UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

BRUNNA GARCIA DE SOUZA LEITE

Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte

Pirassununga

2022

BRUNNA GARCIA DE SOUZA LEITE

Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutora em Ciências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia.

Área de concentração:
Qualidade e Produtividade Animal

Orientador:
Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo

Pirassununga

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G897a

Garcia de Souza Leite, Brunna
Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte / Brunna Garcia de Souza Leite ; orientador Lúcio Francelino Araújo. -- Pirassununga, 2022.
122 f.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Antimicrobianos. 2. Desempenho. 3. Digestibilidade. 4. Saúde intestinal. 5. Prebióticos. I. Francelino Araújo, Lúcio, orient. II. Título.

Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - o auto

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte", protocolada sob o CEUA nº 2244051120 (ID 001610), sob a responsabilidade de **Lúcio Francelino Araújo** *e equipe; Brunna Garcia de Souza Leite* - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP (CEUA/FZEA) na reunião de 15/12/2020.

We certify that the proposal "Evaluation of the use of lignin in the broiler diet", utilizing 1690 Birds (1690 males), protocol number CEUA 2244051120 (ID 001610), under the responsibility of **Lúcio Francelino Araújo** *and team; Brunna Garcia de Souza Leite* - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Animal Science and Food Engineering - (São Paulo University) (CEUA/FZEA) in the meeting of 12/15/2020.

Finalidade da Proposta: Pesquisa (Acadêmica)

Vigência da Proposta: de 02/2021 a 08/2021 Área: Nutrição Animal/zaz

Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais						
Espécie:	Aves	sexo:	Machos	idade:	1 a 21 dias	N:	490
Linhagem:	Cobb 500			Peso:	40 a 3700 g		
Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais						
Espécie:	Aves	sexo:	Machos	idade:	1 a 42 dias	N:	1200
Linhagem:	Cobb 500			Peso:	40 a 3700 g		

Local do experimento: Laboratório de Pesquisa em Aves do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo, campus Fernando Costa, Pirassununga.

Pirassununga, 29 de junho de 2021

Profa. Dra. Cristiane Gonçalves Titto
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Profa. Dra. Daniele dos Santos Martins
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

BRUNNA GARCIA DE SOUZA LEITE

Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutora em Ciências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia.

Data de aprovação: ____/ ____/ _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Á Deus,
Porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas (Rm 11:36).

Aos meus pais Regianne e Edmilson,
Por não medirem esforços para a realização dos meus sonhos.
Por serem exemplos de vida, coragem e amor.

Ao meu pai Heleno (in memoriam),
Que mesmo tendo partido tão cedo, foi o melhor pai que eu pudesse ter. Te amarei eternamente!

Ao meu esposo Jonas,
Por sempre estar ao meu lado me apoiando, compartilhando alegrias e por ser meu porto seguro nas horas mais difíceis. Eu te amo muito!

A minha irmã Rafaella,
Por sempre estar presente em todas as etapas importantes da minha vida.

Aos meus sobrinhos Manuella, Matheus e Marianna,
Por serem fonte inesgotável de alegria e amor na minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, por ter sido a minha morada deste a graduação e por proporcionar as minhas melhores recordações.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo e a sua esposa Profa. Dra. Cristiane Soares Silva Araújo, pela amizade, confiança, ensinamentos e oportunidades de crescimento pessoal e profissional. Dizer "obrigada" é pouco por tanto que fizeram por mim.

Aos meus grandes amigos e parceiros de trabalho, Carlos, Paulo, Fabricia, João Paulo, Mylena, Patricia, Yasmin e Renata. E a todos os estagiários que passaram pelo aviário durante este percurso e permitiram a realização desta pesquisa.

Ao Departamento de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade e todo suporte na realização do meu Doutorado, em especial Maria Cecília e a Érica. Aos professores da FZEA e FMVZ, que contribuíram para a minha formação.

À CAPES pela bolsa concedida. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À empresa Suzano Papel e Celulose S. A. pelo fornecimento da lignina utilizada nesta pesquisa.

Aos funcionários do aviário: Edinho, China e Seu Pedro, que ajudaram na organização dos galpões para a realização dos experimentos. Ao funcionário do transporte, Ricardinho. Aos funcionários do abatedouro que ajudaram no abate e nas análises de rendimento de carcaça.

À Profa. Dra. Catarina Abdalla Gomide, do Laboratório de Bromatologia da FZEA pela realização das análises bromatológicas das rações, excretas e cinzas ósseas.

Ao Prof. Dr. Ives Cláudio da Silva Bueno, do Laboratório de Fermentabilidade Ruminal da FZEA pela realização das análises de energia bruta.

À M.V. Danielle Passarelli, do Laboratório Clínico Veterinário da Unidade Didático Clínico Hospitalar – ZMV pela realização das análises de parâmetros sanguíneos.

Ao Prof. Dr. Ricardo de Francisco Strefezzi, do Laboratório de Oncologia Comparada e Translacional – LOCT/ZMV pela realização das análises de morfometria intestinal.

Ao Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva e sua orientada Mariane Beline, do Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade de Carne (LAAQC) pela realização das análises de qualidade de carne.

À Profa. Dra. Rachel Santos Bueno Carvalho, pela realização das análises estatísticas e me ajudar na interpretação dos resultados.

Ao Rafael Massami Suzuki, por toda disponibilidade em me ajudar, pela troca de conhecimento e principalmente na interpretação dos resultados dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Reginaldo e Estela. E a todos os funcionários que se dedicam para que a FZEA seja reconhecida como uma das melhores universidades: equipe de segurança, limpeza, refeitório e transporte circular.

Aos membros titulares e suplementes da minha banca que aceitaram gentilmente o convite de participar e contribuir com este momento marcante da minha vida.

A todos vocês o meu muito obrigada!

"Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe." (Clarice Lispector)

RESUMO

LEITE, B. G. S. **Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte**. [Evaluation of the use of lignin in the broiler diet]. 2022. 122f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

Dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de lignina sobre o desempenho e coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte com 21 dias de idade (Exp.1); e sobre desempenho, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal, análise de cinzas ósseas, rendimento de carcaça, gordura abdominal e oxidação lipídica em frangos de corte com 42 dias de idade (Exp.2). No experimento 1 foram utilizados 490 pintos de corte, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em cinco tratamentos com 14 repetições de sete aves, totalizando 70 parcelas experimentais. No experimento 2 foram utilizados 900 pintos de corte, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em cinco tratamentos com 15 repetições de 12 aves cada, totalizando 75 parcelas experimentais. Ambos os experimentos receberam os mesmos tratamentos experimentais: **CP**: controle positivo (dieta basal + antimicrobiano); **CN:** controle negativo (dieta basal); **CN1:** CN + 1% de lignina; **CN2**: CN + 2% de lignina; **CN3:** CN + 3% de lignina. Os dados foram analisados pelo SAS e quando constatada diferença significativa ($P<0.05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, as médias comparadas ao controle positivo pelo teste de Dunnet e os níveis avaliados por meio de equações polinomiais. **Exp.1:** O peso médio, ganho de peso médio e conversão alimentar das aves alimentadas com a inclusão de 1% de lignina na dieta foram semelhantes, assim como, foi superior no comparativo entre os níveis de lignina testados, apresentando respostas polinomiais cúbicas. Na análise de digestibilidade ileal aparente, as aves alimentadas com a dieta contendo 1% de lignina apresentaram efeito significativo para todas as variáveis analisadas. Na comparação com a dieta controle positivo foi observado que a inclusão de 1% de lignina na dieta das aves apresentou melhores resultados de digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo, proteína bruta e aminoácidos, assim como, foi superior no comparativo entre os níveis de lignina testados, apresentando respostas polinomiais cúbicas. **Exp.2:** Nos resultados de desempenho produtivo, aos 21 dias, o consumo de ração e a conversão alimentar apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos analisados. No comparativo entre os níveis, houve resposta polinomial quadrática para a variável consumo médio de ração, e para a variável conversão alimentar, houve resposta linear decrescente. Aos 35 dias de idade das aves, foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. No comparativo entre os níveis de lignina, houve resposta polinomial quadrática para a variável conversão alimentar, com resposta linear decrescente. E aos 42 dias de idade, pode-se observar que houve respostas significativas entre os tratamentos, onde os diferentes níveis de inclusão de lignina na dieta apresentaram resultados inferiores em comparação ao controle positivo. Nos resultados de parâmetros sanguíneos, aos 42 dias de idade das aves houve efeito significativo entre os tratamentos para as variáveis concentração de colesterol e de lipoproteína de alta densidade (HDL). Na comparação entre os níveis pode-se observar resposta linear, onde os diferentes níveis de lignina na dieta promoveram diminuição do teor de colesterol no sangue. Assim como, as aves alimentadas com 1 e 2% de lignina na

dieta apresentaram resultados semelhantes ao controle positivo e negativo na concentração de lipoproteína de alta densidade (HDL) no sangue. Nos resultados de desenvolvimento dos órgãos digestivos, no comparativo com o tratamento controle positivo, podemos observar que aos 21 dias de idade as aves alimentadas com 1 e 2% de lignina na dieta apresentaram peso da moela semelhantes, assim como todos os níveis de lignina testados obtiveram maior comprimento de intestino, promovendo respostas com efeito quadrático. Aos 42 dias as aves alimentadas com diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram maiores comprimentos de intestino em comparação com o tratamento controle positivo, através de respostas com efeito quadrático. Em relação a morfometria intestinal aos 21 dias, os diferentes segmentos do intestino apresentaram efeito significativo entre os tratamentos. No duodeno, pode-se observar que na medida que foi aumentando os níveis de inclusão de lignina na dieta os resultados de profundidade foram caindo linearmente. No Jejuno, observa-se que a relação AV:PC foram maiores nos diferentes níveis de inclusão da lignina. Assim como, foi observado no íleo as aves alimentadas com 1 e 2 % de lignina na dieta apresentaram melhores relações AV:PC. Os resultados de morfometria intestinal obtidos aos 42 dias, pode-se observar que as diferentes inclusões de lignina na dieta apresentaram efeito significativo sobre a relação AV:PC no duodeno, promovendo respostas com efeito quadrático. No íleo também foi observado efeito significativo para as variáveis profundidade de cripta e a relação entre as vilosidades e profundidades. Os tratamentos com diferentes inclusões de lignina apresentaram respostas polinomiais cúbicas. Os resultados referentes ao rendimento de carcaça e gordura abdominal apresentaram efeito significativo entre os tratamentos. Em relação ao peso de carcaça quente, todos os tratamentos apresentaram carcaças mais pesadas, diferindo apenas do tratamento com a inclusão de 3% de lignina na dieta. No peso de carcaça fria e rendimento de carcaça, os diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram pesos inferiores em comparação ao tratamento controle positivo. Em relação a gordura abdominal, pode-se observar uma resposta linear, onde as aves alimentadas com 2 e 3% de lignina na dieta apresentaram menor deposição de gordura abdominal na carcaça. Na análise de oxidação lipídica, os resultados obtidos no primeiro dia demostraram que os diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram maiores índices de oxidação lipídica nesse período inicial. Contudo, no sétimo e décimo quarto dia de armazenamento, pode-se observar que a inclusão de 2% de lignina na dieta foi capaz de conter a progressão da oxidação lipídica. Conclui-se, que a inclusão de 1% de lignina na dieta de frangos de corte proporciona efeitos benéficos sobre o desempenho produtivo e digestibilidade dos nutrientes. Por outro lado, em condições de desafio sanitário a inclusão de 2% de lignina na dieta de frangos de corte promove diminuição do teor de colesterol, maior concentração de lipoproteína de alta densidade (HDL) no sangue, melhor desenvolvimento dos órgãos digestivos e relação vilosidade/cripta, menor deposição de gordura abdominal na carcaça e é capaz de conter a progressão da oxidação lipídica na carne até o décimo quarto dia de armazenamento.

Palavras-chaves: antimicrobianos, desempenho, digestibilidade, prebióticos, saúde intestinal.

