentação, degradando amido não digerível e resultando em metabólitos úteis para o hospedeiro, como os AGCC (BECKMANN et al., 2006; REHMAN et al., 2007; FEYE et al., 2020). Em geral, o principal produto da fermentação microbiana no ceco de frangos de corte, aos 28 dias de idade, foi o ácido acético, seguido pelo ácido butírico e o propanóico. De acordo com Lunedo e Pedroso (2017), altos valores de ácido acético são relacionados com uma alta adiposidade animal. No presente trabalho, as aves que receberam dietas com níveis de energia alto e

intermediário apresentaram maior concentração de ácido acético no ceco, bem como maiores valores de gordura encontrados na carcaça.

Existe interação complexa nas diferentes comunidades bacterianas para substratos específicos, e o resultado dessa interação pode levar a microbiota a produzir metabólitos benéficos que promovem a saúde intestinal ou a produzir metabólitos tóxicos (ONRUST et al., 2015). Bactérias que produzem metabólitos intermediários para promoverem a produção de butirato estão presentes no intestino, como é o caso das bactérias do ácido-lático (BAL). Embora as BAL não produzam ácido butírico, elas estimulam as bactérias produtoras de butirato a produzirem esse ácido no trato digestivo por meio do mecanismo de alimentação cruzada (DUNCAN et al., 2004; SALEHIZADEH et al., 2019). Apesar de não significativo, o ácido butírico apresentou maior produção para o nível baixo de energia ( $P=0,079$ ), o que pode ser explicado pela maior predominância das BAL (Streptococcaceae e Lactobacillaceae) nesse nível energético, estimulando a produção de butirato no ceco por alimentação cruzada, melhorando a função das bactérias produtoras desse AGCC, no entanto, não interferiu no desempenho.

#### 4.4 Atividade enzimática intestinal e pancreática

De acordo com os dados obtidos para atividade de enzimas digestivas, aos 21 dias de idade, foi observado interação entre energia vs enzima para a lipase ( $P=0,002$ ), e entre energia vs posbiótico para maltase ( $P=0,019$ ). Aos 28 dias de idade não foi observado interação dos fatores (Tabela 15).

Desdobrando as interações aos 21 dias de idade (Tabela 16), é possível observar que utilizando o *blend* enzimático nas dietas, a maior atividade de lipase observada foi para as aves consumindo nível intermediário de energia ( $P=0,010$ ). Para dietas com energia baixa, a utilização do *blend* enzimático diminuiu a atividade de lipase pancreática ( $P=0,001$ ). Para a enzima maltase, a suplementação de posbiótico favoreceu sua atividade em dietas com alta energia ( $P=0,010$ ), assim como nas dietas de energia intermediária a utilização de posbiótico diminuiu a sua atividade ( $P=0,022$ ).

De forma isolada (Tabela 15), aos 21 dias de idade, as aves apresentaram maior atividade de lipase sem *blend* enzimático nas dietas ( $P=0,037$ ). Já para as dietas com a utilização de posbiótico, a sua atividade foi aumentada aos 21 ( $P=0,036$ ) e aos 28 dias de idade ( $P=0,002$ ). Aos 21 dias de idade, as enzimas tripsina e quimotripsina foram influenciadas pelos níveis da

dieta ( $P=0,018$  e  $P=0,001$ , respectivamente), sendo que suas atividades foram maiores em dietas com baixa energia. Aos 28 dias de idade, resultados semelhantes foram encontrados, a tripsina continuou com o mesmo comportamento dos 21 dias ( $P=0,053$ ), e a quimotripsina apresentou maior atividade tanto para o nível de energia baixo como no intermediário ( $P=0,002$ ).

Tabela 15. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição de *blend* enzimático e posbiótico nas atividades de amilase (UA/  $\mu\text{g}$  de proteína), lipase (UI/mg de proteína), tripsina (nmol/ $\mu\text{g}$  de proteína), quimotripsina (nmol/ $\mu\text{g}$  de proteína), sacarase (UI/mg de proteína) e maltase (UI/mg de proteína) de frangos de corte aos 21 e 28 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	21 dias						28 dias					
	Amilase	Lipase	Tripsina	Quimotrip.	Sacarase	Maltase	Amilase	Lipase	Tripsina	Quimotrip.	Sacarase	Maltase
Alto	7,19	3,94	52,93b	6,46b	12,91	37,67	6,49	26,75	42,10	8,05b	13,70	33,28
Intermediário	8,02	7,49	55,71b	7,43b	12,25	34,42	9,29	29,98	44,29	9,86a	12,58	30,66
Baixo	11,83	5,50	75,44a	10,53a	12,70	33,03	8,63	35,37	54,55	11,32a	11,79	30,01
ENZIMA <sup>2</sup>												
Com	9,79	4,60B	64,65	8,62	12,62	34,61	7,56	23,99	45,84	9,81	12,46	30,07
Sem	8,20	6,59A	58,07	7,66	12,62	35,48	8,62	37,42	48,12	9,68	12,92	32,56
POSBÍÓTICO <sup>3</sup>												
Com	9,90	6,32A	64,97	8,73	12,22	34,01	8,40	38,18A	49,70	9,94	13,24	30,97
Sem	8,09	4,88B	57,74	7,55	13,02	36,08	7,79	23,22B	44,26	9,55	12,14	31,66
CV (%)	18,59	23,55	11,94	24,51	11,25	7,33	12,85	20,28	10,61	15,50	10,73	6,91
Energia	0,286	0,309	0,018	0,001	0,785	0,113	0,068	0,326	0,053	0,002	0,062	0,149
Enzima	0,731	0,037	0,454	0,311	0,816	0,557	0,316	0,061	0,409	0,841	0,455	0,087
Posbiótico	0,202	0,036	0,246	0,381	0,127	0,102	0,682	0,002	0,061	0,608	0,053	0,790
E.*Enz.	0,363	0,002	0,070	0,828	0,913	0,375	0,511	0,198	0,606	0,584	0,388	0,300
E.*Posb.	0,883	0,181	0,350	0,078	0,461	0,019	0,707	0,476	0,587	0,433	0,555	0,376
Enz.*Posb.	0,607	0,251	0,777	0,946	0,391	0,647	0,431	0,733	0,315	0,853	0,674	0,841

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey; Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. CV (%): coeficiente de variação; Quimotrip.: Quimotripsina.

Tabela 16. Desdobramento da interação nível de energia x adição de enzima para a atividade de lipase (UI/mg de proteína) e interação energia x posbiótico para a atividade de maltase (UI/mg de proteína) aos 21 dias de idade de frangos de corte

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	Enzima <sup>2</sup>			Posbiótico <sup>3</sup>		
	LIPASE			MALTASE		
	Com	Sem	P	Com	Sem	P
Alta	2,95b	4,88	0,062	40,38a	34,97	0,180
Intermediária	8,05a	6,90	0,163	31,37bB	37,48A	0,022
Baixa	2,82bB	8,03A	0,001	30,27b	35,78	0,060
P	0,010	0,108		0,010	0,612	

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey; Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste F 5%; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*. CV (%): coeficiente de variação.

O aumento das respostas das enzimas digestivas suporta a hipótese que as aves modulam enzimas específicas de acordo com o substrato, em vez de manter a atividade enzimática alta de forma constante (KARASOV; HUME, 1997). A resposta de maior atividade das enzimas proteolíticas, tripsina e quimotripsina em dietas com baixa energia no presente trabalho pode ter sido influenciada por uma maior disponibilidade de substrato no TGI para a sua ação, causada pela menor inclusão de óleo e maior inclusão de milho na dieta com baixa energia. A melhora da atividade dessas enzimas infere que a quantidade de proteína digerida foi aumentada, o que pode ter auxiliado para o maior rendimento de carcaça e peito no final da criação das aves (Tabela 17). Hulan e Bird (1972), observaram maior atividade de tripsina e quimotripsina em aves consumindo dietas com baixo teor de gordura, e atribuíram ao fato desses animais terem apresentado maior consumo de ração. No presente trabalho, o consumo de ração pode explicar a atividade das enzimas proteolíticas apenas com 28 dias, visto que o consumo de ração foi superior nas dietas com baixa energia, no entanto, aos 21 dias não foi observado essa diferença.

A inclusão de enzimas exógenas em dietas para frangos de corte pode reduzir a síntese de enzimas endógenas (DE LIMA et al., 2007). Em um nível macro, a inclusão de enzimas exógenas pode modificar órgãos como o pâncreas. Alterações no tamanho e na atividade enzimática do pâncreas foi demonstrada com a adição de fitase e amilase (LIU et al., 2014; COWIESON et al., 2018). As dietas com inclusão de *blend* enzimático foram valorizadas em

97 kcal, com isso, quando o *blend* é retirado da formulação, o nível de lipídeos da dieta aumenta e modifica o substrato para a ação da lipase. Possivelmente por essa razão, a atividade de lipase foi mais acentuada nas dietas sem a enzima, necessitando de maior atividade para catalisar a hidrólise do óleo dietético.

Segundo Gong et al. (2018), maior atividade de enzimas digestivas pode aumentar a taxa de utilização da alimentação e da capacidade de absorção. Há relatos do aumento da atividade enzimática com a utilização de alguns aditivos da família dos bióticos provindos de diferentes microrganismos (SANDERS, 1993; RAJPUT et al., 2013; SUN et al., 2016). No atual estudo, a suplementação do posbiótico estimulou a atividade de lipase, sugerindo que a utilização dietética de metabólitos de *Saccharomyces cerevisiae* favoreceu a digestão e absorção de lipídeos. É válido ressaltar que essa maior atividade enzimática ocorreu mesmo com as aves ingerindo menor quantidade de ração na inclusão do posbiótico, no entanto, essa melhor resposta da lipase não foi capaz de melhorar o ganho de peso das aves aos 21 e 28 dias de idade.

#### 4.5 Rendimento de carcaça e cortes

Para as variáveis de rendimento de carcaça foi observada interação para o nível de energia e inclusão do *blend* enzimático ( $P=0,034$ ), demonstrando que o rendimento de peito das aves foi superior com a utilização do *blend* nos níveis de energia intermediário e baixo ( $P=0,001$ ) (Tabela 18).

Isoladamente, o menor nível energético apresentou maior rendimento de carcaça quente ( $P=0,011$ ), carcaça fria ( $P=0,009$ ), e rendimento de peito ( $P=0,022$ ), em contrapartida o nível mais alto de energia proporcionou maior porcentagem de gordura abdominal ( $P=0,007$ ) (Tabela 17). As aves que receberam dietas contendo o *blend* enzimático obtiveram maior rendimento de carcaça quente ( $P=0,035$ ) e com a inclusão do posbiótico foi observado maior rendimento de perna ( $P=0,033$ ). Os demais parâmetros não foram afetados com a adição dos aditivos ( $P>0,05$ ) (Tabela 17).