ABSTRACT

LEITE, B. G. S. **Evaluation of the use of lignin in the broiler diet.** [Avaliação do uso de lignina na dieta de frangos de corte]. 2022. 122f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

Two experiments were carried out to evaluate the effect of lignin supplementation on performance and nutrient digestibility coefficients in 21-day-old broilers (Exp.1); and on performance, blood parameters, intestinal morphometry, bone ash analysis, carcass yield, abdominal fat and lipid oxidation in 42-day-old broilers (Exp.2). In experiment 1, 490 broiler chicks were used, distributed in a completely randomized design, in five treatments with 14 replicates of seven birds, totaling 70 experimental plots. In experiment 2, 900 broiler chicks were used, distributed in a completely randomized design, in five treatments with 15 replicates of 12 birds each, totaling 75 experimental plots. Both experiments received the same experimental treatments: **PC:** positive control (basal diet + antimicrobial); **NC:** negative control (basal diet); **NC1**: NC + 1% lignin; **NC2:** NC + 2% lignin; **NC3:** NC + 3% lignin. Data were analyzed by SAS and when a significant difference ($P<0.05$) was found, the means were compared by the Tukey test, the means compared to the positive control by the Dunnet test and the levels evaluated by means of polynomial equations. **Exp.1:** The average weight, average weight gain and feed conversion of birds fed with the inclusion of 1% lignin in the diet were similar, as well as superior in the comparison between the levels of lignin tested, showing cubic polynomial responses. In the analysis of apparent ileal digestibility, birds fed a diet containing 1% lignin had a significant effect for all variables analyzed. In comparison with the positive control diet, it was observed that the inclusion of 1% of lignin in the diet of the birds showed better results of apparent ileal digestibility of the ether extract, crude protein and amino acids, as well as, it was superior in the comparison between the levels of lignin tested. , showing cubic polynomial responses. Exp.2: In the results of productive performance, at 21 days, feed intake and feed conversion showed significant differences between the analyzed treatments. In the comparison between the levels, there was a quadratic polynomial response for the variable average feed intake, and for the variable feed conversion, there was a decreasing linear response. At 35 days of age of the birds, significant differences were observed for all variables analyzed. When comparing the lignin levels, there was a quadratic polynomial response for the feed conversion variable, with a decreasing linear response. And at 42 days of age, it can be observed that there were significant responses between treatments, where the different levels of inclusion of lignin in the diet showed lower results compared to the positive control. In the results of blood parameters, at 42 days of age, there was a significant effect between treatments for the variables concentration of cholesterol and high-density lipoprotein (HDL). In the comparison between the levels, a linear response can be observed, where the different levels of lignin in the diet promoted a decrease in the level of cholesterol in the blood. As well, birds fed with 1 and 2% lignin in the diet showed similar results to the positive and negative control in the concentration of high-density lipoprotein (HDL) in the blood. In the results of the development of Organs digestive organs, in comparison with the positive control treatment, we can observe that at 21 days of age the birds fed with 1 and 2% lignin in the diet had similar gizzard weights, as well as all the levels of lignin tested. obtained greater length of intestine, promoting responses with quadratic effect. At 42 days, birds fed with different levels of lignin in the diet showed longer intestine lengths compared to the positive control treatment, through responses with a quadratic effect. Regarding intestinal morphometry at 21 days, the different segments of the intestine had a significant effect between treatments. In the duodenum, it can be observed that as the levels of lignin inclusion in the diet increased, the depth results dropped

linearly. In the Jejunum, it is observed that the AV:PC ratio was higher at different levels of lignin inclusion. In the ileum, birds fed with 1 and 2% lignin in the diet showed better AV:PC ratios. The intestinal morphometric results obtained at 42 days, it can be observed that the different inclusions of lignin in the diet had a significant effect on the AV:PC ratio in the duodenum, promoting responses with a quadratic effect. In the ileum, a significant effect was also observed for the variables crypt depth and the relationship between villi and depths. Treatments with different lignin inclusions showed cubic polynomial responses. The results regarding carcass yield and abdominal fat showed a significant effect between treatments. Regarding the hot carcass weight, all treatments presented heavier carcasses, differing only from the treatment with the inclusion of 3% lignin in the diet. In the cold carcass weight and carcass yield, the different levels of lignin in the diet showed lower weights compared to the positive control treatment. Regarding abdominal fat, a linear response can be observed, where birds fed with 2 and 3% of lignin in the diet had lower deposition of abdominal fat in the carcass. In the analysis of lipid oxidation, the results obtained on the first day showed that the different levels of lignin in the diet showed higher levels of lipid oxidation in this initial period. However, on the seventh and fourteenth day of storage, it can be observed that the inclusion of 2% lignin in the diet was able to contain the progression of lipid oxidation. It is concluded that the inclusion of 1% lignin in the diet of broilers provides beneficial effects on productive performance and nutrient digestibility. On the other hand, under conditions of sanitary challenge, the inclusion of 2% lignin in the diet of broilers promotes a decrease in cholesterol content, a higher concentration of high-density lipoprotein (HDL) in the blood, better development of Organs digestive organs and villus ratio. /crypt, lower abdominal fat deposition in the carcass and is able to contain the progression of lipid oxidation in the meat until the fourteenth day of storage.

Keywords: antimicrobials, digestibility, gut health, performance, prebiotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arquitetura da parede celular vegetal..... 34
Figura 2. Precursores das unidades básicas formadoras da lignina..... 34
Figura 3. Gaiolas metabólicas..... 65
Figura 4. Seleção e uniformização das aves..... 66
Figura 5. Processo de descongelamento das amostras..... 69
Figura 6. Amostras de ração e digestas moídas e homogeneizadas..... 69
Figura 7. Galpão convencional..... 87
Figura 8. Seleção a uniformização das aves..... 88
Figura 9. Tratamentos experimentais..... 89
Figura 10. Desafio sanitário..... 93
Figura 11. Coleta de sangue..... 94
Figura 12. Análises de morfometria intestinal..... 95
Figura 13. Fotomicrografias dos segmentos..... 96
Figura 14. Altura das vilosidades e profundidade de cripta..... 96
Figura 15. Carcaças evisceradas..... 97
Figura 16. Análise de oxidação lipídica..... 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias semanais de temperatura e umidade relativa no galpão experimental no período de 1 a 21 dias..... 66

Tabela 2. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade..... 67

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no período de 1 a 21 dias de idade..... 71

Tabela 4. Digestibilidade ileal aparente dos nutrientes de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta..... 72

Tabela 5. Médias semanais de temperatura e umidade relativa no galpão experimental no período de 1 a 42 dias..... 88

Tabela 6. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias)..... 90

Tabela 7. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase crescimento (22 a 35 dias)..... 91

Tabela 8. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase final (36 a 42 dias)..... 92

Tabela 9. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no período de 1 a 42 dias de idade..... 100

Tabela 10. Parâmetros sanguíneos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta..... 102

Tabela 11. Desenvolvimento dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta..... 103

Tabela 12. Morfometria intestinal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 21 dias..... 104

Tabela 13. Morfometria intestinal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 42 dias..... 105

Tabela 14. Rendimento de carcaça e gordura abdominal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta..... 107

Tabela 15. Oxidação Lipídica de carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta..... 108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 17
2. REFERENCIAL TÉORICO..... 20
2.1 Saúde Intestinal das Aves..... 20
2.2 Antimicrobianos Melhoradores de Desempenho..... 24
2.3 Alternativas ao uso de Antimicrobianos Melhoradores de Desempenho..... 29
2.3.1 Prebióticos..... 30
2.3.2 Lignina..... 3
2.3.3 Efeitos da inclusão de lignina na dieta..... 39
3. REFERÊNCIAS..... 41
4. HIPÓTESES..... 59
5. OBJETIVOS..... 60
CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM LIGNINA NA DIETA..... 61
RESUMO..... 61
ABSTRACT..... 64
2
1. INTRODUÇÃO..... 63
2. MATERIAL E MÉTODOS..... 64
2.1 *Local*..... 64
2.2 *Animais, Instalação e Manejo*..... 65
2.3 *Dietas Experimentais*..... 66
2.4 *Desempenho Produtivo*..... 68
2.5 *Digestibilidade Ileal Aparente*..... 68
2.6 *Análise Estatística*..... 70
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 71
3.1 *Desempenho Produtivo*..... 71
3.2 *Digestibilidade Ileal Aparente*..... 7
4. CONCLUSÃO..... 73
5. REFERÊNCIAS..... 74
6. ANEXOS..... 78

CAPÍTULO 2. DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM LIGNINA NA DIETA..... 81

RESUMO..... 81

ABSTRACT..... 83

1. INTRODUÇÃO..... 85

2. MATERIAL E MÉTODOS..... 86

2.1 *Local*..... 86

2.2 *Animais, Instalação e Manejo*..... 87

2.3 *Dietas Experimentais*..... 88

2.4 *Desafio Sanitário*..... 93

2.5 *Desempenho Produtivo*..... 93

2.6 *Parâmetros Sanguíneos*..... 94

2.7 *Morfometria Intestinal*..... 94

2.8 *Rendimento de Carcaça e Gordura Abdominal*..... 96

2.9 *Oxidação Lipídica*..... 97

2.10 *Análise Estatística*..... 99

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 99

3.1 *Desempenho Produtivo*..... 99

3.2 *Parâmetros Sanguíneos*..... 101

3.3 *Morfometria Intestinal*..... 102

3.4 *Rendimento de Carcaça e Gordura Abdominal*..... 107

3.5 *Oxidação Lipídica*..... 107

4. CONCLUSÃO..... 108

5. REFERÊNCIAS..... 108

6. ANEXOS..... 114

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2022), é o terceiro maior produtor e maior exportador mundial de carne de frangos. Em 2021 a produção chegou a mais de 14 milhões de toneladas, e as exportações avícolas foram de aproximadamente 4 milhões de toneladas. Esses dados evidenciam a representatividade do setor avícola no agronegócio brasileiro nas últimas décadas, apresentando altas taxas de produtividade, desenvolvimento tecnológico de instalações e equipamentos, assim como muitos avanços na nutrição e sanidade. No entanto, apesar da constante evolução, os sistemas intensivos de produção de frangos de corte seguem enfrentando grandes desafios à medida que atingem novos e maiores índices de produtividade.

Dentre os fatores que impulsionaram a produtividade das aves, destaca-se a utilização dos antimicrobianos como aditivos alimentares. São representados por diferentes classes de substâncias, dentre elas, os antibióticos que são rotineiramente utilizados na alimentação animal como melhoradores de desempenho, na tentativa de, por meio de exclusão competitiva, manter o equilíbrio benéfico da microbiota do trato gastrointestinal, reduzindo a mortalidade e aumentando a eficiência produtiva das aves (SALYERS, 1999; CASTANON, 2007; TOLEDO et al., 2007).

Contudo, apesar da comprovada capacidade de melhorar o desempenho, a segurança dos antibióticos passou a ser questionada, principalmente, em virtude do seu uso na alimentação das aves, tornando cada vez mais restrita à sua utilização devido à possibilidade do desenvolvimento de microrganismos multirresistentes e à exigência dos países importadores por produtos livres de resíduos de antibióticos (SILVA, 2000; CHANDER et al., 2007).

Por outro lado, autores como Langhout (2005) alegam que a retirada gradativa dos antibióticos melhoradores de desempenho nas dietas de frangos, reduzirá o desempenho técnico e a lucratividade do setor avícola. Assim como aumento na incidência de doenças, principalmente entéricas, tais como enterite necrótica e coccidiose e pode ocorrer aumento do risco de infecções de origem alimentar em humanos, pelo menor controle de patógenos de origem alimentar como *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.* e *Escherichia coli* (ROSTAGNO, 2011).

Impulsionado pela questão apresentada, diversas alternativas passaram a serem pesquisadas e comercializadas com o intuito de substituir o uso dos antimicrobianos, na tentativa de melhorar o desempenho dos animais, mas que sejam inócuos para o homem (DIBNER e RICHARDS, 2005). Entre elas podemos destacar os prebióticos, que são

macromoléculas, em sua maioria carboidratos, sintetizados por microrganismos ou extraídos das plantas (GADDE et al., 2017), que atuam como agentes tróficos e como equilibradores da mucosa intestinal, favorecendo o desenvolvimento de bactérias benéficas e reduzindo a colonização das espécies patogênicas (MAIORKA, 2004). Possui ação melhoradora sobre o sistema imunológico, objetivando, dessa forma, a manutenção ou o incremento no desempenho animal e na qualidade do produto final (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

O gênero *Eucalyptus* constitui a principal fonte de celulose no Brasil, correspondendo a 66,5% do total de florestas plantadas no país, sendo que 70% dessas áreas são destinadas à produção de celulose e papel (CARDOSO et al., 2011). As indústrias de celulose e papel produz anualmente 50 milhões de toneladas de lignina como subproduto (BREBU, TAMMINEN e SPIRIDON, 2013; CHEN e WAN, 2017). No entanto, sua utilização comercial está limitada a menos de 2% de sua produção, pois atualmente, a lignina contida no licor negro gerado nessas indústrias tem sido aplicada, principalmente, na queima para aproveitamento energético na própria planta industrial (SOUTO, CALADO e PEREIRA, 2015).

Pesquisas têm sido realizadas com o intuito de permitir diversas aplicações, em termos tecnológicos, das ligninas presentes no licor negro, a partir de um maior conhecimento das propriedades desta complexa e abundante matéria prima, com o intuito de agregar valor a este excedente industrial (POTRICH, 2014).

A lignina é a maior fonte existente de fenóis naturais (LORA e GLASSER, 2002), sendo classificada quimicamente como uma macromolécula fenólica, amorfa, de estrutura complexa, heterogênea, tridimensional e com alto teor de carbono. Presente em quase todas as espécies vegetais, a lignina encontra-se na parede celular associada aos açúcares de hemicelulose, através de ligações covalentes, atuando como um componente ligante entre as células. Em analogia, podemos citar a lignina como um “cimento” que une as estruturas celulares, fornecendo também resistência mecânica, e auxiliando no transporte de nutrientes e água (MAICHE e HUBER, 2010; SOUTO et al., 2015), além de oferecer proteção contra patógenos invasores e insetos (UPTON e KASKO, 2015).

Por muito tempo a lignina foi tratada apenas como um resíduo industrial, sem aplicações de alto valor agregado (HEITNER, DIMMEL e SCHIMIDT, 2010). No entanto, a lignina apresenta grande potencial por possuir uma estrutura única e propriedades de interesse industrial aplicada com diferentes finalidades, entre elas: produção de resina fenólica, uso como dispersantes, uso em biocompósitos, formação de blendas poliméricas, surfactante, aplicação em química fina, produtos cerâmicos, pesticidas, aditivos em concreto e cimento e na produção

de fibras de carbono (LORA e GLASSER, 2002; LE DIGABEL e AVÉROUS, 2006; LANGE, DECINA e CRESTINI, 2013).

Além disso, vem sendo empregada como matéria-prima na produção de emulsificantes com aplicação na área alimentícia e na produção de vanilina, que é usada como flavorizante em alimentos, como componente na formulação de produtos farmacêuticos, como fragrância em indústria de perfumaria, para melhorar a barreira UV, antibacteriana, propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antibióticas e reforço de polímeros (PEREIRA Jr., COUTO e SANTA ANNA, 2008; LU et al., 2012; GILCA e POPA, 2013; BEISL, MILTNER e FRIEDL, 2017; QIAN et al., 2017).

Por essa razão, a lignina é um dos vários compostos naturais que receberam novo interesse e consideração científica como aditivo, porém por ser uma macromolécula com uma estrutura complexa e que varia consideravelmente dependendo da espécie da planta e pelo seu processo de isolamento, seus reais efeitos ainda são limitados e precisa ser mais bem elucidada para testar o benefício do seu uso na dieta de frangos de corte como uma alternativa aos antimicrobianos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Saúde Intestinal das Aves

A saúde intestinal atualmente é um dos assuntos de maior interesse por parte da agroindústria avícola. Uma vez que, os sistemas intensivos de produção de frangos de corte impõem aos animais diversos desafios e várias condições negativas que podem resultar em problemas entéricos, que afetam a digestão de nutrientes da dieta, o equilíbrio da microbiota intestinal e consequentemente os índices produtivos (ZEKARIAS et al., 2005, TEIRLYNCK et al., 2011). A ausência de doenças que possam lesar ou causar inflamação do trato intestinal ou mesmo induzir o comprometimento da sua função secretora, digestiva, absortiva ou peristáltica, é a melhor definição para saúde intestinal de acordo com ITO et al. (2004).

O termo saúde intestinal está relacionado ao desenvolvimento e integridade da mucosa, além da relação com a composição da microbiota intestinal e da atuação do sistema inume (MURAROLLI, 2008). Seu equilíbrio traz benefícios ao organismo como a produção de vitaminas (B, K e E), estímulo do sistema imunológico, inibição do crescimento de bactérias patogênicas, redução da produção de gases, proporcionando assim uma melhor digestão e absorção dos nutrientes. Em contrapartida, condições de desequilíbrio podem resultar na proliferação de microrganismos patogênicos, infecções localizadas ou sistêmicas, putrefação intestinal, formação de toxinas e distúrbios hepáticos, que comprometem o potencial produtivo das aves (JEURISSEN et al., 2002).

O maior processo de desenvolvimento do sistema digestório das aves, assim como o sistema termorregulador e o imunológico, ocorre no período pós-eclosão (PELICANO et al., 2003). Após a eclosão, as aves apresentam um sistema digestório anatomicamente formado, porém a sua capacidade funcional ainda está em processo de maturação e sofre grandes alterações morfológicas e fisiológicas. As principais alterações morfológicas mais evidentes, são: o aumento no comprimento do intestino, na altura e densidade dos vilos, no número de enterócitos e nas células caliciformes. As alterações fisiológicas estão relacionadas com o aumento na capacidade digestiva e de absorção do intestino, que ocorrem pelo aumento na produção de enzimas digestíveis. Todas essas alterações irão proporcionar um aumento na área de superfície de digestão e absorção (DIBNER e RICHARDS, 2004; MURAROLLI, 2008).

Entretanto, os processos de absorção são dependentes dos mecanismos que ocorrem na mucosa intestinal. O desenvolvimento da mucosa é estimulado por agentes tróficos, que são aqueles que atuam estimulando o processo mitótico na região cripta-vilo, como consequência,

ocorre o aumento do número de células, tamanho dos vilos e profundidade das criptas. Os hormônios e peptídeos têm ação trófica na mucosa intestinal, e o mesmo ocorre com os nutrientes presentes no lúmen intestinal. Vários agentes parecem ter ação trófica sobre a mucosa intestinal, dentre eles encontram-se: aminas biogênicas, aminoácidos (como a glutamina), e outros compostos alternativos como os probióticos, prebióticos, simbióticos e os aditivos fitogênicos que atuam como agentes tróficos e como equilibradores da mucosa intestinal, favorecendo o desenvolvimento de bactérias benéficas, reduzindo a colonização das espécies patogênicas, estimulando a imunidade dos animais e, em consequência disso melhoram as condições sanitárias dos lotes (SANTOS et al., 2002; MAIORKA, 2004; MACARI e FURLAN, 2005; SOUZA et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007).

É sabido que no intestino delgado ocorre a maior parte digestiva e absortiva dos nutrientes. Contudo, partes da digestão também ocorrem na mucosa intestinal através das dobras microscópicas denominadas vilosidades, que são constituídas por três células funcionalmente distintas: os enterócitos, as células caliciformes e as células enteroendócrinas, e são reguladas por uma variedade de fatores, incluindo os nutrientes no lúmen intestinal, hormônios gastrointestinais tróficos, fatores de crescimento e citocinas (MARSHMAN et al., 2002; EROSCHENKO, 2008; BOARO, 2009; FURLAN, 2010; MAZZUCO, 2014).

Os enterócitos são as células que respondem pela digestão final do alimento e pelo transporte dos nutrientes até o lúmen. Estas células apresentam um processo de maturação que ocorre durante o processo de migração da cripta (base) para o ápice do vilo, e é dependente de estímulos para sua diferenciação. As células caliciformes são secretoras de glicoproteínas, cuja função é proteger o epitélio da ação de enzimas digestivas e efeitos abrasivos da digesta. E as células enteroendócrinas estão distribuídas pelo epitélio dos vilos, são produtoras de hormônios peptídicos (gastrina, secretina e colecistoquinina) e monoaminas biogênicas, substâncias essas que participam na regulação da digestão, absorção e utilização dos nutrientes (MAIORKA et al., 2003; EROSCHENKO, 2008; BOARO, 2009).

Ao nascer, o trato gastrointestinal das aves é praticamente isento de microrganismos e, é neste momento que a microbiota intestinal é formada por meio da ingestão, ou por contato com o ambiente que contenha microrganismos. A microbiota intestinal de frangos de corte é considerada um sistema complexo e dinâmico, formado por mais de 500 espécies e por aproximadamente 1011 UFC/g de conteúdo intestinal (ITO et al., 2004).

A microbiota tem várias funções no desenvolvimento do sistema digestivo e do tecido imune da ave, podendo neutralizar algumas toxinas alimentares, promovendo um ambiente saudável no lúmen intestinal, minimizando a ação de fatores antinutricionais (LEARY, 2007).

Contribui para a renovação intestinal e promove resistência contra patógenos intestinais (BUCHON et al., 2009). Entretanto, o perfil da microbiota pode ser alterado por diversos fatores, tanto endógeno quanto exógenos (ITO, MIYAJI e OKABAYASHI, 2007). A alta densidade de alojamento associada a outros fatores de estresse como transporte do incubatório às granjas comerciais, vacinação, mudança de temperatura à que as aves estão expostas, as más condições higiênicas e sanitárias da criação e alimentação inadequada, podem desencadear alteração no balanço microbiano intestinal e predispor as aves a diversas doenças entéricas, além de reduzir os índices de produtividade (ANDREATTI FILHO e SAMPAIO, 1999; APAJALAHTI et al., 2004).

As doenças entéricas podem ser causadas por diversos agentes patogênicos (vírus, bactérias e parasitas) associados com outros microrganismos ou com algumas causas não infecciosas como alimentação e manejo (HAFEZ, 2009). Causam aumento da mortalidade e podem provocar a contaminação dos produtos de origem avícola para consumo humano (LOS SANTOS e GIL-TURNES, 2005).

Em condições normais as aves têm um gasto em torno de 20% da energia bruta consumida para a manutenção do epitélio intestinal, quando esses tecidos são lesionados, ocorre à redução da quantidade de substrato digerido e absorvido pelo animal, resultando em maior demanda energética para a renovação celular. Com isso, a energia que poderia estar sendo utilizada para a produção é direcionada para o *turnover* celular, refletindo consequentemente na função intestinal, obtendo um menor desempenho produtivo e comprometendo o rendimento econômico do lote (MAIORKA et al., 2002; MAIORKA, 2004; BOROSKY, 2012).

Considerando a complexidade multifuncional da mucosa intestinal e a idade do animal (quanto mais jovem, menor é o tempo de turnover), um completo turnover pode variar de 24 a 96 horas (MURAROLLI, 2008), o que significa quase 10% do tempo de vida de um frango de corte convencional. Assim, segundo Furlan (2010), as perdas em ganho de peso nesse período de recuperação podem chegar a 5 toneladas de carne considerando um lote de 20 mil frangos. Portanto, o intestino é um órgão dispendioso e extremamente afetado se a ingestão de nutrientes for diminuída ou se for exposta aos antígenos provenientes de alimentos, bactérias residentes e microrganismos invasores (WITTIG; ZEITZ, 2003). Neste sentido, o intestino não é mais reconhecido apenas pela sua importante função associado aos processos de digestão e absorção, mas também pelo papel importante no sistema imunológico na defesa contra as agressões do meio externo (GUARNER, 2006).

A múltipla interação entre os mecanismos de defesa e a constante remodelação da mucosa intestinal, tem estabelecido uma influência direta da nutrição neste processo. Alguns

nutrientes da dieta podem influenciar de forma positiva a capacidade de renovação da mucosa intestinal, pois modificam sua estrutura e metabolismo, resultando em melhor digestão e absorção dos nutrientes pelas aves (FREITAS, BAIÃO e NUNES, 2001).

Aves nascidas em condições naturais recebem a microbiota proveniente da mãe. Mas, devido aos sistemas modernos de produção avícola, essa condição foi alterada, levando ao retardo no desenvolvimento da microbiota intestinal protetora (TORTUERO, 1973; SILVA e ANDREATTI FILHO, 2000).

No processo de incubação artificial é necessário que todo o ambiente, inclusive os próprios ovos sejam desinfetados com o intuito de evitar a contaminação por microrganismos patogênicos. Essa medida sanitária dificulta o acesso precoce das aves aos microrganismos colonizadores, retardando o desenvolvimento da microbiota intestinal. Isso se torna relevante, uma vez que o primeiro contato pode influenciar toda a vida do frango de corte (APAJALAHTI e KETTUNEN, 2006; O'HARA e SHANAHAN, 2006; JURICOVA et al., 2012).

Pesquisadores ao estudarem animais *germ-free* (animais que são criados em ambientes estéreis e alimentados com água e ração isentos de microrganismos) identificaram que esses animais apresentaram trato gastrointestinal diferente em comparação as aves de criação comercial convencional. Para os animais *germ-free,* o intestino apresentou vilosidades menores e reduzida taxa de renovação do tecido epitelial, o que resultou em uma menor taxa de absorção de nutrientes e, consequentemente, apresentaram uma maior necessidade nutricional. Em adição, o ceco de um animal *germ-free* é bastante distendido, apresenta uma grande quantidade de muco intestinal, fazendo com que as fezes sejam mais pastosas (COATES e GUSTAFSSON, 1984; FOX, 2007; SMITH, McCOY e MACPHERSON, 2007; MACARI, LUNEDO e PEDROSO, 2014).