Tabela 17. Rendimento de carcaça e cortes (%) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis energéticos, suplementados com *blend* enzimático e posbiótico abatidos aos 42 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	RCQUENTE	RCFRIA	RPEITO	RPERNA	RASA	RSASSAMI	GORDURA
Alto	69,53b	70,13b	27,70b	32,50	9,44	5,50	1,78a
Intermediário	69,98ab	70,63ab	28,22ab	32,23	9,24	5,34	1,62ab
Baixo	70,33 <sup>a</sup>	70,99a	28,54a	32,25	9,17	5,37	1,57b
ENZIMA <sup>2</sup>							
Com	70,16A	70,72	28,30	32,19	9,26	5,39	1,67
Sem	69,73B	70,47	28,01	32,46	9,30	5,42	1,65
POSBIÓTICO <sup>3</sup>							
Com	69,96	70,57	28,11	32,51A	9,28	5,38	1,67
Sem	69,93	70,61	28,19	32,14B	9,29	5,43	1,64
CV (%)	1,53	1,56	4,52	2,79	6,36	7,77	17,03
EPM	1,07	1,10	1,27	0,90	0,59	0,42	0,28
Energia	0,011	0,009	0,022	0,320	0,136	0,246	0,007
Enzima	0,035	0,246	0,242	0,106	0,713	0,736	0,729
Posbiótico	0,813	0,899	0,711	0,033	0,998	0,541	0,624
Energia*Enzima	0,282	0,320	0,034	0,256	0,970	0,923	0,246
Energia*Posbiótico	0,801	0,542	0,836	0,942	0,151	0,095	0,099
Enzima*Posbiótico	0,967	0,670	0,903	0,652	0,408	0,074	0,688

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de tukey 5%; médias seguidas de letras maiúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste F 5%. RCQUENTE: Rendimento de carcaça quente (peso obtido logo após a evisceração), RCFRIA: Rendimento de carcaça fria (peso obtido após resfriamento da carcaça eviscerada), RPEITO: Rendimento de peito, RPERNA: Rendimento de perna, RASA: Rendimento de asa, RSASSAMI: Rendimento de sassami; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabela 18. Desdobramento da interação energia x enzima para rendimento de peito de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	ENZIMA <sup>2</sup>		P
	Com	Sem	
Alto	27,39b	28,02	0,189
Intermediário	28,58a	27,88	0,248
Baixo	28,94a	28,14	0,079
P	0,001	0,822	

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de tukey 5%; <sup>1</sup> Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup>; 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase

O aumento do teor energético das dietas apesar de melhorar a CA das aves leva ao aumento da deposição de gordura e pode reduzir o rendimento de carcaça (FOUAD; EL-SENOUSEY et al., 2014; GE et al., 2019). Neste trabalho, o rendimento da carcaça quente e da carcaça fria foi reduzido em 1,15% e 1,23%, respectivamente, quando as aves consumiram dietas contendo o maior nível energético em relação a dieta menos energética, sendo o mesmo visualizado quanto ao rendimento de peito, reduzindo 3,03%. O aumento na porcentagem de rendimento quando o nível de energia foi reduzido pode estar correlacionado ao maior consumo de proteína, visto o aumento no consumo de ração (LEESON et al., 1997). Além de prejudicar o rendimento de carcaça e peito, o maior nível energético aumentou a deposição de gordura abdominal em 13,38%. Esses dados podem indicar que o nível elevado de energia das dietas estava em excesso, ocasionando uma maior deposição de gordura abdominal, estando de acordo com os estudos de Kessler et al. (2000), em que toda energia que ultrapassa as exigências da ave para manutenção e deposição de tecido muscular é armazenada como gordura. O excesso de deposição de gordura nas linhagens modernas de aves tem sido um problema que a indústria avícola tem enfrentado (ZHOU et al., 2006; GE et al., 2019). Em geral, a deposição excessiva de gordura é desfavorável para produtores, consumidores e abatedouro, uma vez que é considerada energia dietética desperdiçada (EMMERSON, 1997; FOUAD; EL-SENOUSEY et al., 2014; GE et al., 2019).

O aumento do rendimento de carcaça quente com a adição do *blend* enzimático está de acordo com Williams et al. (2014) e Dos Santos et al. (2017), que também encontraram efeitos positivos no rendimento de carcaça com a suplementação dietética de enzima. Em contrapartida, outras literaturas não verificaram este resultado no rendimento de carcaça (DE CARVALHO et al., 2009; NUNES et al., 2015). De Souza et al. (2008), verificaram um

aumento linear de gordura abdominal na medida em que se aumentou o nível de suplementação enzimática, podendo estar correlacionado a maior liberação de energia dos nutrientes da dieta pelas enzimas, acarretando na ingestão energética além das necessidades do animal, e dessa forma, acumulando gordura na carcaça do frango.

Mesmo sem haver interferências no desempenho das aves aos 42 dias de idade foi observado maior rendimento de perna na inclusão de posbiótico nas dietas. Esse achado possivelmente provém de uma influência isolada, não sendo possível concluir que a utilização de posbiótico, de fato, aumente o rendimento de perna de frangos de corte. Human et al. (2019) e Danladi et al. (2022), verificaram que o fornecimento de posbiótico para frangos de corte não afetou o rendimento de carcaça e cortes. Da mesma maneira, esses parâmetros não foram afetados com a combinação de posbiótico e inulina nas dietas para frangos de corte (KAREEM et al., 2015).

#### 4.6 Análise econômica

Avaliando o ponto de vista econômico, não houve interação dos fatores nível de energia e inclusão de *blend* enzimático e posbiótico ( $P > 0,05$ ) (Tabela 19). Isoladamente, observa-se que as aves que consumiram nível energético elevado refletem em maior custo ( $P < 0,0001$ ), sendo R\$ 0,10 centavos mais caros por cada kg de frango produzido em relação à utilização de um menor nível energético na dieta. Com a utilização do *blend* enzimático, a redução de custos é ainda maior, apresentando diferença de R\$ 0,17 centavos por cada kg de frango produzido quando comparado com a não utilização do *blend* ( $P < 0,0001$ ). As dietas com a utilização de posbiótico refletem em R\$ 0,03 centavos a mais no custo por cada kg de frango produzido em relação a não utilização desse aditivo ( $P = 0,048$ ).

Portanto, a utilização de dietas com níveis de energia alto e intermediário não se justificam tendo em vista o ganho de peso das aves aos 42 dias de idade (Tabela 6), o pior rendimento de carcaça e peito, e a maior porcentagem de gordura abdominal (Tabela 17).

Levando em consideração o ganho de peso das aves aos 42 dias (Tabela 6), em que não foi observado diferenças nas inclusões dos aditivos (*blend* enzimático e posbiótico), a utilização de posbiótico não se justifica. A inclusão do *blend* enzimático na dieta é benéfico para uma produção de menor custo, tendo em vista a valorização da matriz utilizada.

Tabela 19. Efeito de diferentes níveis energéticos, adição de *blend* enzimático e posbiótico no custo por quilo de frangos de corte criados até aos 42 dias de idade

NÍVEL ENERGIA <sup>1</sup>	CUSTO/kg de frango (R\$)
Alto	2,56a
Intermediário	2,51b
Baixo	2,46c
<b>ENZIMA<sup>2</sup></b>	
Com	2,42b
Sem	2,59a
<b>POSBIÓTICO<sup>3</sup></b>	
Com	2,52a
Sem	2,49b
CV (%)	3,22
EPM	0,081
Energia	<,0001
Enzima	<,0001
Posbiótico	0,048
Energia*Enzima	0,717
Energia*Posbiótico	0,569
Enzima*Posbiótico	0,434

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de tukey 5%; <sup>1</sup>Nível de Energia Alto: 1 a 7 dias: 3050 kcal kg<sup>-1</sup>; 8 a 21 dias: 3225 kcal kg<sup>-1</sup>; 22 a 28 dias: 3280 kcal kg<sup>-1</sup> 29 a 35 dias: 3320 kcal kg<sup>-1</sup> e 36 a 42 dias: 3360 kcal kg<sup>-1</sup>; Nível de Energia Intermediário: Redução de 40 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 80 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; Nível de Energia Baixo: Redução de 80 kcal kg<sup>-1</sup> para a fase de 1 a 7 dias e 160 kcal kg<sup>-1</sup> para as demais fases; <sup>2</sup>Composição: 560 U kg<sup>-1</sup> de xilanase, 250 U kg<sup>-1</sup> de betaglucanase, 2000 U kg<sup>-1</sup> de protease e 1000 FTU kg<sup>-1</sup> de fitase; <sup>3</sup>Produzido a partir da fermentação do levedo *Saccharomyces cerevisiae*.

## 5 Conclusões

O alto e intermediário nível energético não desencadearam um quadro de disbiose intestinal, entretanto, seu uso não é justificado tendo em vista o ganho de peso das aves, rendimento de carcaça e peito, porcentagem de gordura abdominal, e custo por quilo de frango produzido. Considerando o período total de criação e a análise econômica, o uso de *blend* enzimático se mostrou benéfico, enquanto a adição de posbiótico não proporcionou melhorias na microbiota cecal, não interferindo no desempenho.

## Referências

- ABED, A.; SEDIK, A.; SHANY, S. Molecular characterization of *Streptococcus* and *Enterococcus* species isolated from broiler chickens. **Assiut Veterinary Medical Journal**, v.67, n1., p.21-32, 2021. DOI: 10.21608/avmj.2021.205163
- ABUDABOS, A.M.; AL-ATIYAT, R.M.; ALBATSHAN, H.A.; ALJASSIM, R.; ALJUMAAH, M.R.; ALKHULAIIFI, M.M.; STANLEY, D.M. Effects of concentration of corn distillers dried grains with solubles and enzyme supplementation on cecal microbiota and performance in broiler chickens. **Applied Microbioly and Biotechnoly**, v.101, n.18, p.7017-7026, 2017. DOI: 10.1007/s00253-017-8448-5
- ABREU, J.A.D.C. **Adição combinada de carboidrases e óleos essenciais em dietas de novilhos confinados**. 2017. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Tecnológico Federal do Paraná, Dois Vizinhos.
- AGUILAR-TOALÁ, J.E.; GARCÍA-VARELA, R.; GARCÍA, H.S.; MATA-HARO, V.; GONZÁLEZ-CÓRDOVA, A.F.; VALLEJO-CÓRDOBA, B.; HERNÁNDEZ-MENDOZA, A. Posbióticos: Um termo em evolução dentro do campo de alimentos funcionais. **Trends in Food Science and Technology**, v.75, p.105-114, 2018. DOI: 10.1016/J.TIFS.2018.03.009
- AHIWE, E.U.; ABDALLH, M.E.; CHANG'A, E.P.; OMEDE, A.A.; AL-QAHTANI, M.; GAUSI, H.; GRAHAM, H.; IJI, P.A. Influence of dietary supplementation of autolyzed whole yeast and yeast cell wall products on broiler chickens. **Asian-Australasian Journal Animal Sciences**, v.33, n.4, p.579-587, 2020. DOI: 10.5713/ajas.19.0220
- ALABI, O.O.; SHOYOMBO, A.J.; AKPOR, O.B.; OLUBA, O.M.; ADEYONU, A.G. 'Exogenous Enzymes and the Digestibility of Nutrients by Broilers: A Mini Review. **International Journal of Poultry Science**, v.18, n.9, p.404-409, 2019. DOI: 10.3923/ijps.2019.404.409
- ALAGAWANY, M.; ELNESR, S.S.; FARAG, M.R. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v.19, n.3, p.157–164, 2018. DOI:
- ALAGAWANY, M.; EL-SAADONY, M.T.; ELNESR, S.S.; FARAHAT, M.; ATTIA, G.; MADKOUR, M.; REDA, F.M. Use of lemongrass essential oil as a feed additive in quail's nutrition: its effect on growth, carcass, blood biochemistry, antioxidant and immunological indices, digestive enzymes and intestinal microbiota. **Poultry Science**, v.100, 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101172
- ALEXANDRINO, S.L.S.A.; COSTA, T.F.; DA-SILVA, N.G.D.; DE-ABREU, J.M.; DA-SILVA, N.F.; SAMPAIO, S.A.; CHRISTOFOLI, M.; CRUZ, L.C.F.; MOURA, G.F.; FARIA, P.P.; MINAFRA, C.S. Intestinal microbiota and factors influencing poultry. **Research, Society and Development**, v.9, n.6, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3098
- AMERAH, A.M. Interactions between wheat characteristics and feed enzyme supplementation in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.199, p.1-9, 2015. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.09.012

- AMIT-ROMACH, E.; SKLAN, D.; UNI, Z. Microflora Ecology of the Chicken Intestine Using 16S Ribosomal DNA Primers. **Poultry Science**, v.83, p.1093-1098, 2004. DOI: 10.1093/ps/83.7.1093.
- ANGEL, C.R.; SAYLOR, W.; VIEIRA, S.L.; WARD, N. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 7- to 22-day-old broiler chickens. *Poultry Science*, v. 90, n.10, p. 2281-2286, 2011. DOI: 10.3382/ps.2011-01482
- ANTONISSEN, G EECKHAUT, V.; VAN DRIESSCHE, K.; ONRUST, L.; HAESBROUCK, F.; DUCATELLE, R.; MOORE, R.J.; VAN-IMMERSEEL, F. Microbial shifts associated with necrotic enteritis. **Avian Pathology**, v.45, n.3, p.308-312, 2016. DOI:10.1080/03079457.2016.1152625
- APAJALAHTI, J. Comparative Gut Microflora, Metabolic Challenges, and Potential Opportunities. **Journal of Applied Poultry Research**, v.14, p.444-453, 2005. DOI: 10.1093/japr/14.2.444
- APAJALAHTI, J.; KETTUNEN, A.; GRAHAM, H. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. **World's Poultry Science Journal**, v.60, n.2, p.223-232, 2004. DOI: 10.1079/WPS200415
- ARISTIDES, L.G.A.; PAIAO, F.G.; MURATE, L.S.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Os Efeitos dos Aditivos Bióticos no Crescimento e Qualidades da Carne de Frangos de Corte. **International Journal of Poultry Science**, v.11, p.599-604, 2012. DOI: 10.3923/ijps.2012.599.604
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL -ABPA. Relatório anual 2021.
- ATTIA, Y.A.; AL-HARTHI, M.A.; EL-MAATY, A.H.M. The Effects of Different Oil Sources on Performance, Digestive Enzymes, Carcass Traits, Biochemical, Immunological, Antioxidant, and Morphometric Responses of Broiler Chicks. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7, n.181, 2020. DOI:10.3389/fvets.2020.00181
- BARBOSA, N.A.A.; BONATO, M.A.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B.; FERNANDES, J.B.K.; KAWAUCHI, I.M. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.4, p.361-369, 2014.
- BARLETTA, A. Enzymes in farm animal nutrition. In: BEDFORD, M.R., PARTIDGE, G.G. (Eds). **Introduction: current market and expected developments**. 2.ed. Londres: Cab International, 2011. p.1-11.
- BECKMANN, L.; SIMON, O.; VAHJEN, W. Isolation and identification of mixed linked beta -glucan degrading bacteria in the intestine of broiler chickens and partial characterization of respective 1,3-1,4-beta -glucanase activities. **Journal of Basic Microbioly**. v.46, n.3, p.175-85, 2006. DOI: 10.1002/jobm.200510107.

- BEDFORD, M.R.; COWIESON, A.J. Matrix values for exogenous enzymes and their application in the real world. **Journal of Applied Poultry Research**, v.29, n.1, p.15-22, 2020. DOI: 10.1016/j.japr.2019.10.011
- BENJAMINI, Y.; HOCHBERG, Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. **Journal of the royal statistical society**, v.57, n.1, p. 289-300, 1995. DOI: 10.2307/2346101
- BLAUT, M.; CLAVEL, T. Metabolic Diversity of the Intestinal Microbiota: Implications for Health and Disease. **The Journal of Nutrition**, v.137, 2007. DOI: 10.1093/jn/137.3.751S
- BOLYEN, E.; RIDEOUT, J.R.; DILLON, M.R.; BOKULICH, N.A.; ABNET, C.C.; AL-GHALITH, G.A.; ALEXANDER, H.; ALM, E.J.; ARUMUGAM, M.; ASNICAR, F.; BAI, Y.; BISANZ, J.E.; BITTINGER, K.; BREJNROD, A.; BRISLAWN, C.J.; BROWN, C.T.; CALLAHAN, B.J.; CARABALLO-RODRÍGUEZ, A.M.; CHASE, J.; COPE, E.K.; DA SILVA, R.; DIENER, C.; DORRESTEIN, P.C.; DOUGLAS, G.M.; DURALL, D.M.; DUVALLET, C.; EDWARDSON, C.F.; ERNST, M.; ESTAKI, M.; FOUQUIER, J.; GAUGLITZ, J.M.; GIBBONS, S.M.; GIBSON, D.; GONZALEZ, A.; GORLICK, K.; GUO, J.; HILLMANN, B.; HOLMES, S.; HOLSTE, H.; HUTTENHOWER, C.; HUTTLEY, G.A.; JANSSEN, S.; JARMUSCH, A.K.; JIANG, L.; KAEHLER, B.D.; KANG, K.B.; KEEFE, C.R.; KEIM, P.; KELLEY, S.T.; KNIGHTS, D.; KOESTER, I.; KOSCIOLEK, T.; KREPS, J.; LANGILLE, M.G.I.; LEE, J.; LEY, R.; LIU, Y.X.; LOFTFIELD, E.; LOZUPONE, C.; MAHER, M.; MAROTZ, C.; MARTIN, B.D.; MCDONALD, D.; MCIVER, L.J.; MELNIK, A.V.; METCALF, J.L.; MORGAN, S.C.; MORTON, J.T.; NAIMEY, A.T.; NAVAS-MOLINA, J.A.; NOTHIAS, L.F.; ORCHANIAN, S.B.; PEARSON, T.; PEOPLES, S.L.; PETRAS, D.; PREUSS, M.L.; PRUESSE, E.; RASMUSSEN, L.B.; RIVERS, A.; ROBESON, M.S.; ROSENTHAL, P.; SEGATA, N.; SHAFFER, M.; SHIFFER, A.; SINHA, R.; SONG, S.J.; SPEAR, J.R.; SWAFFORD, A.D.; THOMPSON, L.R.; TORRES, P.J.; TRINH, P.; TRIPATHI, A.; TURNBAUGH, P.J.; UL-HASAN, S.; VAN DER HOOFT, J.J.J.; VARGAS, F.; VÁZQUEZ-BAEZA, Y.; VOGTMANN, E.; VON HIPPEL, M.; WALTERS, W.; WAN, Y.; WANG, M.; WARREN, J.; WEBER, K.C.; WILLIAMSON, C.H.D.; WILLIS, A.D.; XU, Z.Z.; ZANEVELD, J.R.; ZHANG, Y.; ZHU, Q.; KNIGHT, R.; CAPORASO, J.G. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. **Nature Biotechnology**, v.37, n.8, p.852-857, 2019 DOI: 10.1038/s41587-019-0209-9.
- BORDA-MOLINA, D.; SEIFERT, J.; CAMARINHA-SILVA, A. Current Perspectives of the Chicken Gastrointestinal Tract and Its Microbiome. **Computational and Structural Biotechnol Journal**, v.16, p.131-139, 2018. DOI: 10.1016/j.csbj.2018.03.002
- BORDA-MOLINA, D.; VITAL, M.; SOMMERFELD, V.; RODEHUTSCORD, M.; CAMARINHA-SILVA, A. Insights into Broilers' Gut Microbiota Fed with Phosphorus, Calcium, and Phytase Supplemented Diets. **Frontiers in Microbiology**, v.7, 2016. DOI:10.3389/fmicb.2016.02033
- BORTOLUZZI, C.; SCAPINI, L.B.; RIBEIRO, M.V.; PIVETTA, M.R.; BUZIM, R.; FERNANDES, J.I.M. Effects of  $\beta$ -mannanase supplementation on the intestinal microbiota composition of broiler chickens challenged with a coccidiosis vaccine. **Livestock Science**, v.228, p.187-194, 2019. DOI:10.1016/j.livsci.2019.09.001

- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976. DOI: 10.1006/abio.1976.9999
- BROCH, J.; DOS-SANTOS, E.C.; DAMASCENO, J.L.; NESELLO, P. DE O.; DE-SOUZA, C.; EYNG, C.; PESTI, G.M.; NUNES, R.V. Phytase and phytate interactions on broilers' diet at 21 days of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v.29, p.240-250, 2020b. DOI: 10.1016/j.japr.2019.10.010
- BROCH, J.; SANGALLI, G.G.; SAVARIS, V.D.L.; NUNES, R.V. Fitase e seus efeitos extrafosfóricos em dietas para frangos de corte: revisão. **Agropecuária Catarinense**, v.33, n.1, p.68-42, 2020a. DOI:
- CALLAHAN, B.J.; MCMURDIE, P.J.; ROSEN, M.J.; HAN, A.W.; JOHNSON, A.J.; HOLMES, S.P. DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. **Nature Methods**, v.13, n.7, p.581-583, 2016. DOI: 10.1038/nmeth.3869.
- CALLAWAY, T.R.; DOWD, S.E.; WOLCOTT, R.D.; SUN, Y.; MCREYNOLDS, J.L.; EDRINGTON, T.S.; BYRD, J.A.; ANDERSON, R.C.; KRUEGER, N.; NISBET, D.J. Evaluation of the bacterial diversity in cecal contents of laying hens fed various molting diets by using bacterial tag-encoded FLX amplicon pyrosequencing. **Poultry Science**, v.88, n.2, p.298-302, 2009. DOI: 10.3382/ps.2008-00222
- CAMPS-BOSSACOMA, M.; PÉREZ-CANO, F.J.; FRANCH, À.; CASTELL, M. Gut Microbiota in a Rat Oral Sensitization Model: Effect of a Cocoa-Enriched Diet. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2017. DOI: 10.1155/2017/7417505.
- CANI, P.D.; AMAR, J.; IGLESIAS, M.A.; POGGI, M.; KNAUF, C.; BASTELICA, D.; NEYRINCK, A.M.; FAVA, F.; TUOHY, K.M.; CHABO, C.; WAGET, A.; DELMÉE, E.; COUSIN, B.; SULPICE, T.; CHAMONTIN, B.; FERRIÈRES, J.; TANTI, J.F.; GIBSON, G.R.; CASTEILLA, L.; DELZENNE, N.M.; ALESSI, M.C.; BURCELIN, R. Metabolic endotoxemia initiates obesity and insulin resistance. **Diabetes**, v.56, n.7, p.1761-1772, 2007b. DOI: 10.2337/db06-1491
- CANI, P.D.; NEYRINCK, A.M.; FAVA, F.; KNAUF, C.; BURCELIN, R.G.; TUOHY, K.M.; GIBSON, G.R.; DELZENNE, N.M. Selective increases of bifidobacteria in gut microflora improve high-fat-diet-induced diabetes in mice through a mechanism associated with endotoxaemia. **Diabetologia**, v.50, n.11, p:2374-2383, 2007a. DOI: 10.1007/s00125-007-0791-0
- CANOCINI, A.; SIRET, C.; OELLEGRINO, E.; PONTIER-BRES, R.; POUYET, L.; MONTERO, M.P.; COLIN, C.; CZERUCKA, D.; RIGOT, V.; ANDRÉ, F. *Saccharomyces boulardii* improves intestinal cell restitution through activation of the  $\alpha 2\beta 1$  integrin collagen receptor. **PLoS One**, v.6, n.3, 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0018427
- CAPORASO, J.; LAUBER, C.; WALTERS, W.; BERG-LYONS, D.; HUNTLEY, J.; FIERER, N.; OWENS, S.M.; BETLEY, J.; FRASER, L.; BAUER, M.; GORMLEY, N.; GILBERT, J.A.; SMITH, G.; KNIGHT, R. Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. **The ISME Journal**, v.6, p.1621-1624, 2012. DOI: 10.1038/ismej.2012.8