Por conta disso, a pouca diversidade da microbiota em aves recém-eclodidas, pode ser um fator limitante para a digestão e permite que o intestino seja colonizado por patógenos entéricos maléficos (LORENÇON et al., 2007). Os efeitos maléficos comumente descritos na literatura são: diarreia, infecções, distúrbios hepáticos, carcinogênese, redução da digestão e absorção de nutrientes (FURLAN, MACARI e LUQUETTI, 2004). Por outro lado, bactérias benéficas na microbiota possuem funções específicas, como estimular a produção de mucina para a inibição da translocação bacteriana (MATTAR et al., 2002), modular a expressão de genes que exercem funções como absorção, fortificar a barreira da mucosa, metabolismo e maturação das células, bem como auxiliar nos mecanismos de defesa do sistema imune (ZOCCO et al., 2007) e com isso, impedir a colonização de patógenos invasores (LAN et al., 2005).

Diante deste contexto, o entendimento sobre a manutenção da saúde intestinal das aves é de fundamental importância, uma vez que é possível controlar as possíveis mudanças que ocorrem na microbiota intestinal, adequando um melhor manejo e incluindo, de maneira racional, o uso de aditivos que possam alterar e regular o ambiente microbiano, com o intuito de melhorar o desempenho produtivo, diminuir os impactos ambientais da produção e garantir maior segurança alimentar para o consumidor (OVIEDORONDÓN, 2009; MACARI et al., 2014).

2.2 Antimicrobianos Melhoradores de Desempenho na Avicultura

A descoberta do primeiro antibiótico foi feita por Alexander Fleming, em 1928, em seus estudos com a bactéria *Staphylococcus aureus.* Ele esqueceu por alguns dias placas com culturas dessas bactérias expostas ao ambiente. Quando retornou, encontrou a cultura contaminada por esporos do fungo *Penicilium notatum,* que cresceu na placa gerando um halo de inibição de crescimento. Curiosamente, as condições climáticas daquela época foram atípicas, permitindo o crescimento específico desse bolor e dificultando a reprodutibilidade do experimento, atrasando em quase dez anos o desenvolvimento da penicilina (FERREIRA et al., 2008). Porém, somente no final da década de 1940, que a penicilina estava disponível para uso geral, iniciando a era moderna dos antibióticos. A utilização da penicilina foi o evento de maior impacto terapêutico de todos os tempos, responsável por permitir o controle de muitas doenças infecciosas e aumentar a expectativa de vida de pacientes imunossuprimidos (GOULD, BAL e 2013; VENTOLA, 2015).

Entretanto, a introdução dos antimicrobianos, como melhoradores de desempenho, na produção avícola se deu somente a partir dos anos 40, quando foi observado que animais alimentados com micélios de *Streptomyces aureofaciens,* contendo resíduos de clorotetraciclina, melhoravam seu crescimento (NIEWOLD, 2007). Nos Estados Unidos, em 1951 o *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou seu uso na alimentação animal sem prescrição veterinária (GONZALES et al., 2012). Desde então, os antimicrobianos têm sido utilizados na produção animal, sendo responsáveis por proporcionar grandes benefícios na produção de frangos de corte, expressos principalmente por maior aproveitamento dos nutrientes provenientes da dieta, melhor taxa de crescimento e eficiência na conversão alimentar, prevenção de doenças infecciosas ou parasitária, diminuição nos índices de mortalidade e aumento na produtividade (ALBUQUERQUE, 2005; LORENÇON et al., 2007; SILVA, 2008; ROSTAGNO, 2012).

O termo “antimicrobiano” corresponde a um conceito amplo, usado para definir substâncias utilizadas no combate aos microrganismos. Sua ação abrange desde superfícies inanimadas até determinados tecidos animais e microrganismos específicos (SPINOSA, 2006). São representados por diferentes classes de substâncias, dentre elas, os melhoradores de desempenho, sendo que na produção animal os de uso mais difundido são os antibióticos e os quimioterápicos. A utilização destes produtos na avicultura tem confirmado a sua eficácia, principalmente em condições a campo, onde se tem maior desafio sanitário (BRUGALLI, 2003).

Os antibióticos são classificados como substâncias produzidas por fungos, leveduras ou bactérias que atuam contra outros microrganismos presentes no meio. Possuem a capacidade de, mesmo em pequenas doses, causar inibição ou eliminação do crescimento de certos microrganismos causadores de doenças. Os quimioterápicos, por sua vez, são substâncias obtidas através da síntese química e quando ingeridos pelo animal via dieta, agem de forma seletiva sobre o agente patogênico, sem causar efeito nocivo sobre o hospedeiro (MENTEN, 2001; PALERMO-NETO, 2007).

As ações dos antimicrobianos melhoradores de desempenho ocorrem por efeito metabólico, em que o agente melhora o desempenho dos animais por efeito direto sobre o metabolismo, onde a ação ocorre sobre as células do epitélio intestinal alterando a absorção dos nutrientes; efeito nutricional, onde as mudanças na população microbiana intestinal resultam em maior disponibilidade de nutrientes para o hospedeiro; efeito sobre o controle de doenças, onde os antimicrobianos inibem o crescimento de bactérias intestinais que se aderem e produzem toxinas no lúmen intestinal, que podem levar à redução no consumo de ração e demandam um aporte maior de nutrientes que poderiam ser utilizados na síntese de proteína (BELLAVER, 2002; ALMEIDA, 2012).

De maneira geral, a maioria dos mecanismos de ação apresentados é provocada pelas variações na microbiota após a sua adição, portanto, podemos concluir que eles atuam, principalmente, no controle dos microrganismos presentes no trato gastrointestinal, seja pela redução em número da microbiota, possibilitando redução na competição por nutrientes (BAURHOO et al., 2009; BIGGS e PARSONS, 2008), ou até mesmo pela seleção e modulação em favor da microbiota benéfica (BAURHOO et al., 2009; ENGBERG et al., 2000; SIMS et al., 2004).

A eficácia do uso de antimicrobianos como melhoradores de desempenho animal é comprovada e bem documentada na literatura. Entretanto, o uso de antibióticos com o objetivo de melhorar o desempenho tem sido alvo de discussão por estar associados ao surgimento de

bactérias resistentes (HASHEMI e DAVOODI, 2011). A seleção de bactérias resistentes pode ocorrer mediante ao uso indiscriminado e inadequado de antimicrobianos não só em animais, mas também em humanos (SCHWARZ et al., 2001). O uso indiscriminado quebra o equilíbrio da flora intestinal, levando a redução da concentração dos ácidos graxos voláteis sintetizados pela microflora benéfica, reduzindo assim, o desempenho animal (FLEMMING, 2005). A pressão seletiva na produção animal, através da profilaxia, promoção no crescimento e tratamentos não efetivos, podem ser um fator de estímulo da seleção de linhagens resistentes (MOLBAK, 2002).

A resistência microbiana pode ser conceituada como a habilidade de um microrganismo continuar a multiplicar-se ou persistir na presença de níveis terapêuticos de determinado agente antimicrobiano (TORTORA et al., 2012). Ela se desenvolve quando uma bactéria sobrevive à exposição de um antibiótico que normalmente elimina a população bacteriana, ocasionando uma mutação que permite a sobrevivência da bactéria exposta ao antibiótico (EDENS, 2003).

Os mecanismos de resistência antimicrobiana podem ser classificados em quatro categorias: menor permeabilidade da membrana, onde o antimicrobiano pode ser impedido de atingir seu alvo em razão de sua baixa capacidade de penetração na célula; efluxo ativo, em que alguns microrganismos possuem bombas capazes de destruir ou expulsar antimicrobianos do meio intracelular para o meio extracelular, impossibilitando o antimicrobiano de atingir a concentração necessária para exercer seu efeito; modificação do antimicrobiano, onde o produto pode ser inativado por meio de modificação ou degradação, antes ou depois da penetração da célula; modificação enzimática do antimicrobiano, onde este pode ser modificado através da sua degradação por enzimas produzidas pela bactéria, de modo que deixa de atuar (GIGUÈRE et al., 2010).

O primeiro relato sobre uma possível resistência bacteriana a antimicrobianos foi feito por Alexander Fleming, que durante seu discurso do prêmio Nobel em 1945, alertou sobre a possibilidade de doses subterapêutica gerarem microrganismos resistentes (MCCARTNEY, 2008). Mas somente a partir dos anos 60 surgiram as primeiras discussões sobre a transmissão de resistência aos antimicrobianos de cepas de animais de produção para os seres humanos, cujo mecanismo de resistência poderia estar associado ao uso de doses subterapêutica (BUTAYE, DEVRIESE e HAESEBROUCK, 2003). O aparecimento de cepas bacterianas multirresistentes têm sido relatado por diversos autores, e isso é discutido em todos os segmentos agropecuários (POPPE, 1999; SCHWARZ et al., 2001; THRELFALL, 2002; PEIRANO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2011).

Em estudos realizados por Mantilla et al., (2008), observaram que 24 cepas de *Listeria* spp., isoladas de carne moída bovina e submetidas a testes frente a 15 antimicrobianos, apresentaram resistência a seis antimicrobianos testados (clindamicina, oxaciclina, gentamicina, sulfazotrim, cefoxitina e a ampicilina). Em estudos realizados por Franco et al., (2010b), observaram que, das 17 cepas de *Escherichia coli* isoladas de carne e fezes suínas submetidas a testes frente 24 antimicrobianos, 100% foram sensíveis apenas a dois antibióticos e 100% foram resistentes a sete antibióticos. Nesta mesma direção Ristow et al., (2010), observaram que a administração dos antimicrobianos colistina, enrofloxacina, gentamicina e neomicina na prevalência da resistência antimicrobiana de 50 cepas de *Escherichia coli* isolados da carcaça e órgãos de frangos, verificaram que 10% das cepas estudadas foram resistentes a colistina, 70% a enrofloxacina, 30% a gentamicina e 40% a neomicina.

Cortez et al., (2006), estudando a resistência de 29 cepas de Salmonella presente em: águas de escaldamento, evisceração e resfriamento; nas carcaças, penas e fezes de frangos frente à ação de 12 antimicrobianos de uso comum na avicultura, concluiram que 86,2% das amostras foram resistentes ao aztreonam e à ampicilina, 72,4% à tetraciclina e 55,2% à amoxicilina/ácido clavulânico e sulfazotrim e atribuiram os resultados ao uso indiscriminado dos antibióticos.

O risco do aparecimento da resistência microbiana a várias drogas utilizadas na medicina humana foi o principal motivo para a União Europeia iniciar a regulamentação de seu uso nas formulações de rações na produção animal. Em 1970, foi estabelecida a *Council Directive* 70/524EEC, que foi uma diretiva que regulamentou o uso de aditivos na alimentação animal, mas algumas adaptações regionais foram feitas de modo que cada país adotou medidas diferentes de proibição de antimicrobianos nas rações. A proibição do uso de antimicrobianos como melhorador de desempenho se deu primeiramente na Suécia em 1986, e seu exemplo foi seguido por outros países da União Europeia. Até que em 2006 foram oficialmente proibido o uso de antimicrobianos que têm como única finalidade a promoção de crescimento na produção animal (MEDEIROS et al., 2009; ROSTAGNO, 2012). Estimava-se que no mundo 27.000 toneladas de antimicrobianos eram utilizadas na indústria animal antes da proibição, sendo a União Europeia responsável pelo uso de 25% desta quantia, 50% desta quantidade destinada a fins terapêuticos, 25% usados como aditivo melhorador de desempenho e 25% usados como coccidiostático (BOATMAN, 1998).

Em função disso, nos demais países produtores de aves do mundo (incluindo os EUA e o Brasil) vêm ocorrendo discussões sobre a necessidade de se regulamentar, ou mesmo, proibir a utilização destes compostos na produção animal. Porém, isto implica em prejuízos, pois

estudos realizados indicam que a simples retirada dos antimicrobianos melhoradores de desempenho da dieta de aves levaria a uma redução média no desempenho de 3 a 7%, além do impacto negativo sobre a saúde intestinal, aumento da mortalidade e menor lucratividade (SANTANA et al., 2011).

As perdas produtivas na Suécia, 16 anos após a proibição dos melhoradores de desempenho, ainda não foram recuperados na produção suinícola. Na Dinamarca, aumentou a mortalidade de suínos, onde a maior parte está associada à infecções entéricas, com aumento significativo dos casos de diarreia em leitões (WEGENER, 2002). Em frangos de corte, após a retirada da bacitracina, a população de bactérias do gênero *Clostridium* aumentou, gerando casos de enterite necrótica na França e na Dinamarca (MAcCARTNEY, 2008).

Uma séria discussão deve ser levantada quando se trata da proibição de antimicrobianos melhoradores de desempenho, visto que, o banimento dessas drogas em alguns casos não diminuiu a resistência microbiana e resultados observados em alguns países não se repetiram em outros. Com a sua retirada, foi possível observar problemas à saúde animal, além de gerar queda no desempenho de frangos de corte, produziu um fato de inversão, onde as doses de antimicrobianos antes utilizados como melhorador de desempenho foram substituídas por medicamentos de uso terapêutico, já que aumentaram os casos de infecções. E isso gerou maiores os custos do setor produtivo, com grandes perdas econômicas ao produtor (HAYES et al., 2001; CASEWELL et al., 2003). Além disso, os antimicrobianos administrados como terapêuticos, não apenas matam as bactérias patogênicas, mas também destroem a microbiota geral do hospedeiro, que às vezes resulta em desequilíbrio bacteriano, levando a um quadro de diarreia e infecção secundária que são de difícil tratamento (SULAKVELIDZE et al., 2001).

No Brasil diferentemente da Europa não proibiu totalmente o uso de antimicrobianos melhoradores de desempenho, no entanto, ao longo dos anos está cada vez menor a lista de substâncias permitidas. Com a crescente pressão popular contra o seu uso, aliado a várias campanhas para banir os antimicrobianos utilizados na alimentação animal como melhoradores de desempenho, e diante, da necessidade da manutenção e até mesmo do aumento dos índices produtivos, faz-se necessária à busca constante por alternativas a serem utilizadas na alimentação das aves, afim de garantir o desempenho produtivo e ao mesmo tempo a segurança alimentar dos consumidores (MURAROLLI, 2008).

Nesse sentido, novos conceitos de aditivos passíveis de substituírem os antimicrobianos melhoradores de desempenho na produção de frangos de corte começaram a ser formados (ALBINO et al., 2007). Entre eles, os prebióticos que vêm sendo bastante enfatizados na alimentação animal, pois além de serem alternativas eficazes e econômicas, podem contribuir

na manutenção da saúde intestinal, que reflete diretamente na melhoria do desempenho animal (MACARI e FURLAN, 2005; ARAUJO et al., 2007).

2.3 Alternativas ao Uso dos Antimicrobianos Melhoradores de Desempenho

Um dos maiores desafios na produção animal tem sido a busca por alternativas para reduzir o uso de antimicrobianos devido às crescentes pressões impostas pelas legislações de vários países que importam produtos de origem animal que proíbem a sua inclusão na dieta de frangos de corte. Com isso, a nutrição animal vem se tornando bastante dinâmica, sempre lançando mão de novas estratégias para melhorar o aproveitamento dos nutrientes, na tentativa de garantir o máximo desempenho dos animais sem que haja acréscimos aos custos e é claro sem afetar a qualidade do produto final (JEAUROUND, 2002; ARAÚJO, et al.,2007).

Considerando os mecanismos de ação dos antimicrobianos descritos, os aditivos substitutos devem, primordialmente, ter ação direta ou indireta sobre a microbiota intestinal, alterando a população de microrganismos do trato gastrointestinal, com o intuito de beneficiar o desempenho das aves frente aos desafios do ambiente que são expostos. Dentro do grupo de aditivos existentes, podemos destacar os aditivos denominados equilibradores da flora intestinal, que segundo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), são caracterizados como “microrganismos que formam colônias ou outras substâncias definidas quimicamente que têm efeito positivo sobre a flora do trato digestório”, recebem destaque nesse cenário, uma vez que seu principal mecanismo de ação é justamente na modulação da microbiota intestinal em favor do hospedeiro. Nessa classificação podemos citar os probióticos, prebióticos e os acidificantes (GIBSON e ROBERFROID, 1995; GIBSON et al., 2004; FARIA FILHO et al., 2006; VAN IMMERSEEL et al., 2006; LEVENT OZDUVEN et al., 2009; LUTFUL KABIR, 2009; SONG et al., 2014).

Nos últimos anos, tem sido crescente o interesse pelo uso destes aditivos como alternativos, pois seu uso poderia eliminar problemas como a resistência microbiana nos produtos avícolas (ALBINO et al., 2006) e quando administrados em aves recém-nascidas, antes da fase de maturação da microbiota, podem trazer resultados promissores. Os principais efeitos destes aditivos são no aumento da resistência à colonização por bactérias patogênicas, melhora na resposta imune local do intestino, melhora no status sanitário e um menor risco de transmissão de patógenos aos produtos avícolas (O’HARA e SHANAHAN, 2006; GAGGIA, MATTARELLI e BIAVATI, 2010).

2.3.1 Prebióticos

Os prebióticos são macromoléculas, em sua maioria carboidratos, sintetizados por microrganismos ou extraídos das plantas (GADDE et al., 2017). São definidos como ingredientes alimentares não digeríveis e que beneficiam o hospedeiro por estimular seletivamente o crescimento e/ou a atividade de um limitado grupo de bactérias no intestino (GIBSON e ROBERFROID, 1995). Não sendo digeridos pela ação das enzimas digestivas, mas que são fermentados pela flora bacteriana presente no trato gastrointestinal, originando substâncias que estimulam seletivamente o crescimento e/ou atividade de bactérias benéficas e inibem a colonização de bactérias patogênicas ou indesejáveis (BRASIL, 2004).

Para ser considerado um prebiótico, a substância não pode ser hidrolisada, digerida ou absorvida pela porção superior do trato gastrointestinal, ser resistente ao pH ácido, deve ter ação seletiva somente para um limitado número de bactérias comensais benéficas no colón e modular o sistema imunológico do hospedeiro (GIBSON e ROBERFROID, 1995; DIONISIO et al., 2002; PATTERSON e BURKHOLDER, 2003; FERREIRA, PIZARRO e LEME, 2011). A sua principal ação é sobre a modulação benéfica da microbiota nativa presente no hospedeiro, resultando pelo crescimento de bactérias benéficas, pela melhora nas condições luminais, aumentando seu valor osmótico (IMMERSEEL et al., 2004), nas características anatômicas do trato gastrointestinal, promovendo o aumento da superfície de absorção da mucosa intestinal, no sistema imunológico e, em alguns casos, pela melhora no desempenho produtivo (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

Além disso, a ação dos prebióticos não se limita ao estímulo do desenvolvimento de bactérias benéficas (*Lactobacillus* e *Bifidobacterium*), mas também ao exercerem efeitos diretos sobre a colonização do trato gastrointestinal por bactérias patogênicas. Para que as bactérias consigam colonizar o trato gastrointestinal e criar uma condição patológica, é necessária a aderência à superfície epitelial. Essa adesão ocorre através de fímbrias (moléculas de açúcar ramificadas (polissacarídeos) que se estendem da parede externa das bactérias) ou lectinas (glicoproteínas) que reconhecem especificamente os açúcares presentes na superfície dos enterócitos do hospedeiro. Portanto, caso estas estruturas bacterianas se liguem a açúcares ou oligossacarídeos, e não a mucosa intestinal, os patógenos passarão com a digesta sendo eliminados do trato gastrointestinal, e com isso, teremos uma mucosa intestinal apta para a realização de suas funções (MATHEW et al., 1993; DAWSON; PIRVULESCU, 1999; COLLET, 2000; SPRING, 2000; MENTEN, 2001; MURAROLLI, 2008).

Segundo Silva e Nörnberg (2003), os prebióticos são compostos biologicamente seguros à saúde humana e animal, justificando o seu uso alternativo em substituição aos antimicrobianos usados na prevenção de alterações do trato gastrointestinal e/ou como melhoradores de desempenho. Entretanto, as respostas biológicas na nutrição animal nem sempre são evidenciadas, o que pode estar relacionado com a composição química dos demais ingredientes da dieta, a dosagem adicionada, a adaptação e a seletividade da microbiota ao prebiótico, ou até mesmo o nível de estresse do animal.

Diversos tipos de substâncias como carboidratos, peptídeos, fibras e álcoois de açúcares podem ser classificados como prebióticos. Os carboidratos denominados oligossacarídeos, são constituídos de cadeias curtas de polissacarídeos, compostos de três a dez açúcares simples ligados entre si, são os que possuem as melhores características prebióticas (ANDREATI FILHO e SILVA, 2005; JUNQUEIRA e DUARTE, 2005; SILVA, 2010). Entre os oligossacarídeos que têm sido mais estudados como aditivos em alimentação animal estão os mananoligossacarideos (MOS), glucoligossacarídeos (GOS) e frutoligossacarídeos (FOS), estas substâncias atuam mantendo ou restabelecendo as condições de equilíbrio da microbiota no trato gastrointestinal (MACARI e FURLAN, 2005; FURLAN, 2010).

Os mananoligossacarideos (MOS) são derivados da parede celular interna da levedura *Saccharomyces cerevisae,* sendo estruturas complexas formadas de manose fosforilada, glicose e proteína. Atuam de duas formas: seja pela adesão às bactérias patogênicas impedindo que estas iniciem um processo infeccioso ou modulando e preparando o sistema imune para o processo infeccioso (SPRING, 2000; FURLAN, 2004; YANG et al., 2007).

Os glucoligossacarídeos (GOS) são assimilados por espécies de *Bifidobacterium* sendo substratos para estas, entretanto, eles não são absorvíveis por espécies patogênicas incluindo *Clostridium* e *Salmonella*, favorecendo a proliferação de espécies benéficas em detrimento das patogênicas (IJI e TIVEY, 1998), sendo observado a inibição na colonização de *Salmonella typhimurium* in vitro (OYOFO et al., 1989) e in vivo em poedeiras (ISHIHARA et al., 2000). De forma semelhante atua os frutoligossacarídeos (FOS), que são polímeros ricos em frutose, podendo ser naturais, derivados de plantas (inulina) ou sintéticos, resultante da polimerização da frutose (GIBSON e ROBERFROID, 1995). São produtos da indústria que, quando adicionados na dieta, fornecem carboidratos fermentáveis para as bactérias benéficas nativas que habitam o trato digestório, minimizando as populações de bactérias patogênicas, como a *Escherichia coli* e a *Salmonella* spp., através da exclusão competitiva (SCAPINELLO et al., 2001).

Independente do seu modo de ação, as respostas obtidas em pesquisas têm confirmado o efeito prebiótico para alguns compostos testados, provando a sua capacidade de modificações benéficas nas características anatômicas do sistema digestivo. Ao avaliar o efeito de FOS em aves, Bailey et al., (1991) observaram que o prebiótico proporcionou uma redução de até quatro vezes no número de *Salmonella typhimurium* no ceco destes animais. Os autores citaram que em determinadas condições, o FOS modificaria a microbiota intestinal, diminuindo a susceptibilidade da colonização do trato intestinal por este microrganismo. Em estudos realizados por Xu et al., (2003), trabalhando com frangos de corte alimentados com dieta contendo diferentes níveis de inclusão de FOS, observaram um aumento da concentração cecal de bifidobactérias e lactobacilos e uma redução da concentração de *Escherichia coli* no intestino de frangos aos 49 dias de idade. Efeitos semelhantes foram observados por Gebbink et al. (1999) os quais relataram redução na concentração de *Escherichia coli* e aumento da concentração de *Bifidobacterium* no cólon distal de leitões que receberam 5% de frutoligossacarídeos na dieta.

De acordo com estudos realizados por Macari e Maiorka (2000), relataram aumento significativo na altura do vilo, nos três segmentos do intestino delgado, em frangos de corte com sete dias de idade que receberam 0,2% de MOS na dieta. Efeitos semelhantes foram encontrados por Baurhoo et al. (2009) utilizando 0,2% e 0,5% de MOS na dieta de frangos de corte, constataram melhor desenvolvimento intestinal como aumento da altura das vilosidades e número de células caliciformes, aumento da colonização de bactérias benéficas e diminuição do número de bactérias patogênicas. E em estudos realizados por Murate et al., (2013), em estudo avaliando os efeitos de probióticos, prebióticos e simbióticos sobre a morfometria intestinal de frangos desafiados com *Salmonella Enteritidis* observaram que os frangos tratados com prebióticos apresentaram aumento significativo do escore morfológico aos 5 e 7 dias pós-infecção. De modo geral, estes resultados demonstraram que o uso de prebióticos promoveu aumento na área de absorção de nutrientes da mucosa intestinal, o que pode ser fundamental para um melhor desempenho animal (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

Melhorias no desempenho das aves têm sido descritas com a utilização de aditivo equilibrador da microbiota. Em experimentos realizados com leitões recém-desmamados, Gebbink et al., (1999) observaram que o ganho de peso dos animais mantidos em creches com baixo desafio sanitário, recebendo ração suplementada com FOS e com virginiamicina, foram 9% e 16% superiores ao tratamento controle, respectivamente. Em creches com elevado desafio sanitário, os animais que receberam FOS tiveram eficiência alimentar 14% superior ao tratamento controle e com antibiótico. Santin et al., (2000), trabalhando com dois níveis de

prebióticos (0,1 e 0,2%), observaram que a utilização de prebióticos melhorou o ganho de peso das aves de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade, quando comparadas com as aves que receberam ração sem suplementação de prebióticos. Efeitos semelhantes foram encontrados por Maiorka et al., (2001), estudando o efeito da substituição de antibióticos por prebiótico (MOS) e prebiótico e a associação de ambos (simbiótico) na dieta sobre o desempenho de frangos de corte, observaram que o menor ganho de peso foi obtido nas aves que não receberam nenhum tipo de aditivo na dieta (tratamento controle). Segundo resultados obtidos por Medeiros et al., (2009), a utilização ou não de antimicrobianos como melhoradores de desempenho não interferem ($P<0,05$) no consumo de ração, conversão alimentar e no índice de eficiência produtiva de frangos de corte.