- CARVALHO, C.C.S.; DOS-SANTOS, T.C.; DA-SILVA, G.C.; SANTOS, L.V.; MOREIRA, S.J.M.; BOTELHO, L.F.R. Conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.769-773, 2014. DOI:
- CASELLI, M.; VAIRA, G.; CALO, G.; PAPINI, F.; HOLTON, J.; VAIRA, D. Structural bacterial molecules as potential candidates for an evolution of the classical concept of probiotics. **Advances in Nutrition**, v.2, n.5, p.372-376, 2011. DOI: 10.3945/an.111.000604
- CHAN, Y.K.; ESTAKI, M.; GIBSON, D.L. Clinical consequences of diet-induced dysbiosis. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v.63, p.28-40, 2013. DOI: 10.1159/000354902
- CHANEY, W.E.; NAQVI, S.A.; GUTIERREZ, M.; GERNAT, A.; JOHNSON, T.J.; PETRY, D. Dietary Inclusion of a *Saccharomyces cerevisiae*-Derived Postbiotic Is Associated with Lower *Salmonella enterica* Burden in Broiler Chickens on a Commercial Farm in Honduras. **Microorganisms**, v.20, p.544, 2022. DOI: 10.3390/microorganisms10030544
- CHERRINGTON, C.A.; HINTON, M.; MEAD, G.C.; CHOPRA, I. Organic Acids: Chemistry, Antibacterial Activity and Practical Applications. **Advances in Microbial Physiology**, p.87-108, 1991. DOI:10.1016/s0065-2911(08)60006-5
- CHO, J.H.; ZHAO, P.; KIM, I.H. Effects of Emulsifier and Multi-enzyme in Different Energy Density diet on Growth Performance, Blood Profiles, and Relative Organ Weight in Broiler Chickens. **The Journal of Agricultural Science**, v.4, p.161, 2012. DOI: 10.5539/JAS.V4N10P161
- CLASSEN, H.L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal feed Science Technology**, v.119, n.3/4, p.293-305, 1996. DOI: 10.1016/S0377-8401(96)01002-4
- CONRADO, B.Á.; SOUZA, S.A.D.; MALLETT, A.C.T.; SOUZA, E.B.D.; NEVES, A.D.S.; SARON, M.L.G. Disbiose intestinal em idosos e aplicabilidade dos probióticos e prebióticos. **Cadernos UniFOA**, v.13, n.36, p.71-78, 2018. DOI: 10.47385/cadunifoa.v13i36.1269
- CORDEIRO, E.A.R.; DE-SOUZA, S.R.L.; GLAVINA, A.S.G.; PINTO, E.S.; BUENO, L.G. Simulação CFD do ambiente de instalações para frangos de corte visando conforto térmico. **Revista Energia na Agricultura**, v.31, n.4, p.342-347, 2016. DOI: 10.17224/EnergAgric.2016v31n4p342-347
- CORRIGAN, A.; HORGAN, K.; CLIPSON, N.; MURPHY, R.A. Effect of Dietary Supplementation with a *Saccharomyces cerevisiae* Mannan Oligosaccharide on the Bacterial Community Structure of Broiler Cecal Contents. **Applied and Environmental Microbiology**, v.77, n.18, 2011. DOI: 10.1128/AEM.05028-11
- COWIESON, A.; ROOS, F. Bioefficacy of a mono-component protease in the diets of pigs and poultry: A meta-analysis of effect on ileal amino acid digestibility. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v.2, 2014. DOI:10.1017/jan.2014.5

- COWIESON, A.J.; VIEIRA, S.L.; STEFANELLO, C. Exogenous Microbial Amylase in the Diets of Poultry: What do We Know? **The Journal of Applied Poultry Research**, v.28, 2018. DOI: 10.3382/japr/pfy044
- CRAIG A. D.; KHATTAK, F.; HASTIE, P.; BEDFORD, M.R.; OLUKOSI, O. A. Xylanase and xylo- oligosaccharide prebiotic improve the growth performance and concentration of potentially prebiotic oligosaccharides in the ileum of broiler chickens, **British Poultry Science**, v.61, n.1, p.70-78, 2020. DOI: 10.1080/00071668.2019.1673318
- CRUZ, L.C.F.; COSTA, T.F.; SAMPAIO, S.A.; DIAS DA SILVA, N.G.; ABREU, J.M.; BORGES, K.F.; SALES, G.M.; ALEXANDRINO, S.L.; SANTOS, F.R.; MINAFRA, C.S. Intestinal microbiome of birds and its importance. **Research, Society and Development**, v.11, n.2, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25583.
- CUEVAS-GONZÁLEZ, P.F.; LICEAGA, A.M.; AGUILAR-TOALÁ, J.E. Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. **Food Research International**, v.136, 2020. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109502
- DAHLQUIST, A. Method for assay of intestinal disaccharidases. **Analytical Biochemistry**, v.7, p.447-454, 1964. DOI: 10.1016/0003-2697(64)90115-0
- DAL PONT, G.C.; FARNELL, M. F.; FARNELL, Y.; KOGUT, M.H. Dietary factors as triggers of low-grade chronic intestinal inflammation in poultry. **Microorganisms**, v.8, n.1, p.139, 2020. DOI: 10.3390/microorganisms8010139
- DALÓLIO, F.S.; MOREIRA, J.; VALADARES, L.R.; NUNES, P.B.; VAZ, D.P.; PEREIRA, H.J.; PIRES, A.V.; CRUZ, P.J.R. Aditivos alternativos ao uso de antimicrobianos na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.5, n.1, p.86-94, 2015. DOI: 10.21206/rbas.v5i1
- DANLADI, Y.; LOH, T.C.; FOO, H.L.; AKIT, H.; MD TAMRIN, N.A.; NAEEM AZIZI, M. Effects of Postbiotics and Paraprobiotics as Replacements for Antibiotics on Growth Performance, Carcass Characteristics, Small Intestine Histomorphology, Immune Status and Hepatic Growth Gene Expression in Broiler Chickens. **Animals**, v.12, p.917, 2022. DOI: 10.3390/ani12070917
- DANZEISEN, J.L.; KIM, H.B.; ISAACSON, R.E.; TU, Z.J.; JOHNSON, T.J. Modulations of the chicken cecal microbiome and metagenome in response to anticoccidial and growth promoter treatment, **PLoS One**, v.6, n.11, 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0027949
- DA-SILVA, J.M.S.; GOUVEIA, A.B.V.S.; DA-SILVA, W.J.; DE-PAULO, L.M.; DOS-SANTOS, F.R.; MINAFRA, C.S. Uso de enzimas para aumentar a qualidade nutricional de farinhas de origem animal. **PUBVET**, v.12, n.8, p.1-13, 2018. DOI: 10.31533/pubvet.v12n8a156.1-13
- DE-CARVALHO, J.C.C.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; PEREIRA, R.A.N. Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.292-298, 2009. DOI:10.1590/S1516-35982009000200011

- DE-LIMA, A.C.F.; PIZAURO-JÚNIOR, J.M.; MACARI, M.; PINHEIRO, E.B. Efeito do Uso de Probiótico sobre o Desempenho e Atividade de Enzimas Digestivas de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.200-207, 2003. DOI: 10.1590/S1516-35982003000100025
- DE-LIMA, M.R.; DA-SILVA, J.H.V.; DE-ARAÚJO, J.A.; LIMA, C.B.; DE-OLIVEIRA, E.R.A. Exogenous enzymes in feeding chickens. **Acta Veterinária Brasilica**, v.1, n.4, p.99-110, 2007.
- DE-SOUZA, R.M.; BERTECHINI, A.G.; DE SOUSA, R.V.; RODRIGUES, P.B.; DE CARVALHO, J.C.C.; DE BRITO, J.A.G. Effects of enzyme supplementation and different physical forms of diets on performance and carcass characteristics of broilers chicken. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000200037
- DELMASCHIO, I.B. Enzymes in monogastric animal feeding - literature review. **Revista Científica de Medicina Veterinária-UNORP**, v.2, n.1, p.06-20, 2018. DOI:
- DEL VALLE, T.A.; ZENATTI, T.F.; ANTONIO, G.; CAMPANA, M.; GANDRA, J.R.; ZILLIO, E.M.C.; DE-MATTOS, L.F.A.; DE-MORAIS, J.G.P. Effect of chitosan on the preservation quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v.73, p.630-638, 2018. DOI:10.1111/gfs.12356
- DOS SANTOS, T.T.; MASEY O'NEILL, H.V.; GONZÁLEZ-ORTIZ, G.; CAMACHO-FERNÁNDEZ, D.; LÓPEZ-COELLO, C. Xylanase, protease and superdosing phytase interactions in broiler performance, carcass yield and digesta transit time. **Animal nutrition** v.3, n.2, p.121–126, 2017. DOI:10.1016/j.aninu.2017.02.00
- DOZIER III, W.A.; GEHRING, C.K.; CORZO, A.; OLANREWAJU, H.A. Apparent metabolizable energy needs of male and female broilers from 36 to 47 days of age. **Poultry Science**, v.90, n.4, p.804-814, 2011. DOI: 10.3382/ps.2010-01132.
- DUNCAN, S.H.; LOUIS, P.; FLINT, H.J. Lactate-Utilizing Bacteria, Isolated from Human Feces, That Produce Butyrate as a Major Fermentation Product. **Applied and Environmental Microbiology**, v.70, n.10, p.5810–5817, 2004. DOI: 10.1128/aem.70.10.5810-5817.2004
- EMMERSON, D.A. Commercial approaches to genetic selection for growth and feed conversion in domestic poultry. **Poultry Science**, v.76, n.8, p.1121-1125, 1997. DOI: 10.1093/ps/76.8.1121.
- ENGBERG, R.M.; HEDEMANN, M.S.; STEENFELDT, S.; JENSEN, B.B. Influence of Whole Wheat and Xylanase on Broiler Performance and Microbial Composition and Activity in the Digestive Tract. **Poultry Science**, v.83, p. 925-938, 2004. DOI: 10.1093/ps/83.6.925.
- ERLANGER, B.F.; EDEL, F.; COOPER, A.G. The action of chymotrypsin on two new chromogenic substrates. **Archives of Biochemistry Biophysics**, v.115, p.206-210, 1966. DOI: 10.1016/S0003-9861(66)81058-5