Entretanto, a literatura ainda descreve resultados contraditórios sobre os benefícios do uso de aditivos equilibradores da microbiota para as aves, em virtude que há uma diversidade de fatores que podem interferir na eficácia da atuação dessas substâncias, culminando em resultados pouco conclusivos e/ou contraditórios. Entre esses fatores, destacam-se: adaptação da microbiota ao composto adicionado; condições de desafio microbiano; excesso no consumo de prebióticos, levando a um desequilíbrio da microbiota; dosagem e via de administração dos aditivos; diferenças de estrutura química e propriedades físico-químicas dos compostos utilizados como aditivos (SILVA e NORNBERG, 2003; HOOGE, 2004; MORALES-LÓPEZ et al., 2009).

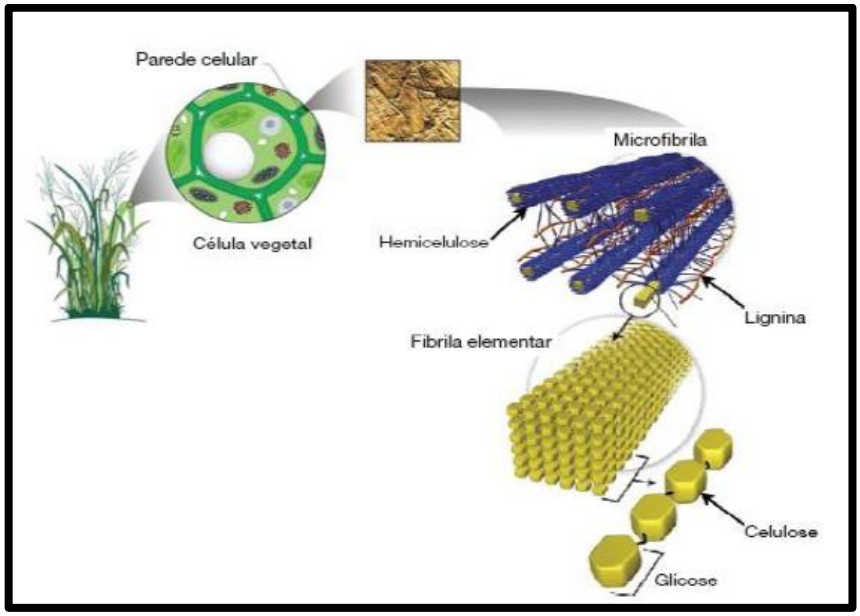
2.3.2 Lignina

A lignina é um complexo polímero fenólico (VAN SOEST, 1994), definida como uma substância hidrofóbica, com estrutura tridimensional e amorfa, altamente ramificada (SILVA, 2011). Constituída por um sistema aromático composto de unidades de fenilpropano unidas por ligações éter e carbono (SALIBA et al., 2001). É uma macromolécula que pode ser obtida a partir de resíduos da indústria de papel e celulose (TEJADO et al., 2007), sendo a segunda substância macromolecular mais abundante e componente principal da parede celular das plantas (ANWAR et al., 2014; SHAHZADI et al., 2014). Esta se encontra em estreita associação com os carboidratos da parede celular, formando um revestimento protetor da estrutura celulose-hemicelulose (Figura 1) (NUNES, 1998).

Durante o desenvolvimento das plantas, a lignina é incorporada como o último componente da parede celular, interpenetrando as fibrilas, acarretando no fortalecimento da parede (MARABEZI, 2009). Suas principais funções nos vegetais são: no transporte de água,

nutrientes e metabólitos, na resistência mecânica e proteção dos tecidos contra o ataque de patógenos e/ou pragas (CAMPBELL e SEDEROFF, 1996).

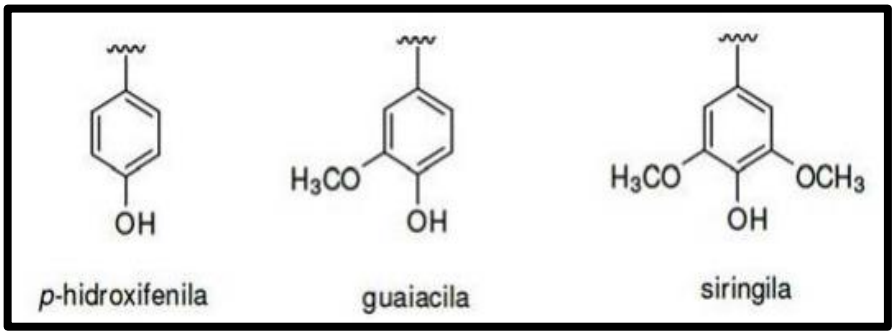
Figura 1. Arquitetura da parede celular vegetal



Fonte: CANILHA et al., 2010

A biossíntese da lignina nas plantas é realizada pela rota do ácido chiquímico, sendo este convertido em ácido prefênico e, posteriormente, transformado nos aminoácidos tirosina e fenilalanina. Esses dois aminoácidos são os pontos de partida para a produção três precursores monoméricos: o álcool coniferílico, o álcool sinapílico e o álcool *p*-cumarílico (NASCIMENTO, 2007). Os quais dão origem às unidades básicas formadoras da lignina, *p*-hidroxifenila (H), guaiacila (G) e siringila (S) (Figura 2) (FENGEL e WEGENER, 1989 apud CARVALHO et al., 2009).

Figura 2. Precursores das unidades básicas formadoras da lignina



Fonte: SJÖSTROM, 1993

A lignina é encontrada em muitas espécies do reino vegetal, porém as proporções das unidades monoméricas não são as mesmas em todas elas, variando de acordo com a espécie, a localização no vegetal e até mesmo com a localização geográfica onde a árvore é cultivada (RODRIGUES; GRAC; PEREIRA, 2001). As ligninas das madeiras de gimnospermas são basicamente produtos da polimerização do álcool coniferílico e são chamadas de lignina guaiacila (LG), enquanto as ligninas das angiospermas lenhosas, como no caso dos *Eucalyptus spp*., são principalmente do tipo lignina guaiacila-siringila (LGS), devido à copolimerização dos álcoois coniferílico e sinapílico. Tanto as gimnospermas e as angiospermas lenhosas apresentam ainda unidades de *p*-hidroxifenila (H) na composição estrutural de suas ligninas, mas em proporções menores (SARKANEN e HERGERT, 1971; DEL RÍO et al., 2001a; ROWELL, 2005).

Aproximadamente, 50 milhões de toneladas de lignina são geradas por ano, como resíduo dos processos de produção de pastas celulósicas e de papel. A maior parte da lignina residual é queimada para gerar energia neste segmento industrial. Contudo, tendo em vista suas interessantes propriedades funcionais, a lignina oferece perspectivas de utilização para a obtenção de produtos de alto valor agregado (CGEE, 2010). A lignina vem sendo empregada como matéria-prima com diferentes finalidades, entre elas: produção de resina fenólica, uso como dispersantes, uso em biocompósito, formação de blendas poliméricas, surfactante, aplicação em química fina, produtos cerâmicos, pesticidas, aditivos em concreto e cimento, produção de fibras de carbono e como aditivos na alimentação animal (LORA; GLASSER, 2002; LE DIGABEL; AVÉROUS, 2006; LANGE et al., 2013). Além disso, na produção de emulsificantes com aplicação na área alimentícia e na produção de vanilina, que é usada como flavorizante em alimentos, como componente na formulação de produtos farmacêuticos, como fragrância em indústria de perfumaria, para melhorar a barreira UV, antibacteriana, propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antibióticas e reforço de polímeros (PEREIRA Jr.; COUTO; SANTA ANNA, 2008; LU et al., 2012; GILCA e POPA, 2013; QIAN et al., 2014; YANG, KENNY e PUGLIA, 2015; BEISL, MILTNER e FRIEDL, 2017).

Na indústria de fabricação de papel, a lignina é recuperada como um subproduto da produção de celulose durante a sulfitação da madeira e as suas propriedades físicas e químicas diferem dependendo da tecnologia de extração (BAURHOO, PHILLIP e RUIZ-FERIA, 2007). No processo Sulfito, o ácido sulfúrico é usado para converter a lignina em lignosulfonatos. O processo Kraft, utiliza o hidróxido de sódio e sulfeto de sódio para extrair a lignina da celulose nas fibras de madeira. Em contraste, o processo Alcell interrompe a integridade química da lignina nativa, produzindo assim fragmentos purificados de lignina como um co-produto (PYE,

1996). Entretanto, dentro destes tipos de extração, as ligninas mais utilizadas e aproveitadas para a síntese de subprodutos são as ligninas isoladas dos processos de produção de polpa celulósica como o Kraft (HERNÁNDEZ, 2007).

O processo Kraft tem sido o processo dominante utilizado nas indústrias de polpação, papel e celulose, correspondendo a cerca de 85% da lignina recuperada no mundo (VISHTAL e KRASLAWSKI, 2011). Esse processo teve origem no final do século XIX. As primeiras patentes que tratam da deslignificação de madeira, através de uma solução de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio, foram obtidas por A.K. Eaton em 1870 e 1871 (SJOHOLM, 1999). No entanto, acredita-se que o inventor do processo Kraft foi o químico pesquisador C.F. Dahl da Alemanha, no ano de 1879. Ele descobriu a possível substituição do carbonato de sódio por sulfato de sódio para reposição dos químicos de cozimento (CLAYTON, 1969).

O processo Kraft é a principal rota para a obtenção de celulose (MAITAM, COSTA JR. e COSTA, 2012). Basicamente, a função do processo Kraft é dissolver a lignina, agente ligante das fibras na madeira, com o objetivo de liberar as fibras com o mínimo de degradação dos carboidratos (celulose e hemicelulose). Na polpação Kraft, a madeira sob forma de cavacos é tratada em vasos de pressão, denominados digestores, com a combinação de dois reagentes químicos: hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na_2S). Concluída a etapa de cozimento da madeira nos digestores, os residuais químicos e as substâncias dissolvidas formam a solução aquosa, que é chamada de licor preto, que é um subproduto do processo de produção de celulose e que contém componentes orgânicos (lignina, polissacarídeos, compostos resinosos e de baixa massa molar), inorgânicos (principalmente sais) e reagentes químicos utilizados no início do processo de polpação (SODERHJELM, 1988; D´ALMEIDA, 1988; SMOOK, 1989; CARDOSO, 1998; GULLICHSEN e FOGELHOLM, 2000; SIXTA, 2006; MELO et al., 2011).

A evaporação é o primeiro passo para o processo de recuperação dos produtos químicos, na qual o licor preto que sai do digestor é levado a um sistema de evaporadores de múltiplo efeito para que o mesmo aumente o seu conteúdo de sólidos (FIGUEIREDO, 2009). O licor mais concentrado é então queimado nas caldeiras de recuperação. Nesse processo de queima, acontece a redução do sulfato de sódio (Na_2SO_4) em sulfeto de sódio (Na_2S), sendo assim recuperado um dos agentes ativos utilizados no processo de polpação. Para que a redução do sulfato a sulfeto aconteça, a parte inferior da caldeira é deficiente em oxigênio, e o agente redutor é carbono proveniente da pirólise dos compostos orgânicos (SILVA et al., 2008).

A pirólise é o termo utilizado para caracterizar a decomposição térmica de materiais contendo carbono, na ausência de oxigênio. Assim, madeira, resíduos agrícolas, ou qualquer

outro tipo de material orgânico durante a queima se decompõe, dando origem a três fases: sólida, gasosa e líquida (CAMPOS, 2007).