- FEYE K.M.; ANDERSON, K.L.; SCOTT, M.F.; MCINTYRE, D.R.; CARLSON, S.A. Inhibition of the virulence, antibiotic resistance, and fecal shedding of multiple antibiotic-resistant *Salmonella Typhimurium* in broilers fed Original XPC™. *Poultry Science*, v.1, n.12, p.2902-2910, 2016. DOI: 10.3382/ps/pew254.
- FEYE, K.M.; BAXTER, M.F.A.; TELLEZ-ISAIAS, G.; KOGUT, M.H.; RICKE, S.C. Influential factors on the composition of the conventionally raised broiler gastrointestinal microbiomes. *Poultry Science*, v.99, n.2, p.653-659, 2020a. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.013
- FEYE, K.M.; RUBINELLI, P.M.; CHANEY, W.E.; PAVLIDIS, H.O.; KOGUT, M.H.; RICKE, S.C. The Preliminary Development of an in vitro Poultry Cecal Culture Model to Evaluate the Effects of Original XPC™ for the Reduction of *Campylobacter jejuni* and Its Potential Effects on the Microbiota. *Frontiers in Microbiology*, v.10, n.3062, 2020b. DOI: 10.3389/fmicb.2019.03062.
- FIRMAN, J.D.; MOORE, D.; BROOMHEAD, J.; MCINTYRE, E.D. Effects of Dietary Inclusion of a *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation Product on Performance and Gut Characteristics of Male Turkeys to Market Weight. *International Journal of Poultry Science*, v.12, p.141-143, 2013. DOI: 10.3923/ijps.2013.141.143
- FOROUZANDEH, A.; BLAVI, L.; ABDELLI, N.; MELO-DURAN, D.; VIDAL, A.; RODRÍGUEZ, M.; MONTEIRO, A.N.T.R.; PÉREZ, J.F.; DARWICH, L.; SOLÀ-ORIOLO, D. Effects of dicopper oxide and copper sulfate on growth performance and gut microbiota in broilers. *Poultry Science*, v.100, n.8, 2021. DOI:10.1016/j.psj.2021.101224.
- FOUAD, AM.; EL-SENOUSEY, H.K. Nutritional factors affecting abdominal fat deposition in poultry: a review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, v.27, n.7, p.1057-1068, 2014. DOI:10.5713/ajas.2013.13702
- GAO, J.; ZHANG, H.J.; WU, S.G.; YU, S.H.; YOON, I.; MOORE, D.; GAO, Y.P.; YAN, H.J.; QI, G.H. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on immune functions of broilers challenged with *Eimeria tenella*. *Poultry Science*, v.88, n.10, p.2141-2151, 2009. DOI: 10.3382/ps.2009-00151
- GAO, J.; ZHANG, H.J.; YU, S.H.; WU, S.G.; YOON, I.; QUIGLEY, J.; GAO, Y.P.; QI, G.H. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, v.87, n.7, p.1377-1384, 2008. DOI: 10.3382/ps.2007-00418
- GE, X.K.; WANG, A.A.; YING, Z.X.; ZHANG, L.G.; SU, W.P.; CHENG, K.; FENG, C.C.; ZHOU, Y.M.; ZHANG, L.L.; WANG, T. Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. *Poultry Science*, v.98, n.2, p.887-895, 2019. DOI: 10.3382/ps/pey434.
- GERRITSEN, J.; SMIDT, H.; RIJERS, G.T.; DE-VOS, W.M. Intestinal microbiota in human health and disease: the impact of probiotics. *Genes Nutrition*, v.6, p.209-240, 2011. DOI: 10.1007/s12263-011-0229-7
- GIACOBBO, F.C.N.; EYNG, C.; NUNES, R.V.; DE-SOUZA, C.; TEIXEIRA, L.V.; PILLA, R.; SUCHODOLSKI, J.S.; BORTOLUZZI, C. Different enzymatic associations in diets of

- broiler chickens formulated with corn dried at various temperatures. **Poultry Science**, v.100, 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.01.035
- GINGERICH, E.; FRANA, T.; LOGUE, C.M.; SMITH, D.P.; PAVLIDIS, HO.; CHANEY, W.E. Effect of Feeding a Postbiotic Derived from *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation as a Preharvest Food Safety Hurdle for Reducing *Salmonella* Enteritidis in the Ceca of Layer Pullets. **Journal of Food Protection**, v.84, n.2, p.275-280, 2021. DOI: 10.4315/JFP-20-330
- GONG, J.; FORSTER, R.J.; YU, H.; CHAMBERS, J.R.; SABOUR, P.M.; WHEATCROFT, R.; CHU, S. Diversity and phylogenetic analysis of bacteria in the mucosa of chicken ceca and comparison with bacteria in the cecal lumen. **FEMS Microbiology Letters**, v.208, p.1-7, 2002. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2002.tb11051.x.
- GONG, L.; WANG, B.; MEI, X.; XU, H.; QIN, Y.; LI, W.; ZHOU, Y. Effects of three probiotic *Bacillus* on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidative capacity, serum immunity, and biochemical parameters in broilers. **Animal Science Journal**, v.89, n.11, p.1561-1571, 2018. DOI: 10.1111/asj.13089
- GRECCO, E.T.; MARCATO, S.M.; OLIVEIRA, T.M.M.; STANQUEVIS, C.E.; GRIESER, D.O.; PERINE, T.P.; FINCO, E.M.; BENITES, M.I. Effects of the Dietary Inclusion of Xylanase on the Performance and Jejunum Morphometry of Meat Type Quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.21, n.4, 2019. DOI: 10.1590/1806-9061-2018-0920
- GUEIMONDE, M.; SÁNCHEZ, B.; DE LOS REYES-GAVILÁ, C.G.; MARGOLLES, A. Antibiotic resistance in probiotic bacteria. **Frontiers in Microbiology**, v.4, n.202., 2013. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00202.
- HASHEMIPOUR, H.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; VELDKAMP, T. Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. **Poultry Science**, v.92, p.2059-2069, 2013. DOI: 10.3382/ps.2012-02685
- HE, Y.; YANG, Y.; DONG, Y.; ITO, K.; ZHANG, B. Highly nutritious diet resists *Salmonella* Typhimurium infections by improving intestinal microbiota and morphology in broiler chickens. **Poultry Science**, v.99, n.12, p.7055-7065, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2020.09.073.
- HOOGE, D.M.; SIMS, M D.; SEFTON, A.E.; CONNOLLY, A.; SPRING P. Effect of dietary mannan oligosaccharide, with or without bacitracin or virginiamycin, on live performance of broiler chickens at relatively high stocking density on new litter. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.461-467, 2003. DOI: 10.1093/japr/12.4.461
- HOEVELER, M. **Avaliação da microbiota intestinal de modelo animal de mucopolissacaridose tipo I**. 2020. 48f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- HONG, Y.; CHENG, Y.; LI, Y.; LI, X.; ZHOU, Z.; SHI, D.; LI, Z.; XIAO, Y. Preliminary Study on the Effect of *Bacillus amyloliquefacien* TL on Cecal Bacterial Community Structure of Broiler Chickens. **Hindawi BioMed Research International**, 2019. DOI: 10.1155/2019/5431354

- HULAN, H.W.; BIRD, F.H. Effect of fat level in isonitrogenous diets on the composition of avian pancreatic juice. **The Journal of Nutrition**, v.102, n.4, p.459-468, 1972. DOI: 10.1093/jn/102.4.459.
- HUMAM, A.M.; LOH, T.C.; FOO, H.L.; SAMSUDIN, A.A.; MUSTAPHA, N.M.; ZULKIFLI, I.; IZUDDIN, W.I. Effects of Feeding Different Postbiotics Produced by *Lactobacillus plantarum* on Growth Performance, Carcass Yield, Intestinal Morphology, Gut Microbiota Composition, Immune Status, and Growth Gene Expression in Broilers under Heat Stress. **Animals**, v.9, n. 644, 2019. DOI: 10.3390/ani9090644
- HUMPHREY, S.; CHALONER, G.; KEMMETT, K.; DAVIDSON, N.; WILLIAMS, N.; KIPAR, A.; HUMPHREY, T.; WIGLEY, P. *Campylobacter jejuni* is not merely a commensal in commercial broiler chickens and affects bird welfare. **mBio**, v.5, n.4, 2014. DOI: 10.1128/mBio.01364-14
- JANG, I.S.; KO, Y.H.; KANG, S.Y.; LEE, C.Y. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.134, p.304-315, 2007. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.009
- JIANG, Z.; ZHOU, Y.; LU, F.; HAN, Z.; WANG, T. Effects of Different Levels of Supplementary Alpha-amylase on Digestive Enzyme Activities and Pancreatic Amylase mRNA Expression of Young Broilers. **Asian-Australasian Journal Animal Sciences**, v.21, n.1, p.97-102, 2008. DOI: 10.5713/ajas.2008.70110
- JOZÉFIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; KAZCMAREK, S.; JENSES, B.B.; ENGBERG, R.M.; HOJBERG, O. Effect of  $\beta$ -glucanase and xylanase supplementation of barley- and rye-based diets on caecal microbiota of broiler chickens. **British Poultry Science**, v.51, n.4, p.546-557, 2010. DOI: 10.1080/00071668.2010.507243
- JOZÉFIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S.A. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.1-15, 2004. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2003.09.007
- JÓZEPIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S.A. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.1-15, 2004. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2003.09.007
- JUMPERTZ, R.; LE, D.S.; TURNBAUGH, P.J.; TRINIDAD, C.; BOGARDUS, C.; GORDON, J.I.; KRAKOFF, J. Energy-balance studies reveal associations between gut microbes, caloric load, and nutrient absorption in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.94, n.1, p.58-65, 2011. DOI: 10.3945/ajcn.110.010132.
- JUNG, T.H.; PARK, J.H.; JEON, W.M.; HAN, K.S. Butyrate modulates bacterial adherence on LS174T human colorectal cells by stimulating mucin secretion and MAPK signaling pathway. **Nutrition Research and Practice**, v.9, n.4, p.343-349, 2015 DOI: 10.4162/nrp.2015.9.4.343

- KAKADE, M.L.; RACKIS, J.J.; MCGHEE, J.G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, v.51, p. 376-382, 1974.
- KARASOV, W.H.; HUME, I.D. Vertebrate gastrointestinal system. In: Dantzler W. (Ed) **Handbook of comparative physiology**. American Physiological Society, Bethesda, Maryland, USA. 1997. p. 409-480.
- KAREEM, K.Y.; LOH, T.C.; FOO, H.L.; AKIT, H.; SAMSUDIN, A.A. Effects of dietary postbiotic and inulin on growth performance, IGF1 and GHR mRNA expression, faecal microbiota and volatile fatty acids in broilers. **BMC Veterinary Research**, v.12, 2016. DOI: 10.1186/s12917-016-0790-9
- KAREEM, K.Y.; LOH, T.C.; FOO, H.L.; ASMARA, S.A.; AKIT, H.; ABDULLA, N.R.; FOONGOOI, M. Carcass, meat and bone quality of broiler chickens fed with postbiotic and prebiotic combinations. **International Journal of Probiotics & Prebiotics**, v.10, p.23-30, 2015
- KESSLER, A.M.; SNIZEK, P.N.; BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p.107-133
- KIM, K.A.; GU, W.; LEE, I.A.; JOH, E.H.; KIM, D.H. High Fat Diet-Induced Gut Microbiota Exacerbates Inflammation and Obesity in Mice via the TLR4 Signaling Pathway. **PLoS ONE**, v.7, n.10, 2012. DOI:10.1371/journal.pone.0047713
- KLAUSEN, M.; WARD, N.E. Peptidoglycans and gastrointestinal functionality in broilers. *Poultry International*, 2018
- KLEYN, R.; CHRYSTAL, P. 2020. Broiler Nutrition. Masteclass, 1nd ed. (p. 290). Leicestershire, England: Context
- KNARREBORG, A.; SIMON, M.A.; ENGBERG, R.M.; JENSEN, B.B.; TANNOCK, G.W. Effects of dietary fat source and subtherapeutic levels of antibiotic on the bacterial community in the ileum of broiler chickens at various ages. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, n.12, p.5918-5924, 2002. DOI: 10.1128/AEM.68.12.5918-5924
- KOGUT, M.H. The effect of microbiome modulation on the intestinal health of poultry. **Animal Feed Science and Technology**, v.250, p.32-40, 2019. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2018.10.008
- KOGUT, M.H.; GENOVESE, K.J.; SWAGGERTY, C.L.; HE, H.; BROOM, L. Inflammatory phenotypes in the intestine of poultry: not all inflammation is created equal. **Poultry Science**, v.97, p.2339-2346, 2018. DOI: 10.3382/ps/pey087
- LATHAM, R.E.; WILLIAMS, M.P.; FLORES, C.; O'NEILL, H.V.M.; YORK, T.W.; LEE, J.T. Impact of variable corn nutrient content, AME prediction, and xylanase inclusion on growth performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.25, n.3, p.338-351, 2016. DOI: 10.3382/japr/pfw017

- LEE, K.W.; LEE, S.H.; LILLEHOJ, H.S.; LI, G.X.; JANG, S.I.; BABU, U.S.; PARK, M.S.; KIM, D.K.; LILLEHOJ, E.P.; NEUMANN, A.P.; REHBERGER, T.G.; SIRAGUSA, G.R. Effects of direct-fed microbials on growth performance, gut morphometry, and immune characteristics in broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, p.203-216, 2010. DOI: 10.3382/ps.2009-00418.
- LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J.D. Broiler Response to Energy or Energy and Protein Dilution in the Finisher Diet. **Poultry Science**, v.75, n.4, p.522-528, 1996. DOI: 10.3382/ps.0750522
- LENSING, M.; VAN DER KLISE, J.D.; YOON, I., MOORE, D.T. Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on intestinal health and productivity of coccidian-challenged laying hens. **Poultry Science**, v.91, p.1590-1597, 2012. DOI: 10.3382/ps.2011-01508
- LIU, S.Y.; CADOGAN, D.J.; PÉRON, A.; TRUONG, H.H.; SELLE, P.H. Effects of phytase supplementation on growth performance, nutrient utilization and digestive dynamics of starch and protein in broiler chickens offered maize-, sorghum- and wheat-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p.164-175, 2014. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.08.005
- LIU, N.; WANG, J.Q.; GU, K.T.; DENG, Q.Q.; WANG, J.P. Effects of dietary protein levels and multienzyme supplementation on growth performance and markers of gut health of broilers fed a miscellaneous meal based diet. **Animal Feed Science and Technology**, v.234, p.110-117, 2017b. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.09.013
- LIU, W.; KIM, I. Effects of dietary xylanase supplementation on performance and functional digestive parameters in broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v.96, p. 566-573, 2017a. DOI: 10.3382/ps/pew258
- LOH, T.C.; CHOE, D.W.; FOO, H.L.; SAZILI, A.Q.; BEJO, M.H. Effects of feeding different postbiotic metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* strains on egg quality and production performance, faecal parameters and plasma cholesterol in laying hens. **BMC Veterinary Research**, v.10, 2014. DOI: 10.1186/1746-6148-10-149
- LONG, L.N.; KANG, B.; JIANG, Q.; CHEN, J.S. Effects of dietary *Lycium barbarum* polysaccharides on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidant status, and immunity of broiler chickens. **Poultry Science**, v.99, p.744-751, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2019.10.043
- LOZUPONE, C.; KNIGHT, R. UniFrac: a new phylogenetic method for comparing microbial communities. **Applied and environmental microbiology**, v.71, n.12, p. 8228-8235, 2005. DOI: 10.1128/AEM.71.12.8228-8235.2005
- LU, J.; IDRIS, U.; HARMON, B.; HOFACRE, C.; MAURER, J.J.; LEE, M.D. Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, n.11, p.6816-6824, 2003. DOI: 10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003

- LUNEDO, R.; PEDROSO, A.A. Fisiologia das aves comerciais. In: FACTA (Ed.) **A microbiota intestinal e seus efeitos sobre a fisiologia da ave**. 1.ed. São Paulo: Jaboticabal, 2017. 806p.
- LUTFUL-KABIR S.M. The role of probiotics in the poultry industry. **International journal of molecular sciences**, v.10, n.8, p.3531–3546. 2009. DOI: 10.3390/ijms10083531
- MACAMBIRA, G.M.; LOPES, C.D.C.; RIBEIRO, A.G.; OLIVEIRA, H.S.D.H.; SILVA, D.A.D.; SANTOS, A.C.F.D.; MOTA, M.A.A.; DA-SILVA, M.F.; RODRIGUES, Z.F.; RODRIGUES, M.R.S.; FERREIRA, M.L.S.; MARINHO, J.B.M.; SILVA, G.D.; DE-ABREU, K.L.; SILVA, J.M.D.S. (2021). Carboidrases exógenas e a saúde intestinal de aves. **Research, Society and Development**, v.10, n.7, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16774
- MACHADO, N.J.B.; LIMA, C.A.R.; BRASIL, R.J.M.; RAMOS, J.C.; SANTARÉM, L.E.S.; MACÊDO, V.C.; REIS, A.C.S. Novas perspectivas sobre o uso de probióticos em rações para frangos de corte. **Revista Científica de Avicultura e Suinocultura**, v.5, n.2, p.63-76, 2019.
- MAÑES-LÁZARO, R.; VAN-DIEMEN, P.M.; PIN, C.; MAYER, M.J.; STEVENS, M.P.; NARBAD, A. Administration of *Lactobacillus johnsonii* FI9785 to chickens affects colonisation by *Campylobacter jejuni* and the intestinal microbiota. **British Poultry Science**, v.58, n.4, p.373-381, 2017. DOI: 10.1080/00071668.2017.1307322.
- MASSUQUETO, A.; PANISSON, J.C.; SCHRAMM, V.G.; SUREK, D.; KRABBE, E.L.; MAIORKA, A. Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. **Animal**, v.14, n.6, p.1139-1146, 2020. DOI: 10.1017/S1751731119003331
- MATHLOUTHI, N.; LALLÈS, J.P.; LEPERCQ, P.; JUSTE, C.; LARBIER, M. Xylanase and beta-glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. **Journal of Animal Science**, v.80, n.11, p.2773-2779, 2002 DOI: 10.2527/2002.80112773x
- MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; SANTIN, E.; KESSLER, A.M.; PENZ JR, A.M. Effect of energy levels of diets formulated on total or digestible amino acid basis on broiler performance. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, n.2, 2004. DOI: 10.1590/S1516-635X2004000200003
- MCWHORTER, T.J.; CAVIEDES-VIDAL, E.; KARASOV, W.H. The integration of digestion and osmoregulation in the avian gut. **Biological Reviews**, v.84, p.533-565, 2009. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2009.00086.x
- MEIMANDIPOUR, A.; SHUHAIMI, M.; SOLEIMANI, A.F.; AZHAR, K.; HAIR-BEJO, M.; KABEIR, B.M.; JAVANMARD, A.; MUHAMMAD ANAS, O.; YAZID, A.M. Selected microbial groups and short-chain fatty acids profile in a simulated chicken cecum supplemented with two strains of *Lactobacillus*. **Poultry Science**, v.89, n.3, p.470-476, 2010. DOI: 10.3382/ps.2009-00495.

- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.; HAMPSON, D. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003. DOI:10.1016/s0377-8401(03)00163-9
- MORADI, M.; MOLAEI, R.; GUIMARÃES, J.T. A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria. **Enzyme and Microbial Technology**, v.143, 2021. DOI: 10.1016/j.enzmictec.2020.109722
- MORAES, D.S. M.; OLIEVIRA, L.P.D.S. FURTADO, C.D.C.; GONZÁLEZ, F.G. Efeitos funcionais dos probióticos com ênfase na atuação do kefir no tratamento da disbiose intestinal. **Revista UNILUS Ensino e Pesquisa**, v.14, n.37, p.144-156, 2018. DOI:
- MORGAN, N.K. Managing gut health without reliance on antimicrobials in poultry. **Animal Production Science**, v.57, p.2270–2279, 2017. DOI: 10.1071/AN17288
- NAGALINGAM, N.A.; KAO, J.Y.; YOUNG, V.B. Microbial ecology of the murine gut associated with the development of dextran sodium sulfate-induced colitis. **Inflammatory Bowel Diseases**, v.17, n.4, p.917-926, 2011. DOI: 10.1002/ibd.21462.
- NAKAMURA, F.; ISHIDA, Y.; SAWADA, D.; ASHIDA, N.; SUGAWARA, T.; SAKAI, M.; GOTO, T.; KAWADA, T.; FUJIWARA, S. Fragmented Lactic Acid Bacterial Cells Activate Peroxisome Proliferator-Activated Receptors and Ameliorate Dyslipidemia in Obese Mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, p. 2549–2559, 2016. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b05827
- NELSON, J.R.; MCINTYRE, D.R.; PAVLIDIS, H.O.; ARCHER, G.S. Reducing Stress Susceptibility of Broiler Chickens by Supplementing a Yeast Fermentation Product in the Feed or Drinking Water. **Animals**, v.8, n.10, 2018. DOI: 10.3390/ani8100173
- NIAN, F.; GUO, Y.M.; RU, Y.J.; LI, F.D.; PÉRON, A. Effect of Exogenous Xylanase Supplementation on the Performance, Net Energy and Gut Microflora of Broiler Chickens Fed Wheat-based Diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.400-406, 2011. DOI:10.5713/ajas.2011.10273
- NIU, Z.; SHI, J.; LIU, F.; WANG, X. Effects of Dietary Energy and Protein on Growth Performance and Carcass Quality of Broilers during Starter Phase. **International Journal of Poultry Science**, v.8, n.5, 2009. DOI: 10.3923/ijps.2009.508.511
- NUNES, J.O.; ABREU, R.D.; BRITO, J.A.G.; DA SILVA, R.F.; OLIVEIRA, L.S.; JESUS, N.A. Enzyme Supplementation of Broiler Feeds with Reduced Mineral and Energy Levels. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, 2015. DOI: 10.1590/1516635XSPECIALISSUENutrition-PoultryFeedingAdditives015-022
- OAKLEY, B.B.; LILLEHOJ, H.S.; KOGUT, M.H.; KIM, W.K.; MAURER, J.J.; PEDROSO, A.; LEE, M.D.; COLLETT, S.R.; JOHNSON, T.J.; COX, N.A. The chicken gastrointestinal microbiome. **FEMS Microbiology Letters**, v.360, n.2, p.100-112, 2014. DOI: 10.1111/1574-6968.12608