A fase líquida é a mais conhecida e utilizada na agricultura, correspondendo como a fração pirolenhosa, denominada nos meios científicos por ácido pirolenhoso. É um líquido marrom liberado da madeira após sua extração, produzido pela destilação da madeira na ausência de ar. Quando o gás gerado pela combustão é resfriado, ele se condensa em líquido (AMEM-CHEN, PAKDEL e ROY, 1977; PIMENTA, et al., 2000; GUILLÉN e MANZANOS, 2002; SOUZA-SILVA et al. 2006; LOO, JAIN e DARAH, 2007; CAMPOS, 2007; LOO, JAIN e DARAH, 2008; WITITSIRI, 2011).

Na composição do ácido pirolenhoso contém um alto teor de água, assim como uma composição química extremamente complexa, com mais de 200 compostos orgânicos já encontrados (WU et al., 2015), dentre os quais podemos destacar a presença dos grupos químicos ácidos, álcoois, cetonas, aldeídos, ésteres, entre outros componentes (SCHNITZER et al., 2015). Além disso, também contém um número significativo de componentes resultantes da degradação térmica da lignina (FENGEL e WEGENER, 1989; SHAFIZADEH, 1984; LOO et al., 2008). Desta forma, madeiras, resíduos agrícolas e materiais orgânicos que contenham em sua estrutura material lignificado poderão ser utilizados como matéria prima na obtenção do ácido pirolenhoso (CAMPOS, 2007).

A utilização do ácido pirolenhoso é bastante vasta, podendo ser utilizado para variados fins e aplicações. Na agricultura é frequentemente utilizado como repelente de insetos, removedor de odor, preservativo de madeira, fertilizante e promotor do crescimento das plantas. Também há relatos sobre sua diluição e aplicação direta ao solo e com isso havendo melhora nas características e propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo, aumentando a população de microrganismos benéficos e favorecendo a absorção de nutrientes pelo sistema radicular das plantas (MIYASAKA et al., 2001; WU et al., 2015). Apresenta também aplicação medicinal (LOO et al., 2008) e na alimentação humana e animal (WANG et al., 2010), como aromatizantes (YOUN, 2003; SANGSRICHAN, 2009). Estudos realizados por Yang et al. (2016) relataram as aplicações antifúngicas e antimicrobiana do ácido pirolenhoso, onde o mesmo exibiu um alto grau de atividade contra vários microrganismos, juntamente com uma significativa atividade antioxidante. Além disso, mostrou uma alta eficiência contra patógenos clínicos resistentes a antibióticos, demonstrando uma utilização potencial nas áreas médicas e agropecuária, sendo esta atribuída aos compostos fenólicos presentes majoritariamente no mesmo.

Os compostos fenólicos são amplamente encontrados nos vegetais, sendo um grupo bastante diversificado de fitoquímicos. Originam-se do metabolismo secundário das plantas pela rota metabólica do ácido chiquímico, formados a partir de fenilalanina e tirosina (NACZK e SHAHIDI, 2004). Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (LEE et al., 2005), e por possuírem estrutura variável, são multifuncionais (SHAHIDI e NACZK, 1995). E exibem uma ampla gama de propriedades fisiológicas tais como antialérgicos, antiaterogênico, anti-inflamatórios, antimicrobianos, antioxidantes, antitrombóticos, cardioprotetores e efeitos vasodilatadores (PUUPPONEN-PIMIA, 2001; MANACH e MAZUR, 2005).

Dentro dos compostos fenólicos oriundos da pirólise da lignina, os que têm maior representatividade, tanto no de vista qualitativo quanto quantitativo são constituídos por fenol, guaicol, siringol, pirocatecol e seus derivados (FENGEL e WEGENER, 1983; SHAFIZADEH, 1984; LOO et al., 2008).

O guaiacol é um composto orgânico de ocorrência natural. Embora seja biossintetizado por uma variedade de organismos, esse óleo aromático é geralmente derivado de guaiacum ou creosoto de madeira (DUFFEY; ALDRICH; BLUM, 1977). Tem sido muito utilizado na odontologia como antisséptico e como coadjuvante no tratamento de dor de origem pulpar (MIMURA et al., 2005). Igualmente a outros compostos fenólicos, possui propriedades analgésicas (HIRAFUJI, 1984; PARK et al., 2009), antioxidantes (MINURA et al., 2005; GALANO et al., 2012) e antimicrobianas (BURT, 2004; FITZGERALD et al., 2005; OUWEHAND et al., 2010; LIU et al., 2011). Em estudos realizados por Ouwehand et al., (2010) observaram que que certas bactérias patogênicas do trato gastrointestinal são sensíveis ao guaiacol, incluindo a *Escherichia coli*. Efeitos semelhantes foram encontrados por Liu et al., (2011) observaram que a bactéria gram positiva *Bacillus subtilis* também apresenta sensibilidade ao guaiacol, assim como dezoito diferentes cepas de leveduras e bolores testados por Fitzgerald et al., (2005).

Tal como o guaiacol, o siringol e seus derivados são produtos característicos da pirólise da lignina, sendo por isso um dos principais componentes do fumo de madeira, responsável pelo aroma de fumaça durante a pirólise (HINDI, 2011; RODRIGUES, 2014). É conhecido por suas propriedades sensoriais, antioxidantes e antimicrobianas (MILLY, TOLEDO e RAMAKRISHNAN, 2004).

2.3.3 Efeitos da inclusão de lignina na nutrição animal

Os efeitos da lignina no desempenho animal ainda são limitados, porém estudos relatam efeitos positivos quanto a sua utilização na nutrição animal.

Estudos realizados por Phillip et al., (2000), a qual usaram lignina alcalina (12,5 g/kg de MS) melhorou o ganho de peso de bezerros holandeses. Esses resultados corroboram com os estudos achados por Ricke et al., (1982), que utilizou indulina na dieta (40 e 80 g/kg de MS), uma lignina Kraft purificada da indústria de papel, o qual notou melhora no ganho de peso e na eficiência alimentar em frangos de corte. Já em estudos com gansos, a suplementação de lignina melhorou o ganho de peso diário, entretanto, os autores relataram que a alimentação foi menos eficiente, diante da maior taxa de passagem da digesta pelo trato digestivo (YU et al., 1998).

Wang et al., (2017) constataram que a adição de lignina na dieta diminuiu linearmente a cobertura de gordura durante o período de crescimento, mas houve tendência de aumentar linearmente a área de olho de lombo durante o período de terminação de bovinos em confinamento, melhorando a qualidade de carcaça e tendendo a aumentar a porção de carne comercializável, possuindo potencial para melhorar a eficiência alimentar e a qualidade de carne.

Nelson et al., (1994), relataram que a lignina Alcell não alterou o crescimento bacteriano no ceco, mas reduziu a translocação dessas bactérias nos gânglios linfáticos e fígado após a lesão por queimadura em ratos. Em camundongos, foi relatado que a lignina oriunda de madeira de pinheiro possui antitumor (SAKAGAMI et al., 1991) e propriedades antibacteriana contra os patógenos *Escherichia coli* e *Pseudomonas* (OH-HARA et al., 1990).

Na tentativa de fornecer uma melhor avaliação dos efeitos antibacterianos da lignina, Baurhoo et al., (2007b) forneceram aos frangos de corte por via oral, cepas patogênicas de *Escherichia coli* e alimentaram com dietas livres de antibióticos, ou com dietas contendo lignina Alcell ou dietas com antibióticos. A lignina reduziu as concentrações cecais de *Escherichia coli* total após 3 e 9 dias. A inibição da *Escherichia coli* foi mais acentuada em concentrações mais altas da lignina Alcell (12,5 g/kg de MS). Pesquisas posteriores demonstraram que a lignina Alcell na dieta reduziu as concentrações de *Escherichia coli* na cama das aves quando comparada a dietas livres de antibióticos (BAURHOO et al., 2007a). É sabido, que a cama de frangos pode contribuir para a disseminação de genes resistentes aos antibióticos na cadeia alimentar (NANDI et al., 2004).

A *Escherichia coli* é uma das doenças que merece atenção, pois além de contaminar as carcaças das aves durante o abate (HEYNDRICKX et al., 2002) é o principal patógeno causador

da celulite, uma das principais causas de condenação de carcaça em plantas de processamento (KUMOR et al., 1998). Esses achados sugerem que lignina pode representar uma estratégia alimentar para reduzir a carga de *Escherichia coli* no intestino e da cama de frangos.

Em estudos realizados também por (BAURHOO et al., 2007a, b), foi descoberto que a lignina Alcell (12,5 g/kg de MS) aumentou as concentrações intestinais de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, aumentou a altura das vilosidades e o número de células caliciformes em frangos de corte. Como já foi descrito anteriormente, uma das principais ações dos prebióticos é o estímulo do desenvolvimento de bactérias benéficas (*Lactobacillus* e *Bifidobacterium*), que limitam a colonização intestinal de patógenos competindo por nutrientes (ROLFE, 2000). As vilosidades mais longas são geralmente correlacionadas com melhor saúde intestinal e melhor eficiência de digestão e absorção. E as células caliciformes são responsáveis pela produção de mucinas que destroem patógenos intestinais (BLOMBERG et al., 1993). Esses achados comprovam o potencial da lignina como um prebiótico, atuando principalmente no trato gastrointestinal das aves.

Em contrapartida, as respostas com o uso de lignina na dieta de ruminantes são bem variáveis. A inclusão da lignina Alcell não teve efeito sobre a fermentação ruminal em ovino e não alterou as concentrações fecais de substâncias anaeróbias, aeróbicas e microrganismos coliformes em bezerros (PHILLIP et al., 2000). Isto pode ser o resultado da degradação dos compostos fenólicos da lignina pelos micróbios do rúmen (KAJIKAWA et al., 2000). Essas observações sugerem que os monômeros fenólicos são extensivamente metabolizados pela flora microbiana do rúmen para reduzir quimicamente formas, que são posteriormente absorvidas e metabolizadas. Parece, portanto, que a ação antimicrobiana da lignina pode depender das espécies e ocorre principalmente em monogástricos.

3. REFERÊNCIAS

ALBINO, L.F.T.; FERES, F.A.; DIONIZIO, M.A.; ROSTAGNO, H.S.; VARGAS JR., J.G.; CARVALHO, D.C.O.; GOMES, P.C.; COSTA, C.H.R. Uso de prebióticos a base de mananoligossacarídeos em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.742-749, 2006.

ALBINO, L. F. T.; BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S. Ingredientes promotores de desempenho para frangos de corte. In: VII Seminário De Aves E Suínos – AVESUI Regiões 2007, Belo Horizonte, MG, **Anais...,** Belo Horizonte, 2007.

ALBUQUERQUE, R. Antimicrobianos como aditivos zootécnicos promotores de crescimento. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA. H.S.; GÓRNIAK, S. L. **Farmacologia aplicada à avicultura**. São Paulo: Roca, 2005, cap. 9, p. 149-159.

ALMEIDA, E. **Aditivos digestivos e equilibradores da microbiota intestinal para frangos de corte.** 2012. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

AMEN-CHEN, C.; PAKDEL, H.; ROY, C. Separation of phenols from Eucalyptus wood tar. **Biomass & Bioenergy**, Oxford, v. 13, p. 25-37, 1977.

ALBINO, L. F. T.; BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S. Ingredientes promotores de desempenho para frangos de corte. In: VII Seminário De Aves E Suínos – AVESUI Regiões 2007, Belo Horizonte, MG, **Anais...,** Belo Horizonte, 2007.

ANDREATTI FILHO, R. L.; SILVA, E. N. Probióticos e correlatos na produção avícola. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIAK, S. L. **Farmacologia aplicada à avicultura**. São Paulo: Roca, p. 225-237, 2005.

ANWAR, Z.; GULFRAZ, M.; IRSHAD, M. Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: A brief review. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences,** v.7, n.2, p.163-173, 2014.

APAJALAHTI, J. H. A., KETTUNEN, A., GRAHAM, H. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. **World's Poultry Science Journal**, Missoula, n. 60, p. 223-232, 2004.

APAJALAHTI, J.; KETTUNEN, A. Microbes of the chicken gastrointestinal tract. Em: Avian Gut Function in Health and Diseases. **Ed. G.C Perry**, Chapter 8, p. 124-137, 2006.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, M.R.; LIMA, C.B. Uso de aditivos na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 3, p. 69-77, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2022**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-vf.pdf>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

BAILEY, J. S.; BLANKESHIP, C. L.; COX, N. A. Effect of fructooligosaccharides on *Salmonella* contamination of the chicken intestine. **Poultry Science**, v. 70, p. 2433-2438, 1991.