- OLIVEIRA, E.B.; DEMINICIS, R.G.S.; LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P.; NASCIMENTO, D.S.; RIBEIRO, T.S. Impact of intestinal health at poultry. **Open Access Journal of Science**, v.1, n.5, p.136-137, 2017. DOI: 10.15406/oajs.2017.01.00026
- ONRUST, L.; DUCATELLE, R.; VAN DRIESSCHE, K.; DE MAESSCHALCK, C.; VERMEULEN, K.; HAESBROUCK, F.; EECKHAUT, V.; VAN IMMERSEEL, F. Steering Endogenous Butyrate Production in the Intestinal Tract of Broilers as a Tool to Improve Gut Health. **Frontiers in Veterinary Science**, v.2, 2015. DOI: 10.3389/fvets.2015.00075
- OSWEILER, G.D.; JAGANNATHA, S.; TRAMPEL, D.W.; IMERMAN, P.M.; ENSLEY, S.M.; YOON, I.; MOORE, D.T. Evaluation of XPC and prototypes on aflatoxin-challenged broilers. **Poultry Science**, v.89, n.9, p.1887-1893, 2010. DOI: 10.3382/ps.2010-00773
- PAN, D.; YU, Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. **Gut Microbes**, v.5, n.1, p.108-119, 2013. DOI:10.4161/gmic.26945
- PARK, S.H.; KIM, S.A.; LEE, S.I.; RUBINELLI, P.M.; ROTO, S.M.; PAVLIDIS, H.O.; MCINTYRE, D.R.; RICKE, S.C. Original XPC Effect on Salmonella Typhimurium and Cecal Microbiota from Three Different Ages of Broiler Chickens When Incubated in an Anaerobic In Vitro Culture System. **Frontiers in Microbiology**, v.8, 2017a. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01070
- PARK, S.H.; ROTO, S.; PAVLIDIS, H.; MCINTYRE, D.; STRIPLIN, K.; BRAMMER, L.; RICKE, S.C. Effects of feeding Original XPC™ to broilers with a live coccidiosis vaccine under industrial conditions: Part 2. Cecal microbiota analysis, **Poultry Science**, v.96, n.7, p.2400-2411, 2017b. DOI: .3382/ps/pex014.
- PESTANA, J.M.; PUERTA, B.; SANTOS, H.; MADEIRA, M.S.; ALFAIA, C.M.; LOPES, P.A.; PINTO, R.M.A.; LEMOS, J.P.C.; FONTES, C.M.G.A.; LORDELO, M.M.; PRATES, J.A.M. Impact of dietary incorporation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and exogenous enzymes on broiler performance, carcass traits, and meat quality. **Poultry Science**, v.99, p.2519-2532, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.069
- PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; MISKA, K.B.; SCHREIER, L.L.; GRIM, C.J.; JARVIS, K.G.; SHAO, J.; VAESSEN, S.; SYGALL, R.; JENKINS, M.C.; KAHL, S.; RUSSELL, B. Effect of butyric acid glycerol esters on ileal and cecal mucosal and luminal microbiota in chickens challenged with *Eimeria maxima*. **Poultry Science**, v.99, p. 5143-5178, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2020.06.022
- QU, A.; BRULC, J.M.; WILSON, M.K.; LAW, B.F.; THEORET, J.R.; JOENS, L.A.; KONKEL, M.E.; ANGLY, F.; DINSDALE, E.A.; EDWARDS, R.A.; NELSON, K.E.; WHITE, B.A. Comparative Metagenomics Reveals Host Specific Metavirulomes and Horizontal Gene Transfer Elements in the Chicken Cecum Microbiome. **PLoS One**, v.3 n.8, 2008. DOI: 10.1371/journal.pone.0002945
- RAGHEBIAN, M.; SADEGUI, A.A.; AMINAFSHAR, M. Energy sources and levels influenced on performance parameters, thyroid hormones, and HSP70 gene expression of

- broiler chickens under heat stress. **Tropical Animal Health and production**, v.48, p.1697-1702, 2016. DOI: 10.1007/s11250-016-1146-y
- RAJPUT, I.R.; LI, Y.L.; XU, X.; HUANG, Y.; ZHI, W.C.; YU, D.Y.; LI, W. Supplementary Effects of *Saccharomyces boulardii* and *Bacillus subtilis* B10 on Digestive Enzyme Activities, Antioxidation Capacity and Blood Homeostasis in Broiler. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.15, n.3, p.231-237, 2013. DOI:
- RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. **Journal of Applied Poultry Research**, v.22, p.628-263, 2013. DOI: 10.3382/japr.2013-00739
- RAZIN, S. Molecular biology and genetics of mycoplasmas (Mollicutes). *Microbiological Reviews*, v.49, n.4, p.19-55, 1985. DOI: 10.1128/mr.49.4.419-455
- REHMANN, HB.; VAHJEN, W.; AWAD, W.A.; ZENTEK, J. Indigenous bacteria and bacterial metabolic products in the gastrointestinal tract of broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, v.61, n.5, p.319-335, 2007. DOI: 10.1080/17450390701556817
- RICHARDS, P.; FOTHERGILL, J.; BERNARDEAU, M.; WIGLEY, P. Development of the Caecal Microbiota in Three Broiler Breeds. **Frontiers in veterinary science**, v.6, n.201, 2019. DOI:10.3389/fvets.2019.00201
- RINTTILÄ, T.; APAJALAHTI, P. Intestinal microbiota and metabolites—Implications for broiler chicken health and performance, v.22, n.3, p.647-658, 2013. DOI: 10.3382/japr.2013-00742
- RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; NASCIMENTO, S.T.; VIEIRA, F.M.C.; SANTOS, R.F.S. Instalações avícolas do estado de São Paulo – Brasil: Os principais pontos críticos quanto ao bem-estar e conforto térmico animal. **Thesis**, n.11, p.24-30, 2009. DOI:
- ROMERO, L.F.; PARSONS, C.M.; UTTERBACK, P.L.; PLUMSTEAD, P.W.; RAVINDRAN, V. Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and AMEn in young broilers, **Animal Feed Science and Technology**, v.181, p.35-44, 2013. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.02.001
- ROMERO, L.F.; SANDS, J.S.; INDRAKUMAR, S.E.; PLUMSTEAD, P.W.; DALSGAARD, S.; RAVINDRAN, V. Contribution of protein, starch, and fat to the apparent ileal digestible energy of corn- and wheat-based broiler diets in response to exogenous xylanase and amylase without or with protease. **Poultry Science**, v.93, p.2501-2513, 2014. DOI: 10.3382/ps.2013-03789
- ROTO, S.M.; PARK, S.H.; LEE, S.I.; KALDHONE, P.; PAVLIDIS, H.O.; FRANKENBACH, S.B.; MCINTYRE, D.R.; STRIPLIN, K.; BRAMMER, L.; RICKE, S.C. Effects of feeding Original XPC™ to broilers with a live coccidiosis-vaccine under industry conditions: Part 1. Growth performance and *Salmonella* inhibition. **Poultry Science**, v.96, p.1831-1837, 2017. DOI: 10.3382/ps/pew445
- RUBINELLI, P.; ROTO, S.; KIM, S.A.; PARK, S.H.; PAVLIDIS, H.O.; MCINTYRE, D.; RICKE, S.C. Reduction of *Salmonella Typhimurium* by Fermentation Metabolites of

- Diamond V Original XPC in an In Vitro Anaerobic Mixed Chicken Cecal Culture. **Frontiers in Veterinary Science**, v.3, n.83, 2016. DOI: 10.3389/fvets.2016.00083
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos, 2nd ed. (p. 262). Jaboticabal, Brasil: Funep
- SANDERS, M.E. Summary of conclusions from a panel of experts on health attributes of lactic cultures: Significance to fluid milk products containing cultures. **Journal of Dairy Science** v.76, p.1819-1828, 1993.
- ŠEFCOVÁ, M.; LARREA-ÁLVAREZ, M.; LARREA-ÁLVAREZ, C.; KARAFFOVÁ, V.; REVAJOVÁ, V.; GANCARČÍKOVÁ, S.; ŠEVČÍKOVÁ, Z.; HERICH R. Lactobacillus fermentum Administration Modulates Cytokine Expression and Lymphocyte Subpopulation Levels in Broiler Chickens Challenged with Campylobacter coli. **Foodborne Pathogens and Disease**, v.17, n.8, p.485-493, 2020a. DOI: 10.1089/fpd.2019.2739.
- ŠEFCOVÁ, M.; LARREA-ÁLVAREZ, M.; LARREA-ÁLVAREZ, C.; REVAJOVÁ, V.; KARAFFOVÁ, V.; KOŠČOVÁ, J.; NEMCOVÁ, R.; ORTEGA-PAREDES, D.; VINUEZA-BURGOS, C.; LEVKUT, M.; HERICH, R. Effects of Lactobacillus Fermentum Supplementation on Body Weight and Pro-Inflammatory Cytokine Expression in Campylobacter Jejuni-Challenged Chickens. **Veterinary Sciences**, v.7, n.121, 2020b. DOI: 10.3390/vetsci7030121
- SALAHEEN, S.; KIM, S.W.; HALEY, B.J.; VAN KESSEL, J.A.S.; BISWAS, D. Alternative Growth Promoters Modulate Broiler Gut Microbiome and Enhance Body Weight Gain. **Frontiers in Microbiology**, v.26, n.8, 2017. DOI: 10.3389/fmicb.2017.02088.
- SALEHIZADEH, M.; MODARRESSI, M.H.; MOUSAVI, S.N.; EBRAHIMI, M.T. Effects of probiotic lactic acid bacteria on growth performance, carcass characteristics, hematological indices, humoral immunity, and IGF-I gene expression in broiler chicken. **Tropical Animal Health and Production**, v.51, p.2279-2286, 2019. DOI: 10.1007/s11250-019-01935-w
- SHAKOURI, M.D.; IJI, P.A.; MIKKELSEN, L.L.; COWIESON, A.J. Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)**, v.93, n.5, p.647-658, 2009. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2008.00852.x
- SHARMA, M.; SHUKLA G. Metabiotics: One Step ahead of Probiotics; an Insight into Mechanisms Involved in Anticancerous Effect in Colorectal Cancer. **Frontiers in Microbiology**, v.7, n.1940, 2016. DOI:10.3389/fmicb.2016.01940
- SHAZALI, N.; FOO, H.L.; LOH, T.C.; CHOE, D.W.; RAHIM, R.A. Prevalence of antibiotic resistance in lactic acid bacteria isolated from the faeces of broiler chicken in Malaysia. **Gut Pathogens**, v.6, n.1, 2014 DOI: 10.1186/1757-4749-6-1
- SHENDEROV, B.A. Metabiotics: novel idea or natural development of probiotic conception. **Microbial Ecology in Health and Disease**, v.24, 2012. DOI: 10.3402/mehd.v24i0.20399
- SCHRAMM, V.G.; DURAU, J.F.; BARRILLI, L.N.E.; SORBARA, J.O.B.; COWIESON, A.J.; FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A. Interação entre xilanase e fitase na digestibilidade do

- milho e dieta milho/soja para frangos de corte. **Poultry Science**, v.96, p.1204-1211, 2017. DOI: 10.3382/ps/pew356
- SINGH, P.; KARIMI, A.; DEVENDRA, K.; WALDROUP, P.W.; CHO, K.K.; KWON, Y.M. Influence of penicillin on microbial diversity of the cecal microbiota in broiler chickens. **Poultry Science**, v.92, n.1, p.272-276, 2013. DOI: 10.3382/ps.2012-02603.
- SINGH, K.M.; SHAH, T.; DESHPANDE, S.; JAKHESARA, S.J.; KORINGA, P.G.; RANK, D.N.; JOSHI, C.G. High through put 16S rRNA gene-based pyrosequencing analysis of the fecal microbiota of high FCR and low FCR broiler growers. **Molecular Biology Reports**. v.39, n.12, 2012. DOI: 10.1007/s11033-012-1947-7.
- SOUZA, A.V.C.; ROSTAGNO, H.S.; DIONIZIO, M.A. Fundamentos técnicos para utilização de dietas pré-iniciais para frangos de corte. In: FORUM INTERNACIONAL DE AVICULTURA, 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Animal world, 2005. p.207-227
- STANLEY, D.; GEIER, M.S.; CHEN, H.; HUGHES, R.J.; MOORE, R.J. Comparison of fecal and cecal microbiotas reveals qualitative similarities but quantitative differences. **BMC Microbiology**, v.15, n.51, 2015. DOI: 10.1186/s12866-015-0388-6
- STANLEY, D.; GEIER, M.S.; HUGHES, R.J.; DENMAN, S.E.; MOORE, R.J. Highly Variable Microbiota Development in the Chicken Gastrointestinal Tract. **PLoS one** v.8, n.12, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0084290
- SUN, Y.; RAJPUT, I.R.; ARAIN, M.A.; LI, Y.; BALOCH, D.M. Oral administration of *Saccharomyces boulardii* alters duodenal morphology, enzymatic activity and cytokine production response in broiler chickens. **Animal Science Journal**, v.88, p.1204-1211, 2017. DOI: 10.1111/asj.12757
- SUN, Z.; ZHEN, Y.; LI, T.; ASCHALEW, N.D.; WANG, T.; CHEN, X.; ZHAO, W.; ZHANG, X.; QIN, G. Yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its active metabolites affect the cecal microbiome of broilers. **South African Journal of animal Science**, v.51, n.6, p.678-688, 2021. DOI: 10.4314/sajas.v51i6.1.
- TEAME, T.; WANG, A.; XIE, M.; ZHANG, Z.; YANG, Y.; DING, Q.; GAO, C.; OLSEN, R.F.; RAN, C.; ZOU, Z. Paraprobiotics and Postbiotics of Probiotic Lactobacilli, Their Positive Effects on the Host and Action Mechanisms: A Review. **Frontiers in Nutrition**, v.7, 2020. DOI: 10.3389/fnut.2020.570344
- TEIRLYNCK, E.; GUSSEM, M.D.E.; DEWULF, J.; HAESEBROUCK, F.; DUCATELLE, R.; VAN IMMERSEEL, F. Morphometric evaluation of “dysbacteriosis” in broiler. **Avian Pathology**, v.40, n.2, p. 139-144, 2011. DOI: 10.1080/03079457.2010.543414
- TEIXEIRA, M.P.F. Efeito da composição da ração sobre energia líquida em frangos de corte: revisão de literatura. **Nutritime**, v.14, n.6, p.7077-7090, 2017. DOI:
- TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; DE-LIMA, C.A.R.; VIEITES, F.M. Efeito da Adição de Enzimas em Dietas de Frangos de Corte à Base de Milho e Farelo de Soja sobre a Digestibilidade Ileal de Nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.809-816, 2001. DOI: 10.1590/S1516-35982001000300028

- THANH, N.T.; LOH, T.C.; FOO, H.L.; HAIR-BEJO, M.; AZHAR, B.K. Effects of feeding metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, faecal microbial population, small intestine villus height and faecal volatile fatty acids in broilers. **British Poultry Science**, v.50, n.3, p.298-306, 2009 DOI: 10.1080/00071660902873947
- TOROK, V.A.; HUGHES, R.J.; MIKKELSEN, L.L.; PEREZ-MALDONADO, R.; BALDING, K.; MACALPINE, R.; PERCY, N.J.; OPHEL-KELLER, K. Identification and Characterization of Potential Performance-Related Gut Microbiotas in Broiler Chickens across Various Feeding Trials. **Applied and Environmental Microbiology**, v.77, n.17, p.5868-5878, 2011. DOI: 10.1128/AEM.00165-11
- TURNBAUGH, P.J.; LEY, R.E.; MAHOWALD, M.A.; MAGRINI, V.; MARDIS, E.R.; GORDON, J.I. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. **Nature**, v.21, p.1027-1031, 2006. DOI: 10.1038/nature05414. PMID: 17183312.
- VAN DER WIELEN, P.W.J.J.; BIESTERVELD, S.; NOTERMANS, S.; HOFSTRA, H.; URLINGS, B.A.P.; VAN KNAPEN, F. Role of Volatile Fatty Acids in Development of the Cecal Microflora in Broiler Chickens during Growth. **Applied and Environmental Microbiology**, v.66, n.6, p.2536-2540, 2000. DOI:10.1128/aem.66.6.2536-2540.2000
- VAN-DEUN, K.; HAESEBROUCK, F.; VAN IMMERSEEL, F.; DUCATELLE, R.; PASMANS, F. Short-chain fatty acids and l-lactate as feed additives to control *Campylobacter jejuni* infections in broilers. **Avian Pathology**, v.37, n.4, p.379-383, 2008. DOI:10.1080/03079450802216603
- VIDENSKA, P.; RAHMAN, M.M.; FALDYNOVA, M.; BABAK, V.; MATULOVA, M.E.; PRUKNER-RADOVCIC, E.; KRIZEK, I.; SMOLE-MOZINA, S.; KOVAC, J.; SZMOLKA, A.; NAGY, B.; SEDLAR, K.; CEJKOVA, D.; RYCHLIK, I. Characterization of egg laying hen and broiler fecal microbiota in poultry farms in Croatia, Czech Republic, Hungary and Slovenia. **PLoS One**, v.16 n.10, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0110076.
- VIECO-SAIZ, N.; BELGUESMIA, Y.; RASPOET, R.; AUCLAIR, E.; GANCEL, F.; KEMPF, I.; DRIDER, D. Benefits and Inputs from Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters During Food-Animal Production. **Frontiers in Microbiology**, v.10, n.57, 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00057
- WANG, J.; CHOI, H.; KIM, W.K. Effects of dietary energy level and 1,3-diacylglycerol on growth performance and carcass yield in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.29, p.665-672, 2020. DOI: 10.1016/j.japr.2020.04.004
- WANG, Y.; QIAN, P. Conservative Fragments in Bacterial 16S rRNA Genes and Primer Design for 16S Ribosomal DNA Amplicons in Metagenomic Studies. **PLoS One**, v.7, n.10, 2009. DOI: 10.1371/journal.pone.0007401
- WEGH, C.A.M.; GEERLINGS, S.Y.; KNOL, J.; ROESELERS, G.; BELZER, C. Postbiotics and Their Potential Applications in Early Life Nutrition and Beyond. **International Journal of Molecular Sciences**, v.20, 2019. DOI: 10.3390/ijms20194673

- WEI, S.; MORRISON, M.; YU, Z. Bacterial census of poultry intestinal microbiome. **Poultry Science**, v.92, p.671-683, 2013. DOI: 10.3382/ps.2012-02822
- WEISS, G.A.; HENNET, T. Mechanisms and consequences of intestinal dysbiosis. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.74, p.2959-2977. DOI 10.1007/s00018-017-2509-x
- WILLIAMS, M.P.; KLEIN, J.T.; WYATT, C.L.; YORK, T.W.; LEE, J.T. Evaluation of xylanase in low-energy broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, n.2, 2014. DOI: 10.3382/japr.2013-00856.
- WILLIAMS, M.; O'NEILL, H.; YORK, T.; LEE, J. Effects of nutrient variability in corn and xylanase inclusion on broiler performance, nutrient utilisation, and volatile fatty acid profiles. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v.6, 2018. DOI: 10.1017/jan.2017.11
- WRIGLEY, D.M. Inhibition of *Clostridium perfringens* sporulation by *bacteroides fragilis* and short-chain fatty acids. **Anaerobe**, v.10, n., p.295-300, 2004. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2004.05.006
- WU, Y.B.; RAVINDRAN, V.; THOMAS, D.G.; BIRTLES, M.J.; HENDRIKS, W.H. Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. **British Poultry Science**, v.45, n.1, p.76-84, 2004. DOI: 10.1080/00071660410001668897
- XU, Y.; YANG, H.; ZHANG, L.; SU, Y.; SHI, D.; XIAO, H.; TIAN, Y. High-throughput sequencing technology to reveal the composition and function of cecal microbiota in Dagu chicken. **BMC Microbiology**, v.4, n.1, 2016. DOI: 10.1186/s12866-016-0877-2.
- YADAV, S.; JHA, R. Estratégias para modular a microbiota intestinal e seus efeitos na utilização de nutrientes, desempenho e saúde das aves. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.10, n.2, 2019. DOI: 10.1186/s40104-018-0310-9
- YIN, Y.; LEI, Z.; ZHU, L.; LI, S.; WU, Z.; ZHANG, R.; GAO, G.F.; ZHU, B.; WANG, X. Exposure of different bacterial inocula to newborn chicken affects gut microbiota development and ileum gene expression. **The ISME Journal**, v.4, n.3, p. 367-376, 2010 DOI: 10.1038/ismej.2009.128
- YIN, D.; YIN, X.; WANG, X.; LEI, Z.; WANG, M.; GUO, Y.; AGGREY, S.E.; NIE, W.; YUAN, J. Supplementation of amylase combined with glucoamylase or protease changes intestinal microbiota diversity and benefits for broilers fed a diet of newly harvested corn. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.12, n.24, 2018. DOI: 10.1186/s40104-018-0238-0.
- YOKHANA, J.S.; PARKINSON, G.; FRANKEL, T.L. Effect of insoluble fiber supplementation applied at different ages on digestive organ weight and digestive enzymes of layer-strain poultry. **Poultry Science**, v.95, p.550-559, 2016. DOI: 10.3382/ps/pev336
- ZHANG, C.; ZHANG, M.; WANG, S.; HAN, R.; CAO, Y.; HUA, W.; MAO, Y.; ZHANG, X.; PANG, X.; WEI, C.; ZHAO, G.; CHEN, Y.; ZHAO L. Interações entre microbiota intestinal, genética do hospedeiro e dieta relevantes para desenvolvimento de síndromes

metabólicas em camundongos. **ISME Journal**, v.4, n.2, p.232-241, 2010. DOI: 10.1038/ismej.2009.112

ZHANG, J.C.; CHEN, P.; ZHANG, C; KHALIL, M.M.; ZHANG, N.Y.; QI, D.S.; WANG, Y.W.; SUN, L.H. Yeast culture promotes the production of aged laying hens by improving intestinal digestive enzyme activities and the intestinal health status. **Poultry Science**, v.99, p.2026-2032, 2020. DOI: 10.1016/j.psj.2019.11.017

ZHOU, H.; DEEB, N.; EVOCK-CLOVER, C.M.; ASHWELL, C.M.; LAMONT, S.J. Genome-wide linkage analysis to identify chromosomal regions affecting phenotypic traits in the chicken. II. Body composition. **Poultry Science**, v.85, n.10, p.1712-1721, 2006. DOI: 10.1093/ps/85.10.1712.

ZOU, J.; ZHENG, P.; ZHANG, K.; DING, X.; BAI, S. Effects of exogenous enzymes and dietary energy on performance and digestive physiology of broilers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, n.14, 2013. DOI: 10.1186/2049-1891-4-14