BAURHOO, B.; PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry Science**, Urbana, v. 86, p. 1070-1078, 2007a.

BAURHOO, B., LETELLIER, A., ZHAO, X., RUIZ-FERIA, C.A. Cecal populations of *Lactobacilli* and *Bifidobacteria* and *E. coli* populations after *in vivo E. coli* challenge in birds fed diets with purified lignin or mannanoligosaccharides. **Poultry Science**, Urbana, v.86, p. 2509–2516, 2007b.

BAURHOO, B.; FERKET, P. R.; ZHAO, X. Effects of diets containing different concentrations of mannanoligosaccharide or antibiotics on growth performance, intestinal development, cecal and litter microbial populations, and carcass parameters of broilers. **Poultry Science**, v.88, p. 2262–2272, 2009.

BEISL, S.; MILTNER, A.; FRIEDL, A. Lignin from Micro- to Nanosize: ProductionMethods. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 11, p. 1244, 2017.

BELLAVER, C.; COSTA, C.A.F.; MACHADO, H.G.P.; LIMA, G.J.M.M. **Modelo Experimental para Pesquisa e Desenvolvimento de Aditivos Alternativos para Frangos de Corte.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2002.

BIGGS, P.; PARSONS, C.M. The effects of several organic acids on growth, performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chickens. **Poultry Science**, v. 87, p. 2581-2589, 2008.

BLOMBERG, L.; KRIVAN, H.C.; COHEN, P.S.; CONWAY, P.L. Piglet ileal mucus protein and glycolipid (galactosylceramide) receptors specific for *Escherichia coli* K88 fimbria. **Infectar. Immun**., v. 61, p. 2526 – 2531, 1993.

BOARO, M. Morfofisiologia do trato intestinal. In: CONFERENCIA FACTA DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVICOLAS, 27, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: FACTA, 2009.

BOATMAN, M. Survey of antimicrobial usage in animal health in the European Union. **Boatman consulting report for FEDESA**, 1998.

BOROSKY, J.C. **O uso de ácidos orgânicos e suas particularidades na produção animal.** 2012. Disponível em: < https://pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/noticias/uso-acidos-organicos-particularidades-t16664/141-p0.htm> Acesso: 23 de Março de 2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Instrução Normativa n.13, de 30 de Novembro de 2004. **Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal, segundo as boas práticas de fabricação, contendo os procedimentos sobre avaliação de segurança de uso, registro e comercialização, constante dos anexos desta instrução normativa**. Brasília, 2004.

BREBU, M.; TAMMINEN, T.; SPIRIDON, I. Thermal degradation of various lignins by TGMS/FTIR and Py-GC-MS. **Journal of analytical and applied pyrolysis**, v. 104, p. 531-539, 2013.

BRUGALLI, I. Alimentação alternativa: a utilização de fitoterápicos ou nutrocêuticos como moduladores da imunidade e desempenho animal. In SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS. **Anais....** Campinas: CBNA, p. 167-182, 2003.

BUCHON, N.; BRODERICK, N.A.; CHAKRABARTI, S.; LEMAITRE, B. Invasive and indigenous microbiota impact intestinal stem cell activity through multiple pathways in Drosophila. **Genes & Development**, v. 23, p. 2333-2344, 2009.

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

BUTAYE, P., DEVRIESE, L. A.; HAESEBROUCK, F. Antimicrobial Growth Promoters Used in Animal Feed: Effects of LessWell Known Antibiotics on Gram-Positive Bacteria. **Clinical microbiology reviews,** v. 16, n. 2, p. 75–188, 2003.

CAMPBELL, M. M.; SEDEROFF, R. R. Variation in lignin content and composition. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 110, p. 3-13, 1996.

CAMPOS, A.D. Técnicas para Produção de Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola. EMBRAPA - Embrapa Clima Temperado. **Circular Técnica 65**, Pelotas, Dez. 2007.

CANILHA, L.; MILAGRES, A.M.F.; SILVA, S.S.; SILVA, J.B.A.; FELIPE, M.G.A.; ROCHA, G.J.M.; FERRAZ, A.; CARVALHO, W. Sacarificação da biomassa lignocelulósicas através de pré-hidrólise ácida seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia de "desconstrução" da fibra vegetal. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 44, p. 48-54, 2010.

CARDOSO, M. **Analise da Unidade de Recuperação do Licor Negro de Eucalipto no Processo Kraft Avaliando Alternativas de Processamento**. Tese de Doutorado do Departamento de Sistemas Químicos e Informática da Faculdade de Engenharia Química - FEQ da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 1998.

CARDOSO, G.V.; FOELKEL, C.E.B.; FRIZZO, S.M.B.; ROSA, C.A.B.; ASSIS, T.F.; OLIVEIRA, P. Efeito do teor de lignina da madeira de *Eucalyptus globulus* Labill no desempenho da polpação kraft. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 133-147, 2011.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A.M.F. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Quim. Nova**, v.32, n.8, p.2191-2195, 2009.

CASEWELL, M.; FRIIS, C.; MARCO, E.; MCMULLIN, P.; PHILLIPS I. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 52, p. 159–161, 2003.

CASTANON, J.I.R. History of the use of antibiotic as growth promoters in European Poultry Feeds. **Poultry Science**, v.86, p.2466-2471, 2007.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE**). Química verde no Brasil 2010-2030.** Brasília, p. 434, 2010.

CHANDER, Y.; GUPTA, S.C.; GOYAL, S.M.; KUMAR, K. Antibiotics: Has the magic gone? **Journal Science Food Agriculture**, v.87, p.739-742, 2007.

CHEN, Z.; WAN, C. Biological valorization strategies for converting lignin into fuels and chemicals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 610-621, 2017.

CLAYTON, D. W. The chemistry of alcaline pulping. **The pulping of wood**. New York: McGraw Hill, v. 1, cap. 8, p. 347-438, 1969.

COATES, M.E., GUSTAFSSON, B.E. The germ-free animal in biomedical research. London:Laboratory Animals Ltd. In: MACARI, M.; LUNEDO R.; PEDROSO, A.A. **Microbiota intestinal das aves**, 1984.

COLLET, S. Nutrição, imunidade e produtividade. In: Ronda Latino-americana Alltech: O futuro da alimentação, Campinas. **Anais...** Campinas: São Paulo, p. 20-30, 2000.

CORTEZ, A.L.L.; CARVALHO, A.C.F.B.; IKUNO, A.A.; BÜRGER, K.P.;VIDAL-MARTINS, A.M.C. Resistência antimicrobiana de cepas de Salmonella spp. isoladas de abatedouros de aves. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.73, n.2, p.157-163, 2006.

D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel: Tecnologia de fabricação do papel**. 2. ed. São Paulo: SENAI-IPT, v. 2, p. 964, 1988.

DAWSON, K. A.; PIRVULESCU, M. Mananoligossacarídeos derivados de leveduras como moduladores da resposta imunológica e alternativas aos promotores de crescimento antimicrobianos. In: RONDA LATINO-AMERICANA DA ALLTECH. **Anais….** Curitiba, p. 33-41, 1999.

DEL RÍO, J. C.; GUTIÉRREZ, A.; MARTÍNEZ, M.J.; MARTÍNEZ, A.T. Py-GC/MS study of Eucalyptys globulus wood treated with different fungi. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 58-59, p. 441-452, 2001a.

DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. The Digestive System: Challenges and Opportunities. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, n, 1, p.86–93, 2004.

DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. Antibiotic growth promoters in agriculture: History and mode of action. **Poultry Science**, v. 84, p. 634, 2005.

DIONÍZIO, M.A.; BERTECHINI, A.G.; KATO, R.K.; TEIXEIRA, A.S. Prebiótico como promotor de crescimento para frangos de corte – desempenho e rendimento de carcaça. **Ciência Agrotécnica**, n.3, p.1580-1587, 2002.

DUFFEY, S. S; ALDRICH, J. R; BLUM, M. S. Biossíntese de fenol e guaiacol pelo hemipteran *Leptoglossus phyllopus*. **Bioquímica Comparada e Fisiologia B: Bioquímica e Biologia Molecular.** 56 (2B): 101-102, 1977.

EDENS, F.W. An alternative for antibiotic se in poultry: probiotics. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.5, n.2, p.75-97, 2003.

ENGBERG, R.M.; HEDEMANN, M.S.; LESER, T.D.; JENSEN, B.B. Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 9, p. 1311-1319, 2000.

EROSCHENKO, V. **Atlas of histology: with functional correlations**. 11. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p.532, 2008.

FARIA FILHO, D. E.; TORRES, K.A.A.; FARIA, D.E.; CAMPOS, D.M.B.; ROSA, P.S. Probiotics for broiler chickens in Brazil: systematic review and meta-analysis. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 8, p. 89-98, 2006.

FAVARO, J. S. C. **Estudos da polpação kraft, branqueamento e refino de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla**. 178 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2015.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood:** chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin: Walter de Gruyter, 613 p, 1989.

FERREIRA, F. A.B; KUSSUKAWA, K.C.K. Uso de Probiótico na alimentação de frango de corte. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, p.40-43 2008.

FERREIRA, A. J. P.; PIZARRO, L. D. C. R.; LEME, I. L. Probióticos e prebióticos. In: SPINOSA, H. A.; GORNIAK, S. L.; BERNARDI, M. M**. Farmacologia aplicada à medicina veterinária**, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan AS, v. 5, p. 630-639, 2011.

FIGUEIRÊDO, L. S. **Modelagem matemática do estado estacionário de um real sistema de caustificação em uma fábrica de celulose**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2009.

FITZGERALD, D.J.; STRATFORD, M.; GASSON, M.J.; NARBAD, A. Structure-function analysis of the vanillin molecule and its antifungal properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1769-1775, 2005.

FLEMMING, J.S. **Utilização de leveduras, probióticos e mananoligossacarideos (MOS) na alimentação de frangos de corte**. 109 f. Teses (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Paraná, 2005.

FOX, J.G. The mouse in biomedical research. 2nd ed., New York: Academic Press, Amsterdam. In: MACARI, M.; LUNEDO R.; PEDROSO, A.A. **Microbiota intestinal das aves**, 2007.

FRANCO, R.M.; MANTILLA, S.P.S.; GOUVÊA, R.; OLIVEIRA, L.A.T. Resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* isoladas de carne e dejetos suínos. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v.4, n.1, p.31-36, 2010b.

FREITAS, B.C.F., BAIÃO, N.C., NUNES, I.J. Fisiologia digestiva do frango de corte nos primeiros dias de vida: digestão da gordura. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte: FEP MVZ, v. 34, p. 7-13, 2001.

FURLAN, R. L., MACARI, M., LUQUETTI, B. C. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: 5° Simpósio Técnico de Incubação, Matrizes de corte e Nutrição, 2004, Balneário Camboriú. **Anais...** Santa Catarina, p. 6-26, 2004.

FURLAN, R. L. Probióticos e prebióticos no desenvolvimento morfofisiológico do trato gastrointestinal. In: CONFERÊNCIA FACTA 2010 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2010, Santos, **Anais...** Santos: FACTA, p. 229-237, 2010.

GADDE, U.; KIM, W.H.; OH, S.T.; LILLEHOJ, H.S. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. **Animal health research reviews**, v. 18, n. 1, p. 26-45, 2017.

GAGGÌA, F.; MATTARELLI, P.; BIAVATI, B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. **International Journal of Food Microbiology**, Torino, v. 141, p. 15-28, 2010.

GALANO, A.; LEÓN-CARMONA, J. R.; ALVAREZ-IDABOY, J. R. Influence of the environment on the protective effects of guaiacol derivatives against oxidative stress: mechanisms, kinetics, and relative antioxidant activity. **The Journal of Physical Chemistry**, Washington, v. 166, p. 7129-7137, 2012.

GEBBINK, G.A.R.; SUTTON, A.L.; RICHERT, B.T.; PATTERSON, J.A.; NIELSEN, J.; KELLY, D.T.; VERSETEGEN, M.W.A.; WILLIAMS, B.A.; BOSCH, M.; COBB, M.; KENDALL, D.C.; DeCAMP, S.; BOWERS, K. Effects of addition of frutooligosaccharide (FOS) and sugar beet pulp to weanling pig diets on performance, microflora and intestinal health. **Swine Day Rep**., 6p., 1999.

GIBSON G. R., ROBERFROID M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401- 1412, 1995.

GIGUÈRE, S.; PRESCOTT, J.F.; BAGGOT, J.D.; WALKER, R.D.; DOWLING, P.M. **Terapia Antimicrobiana em Medicina Veterinária**. 4 ed, São Paulo: Ed. Roca, 2010.

GILCA, I. A.; POPA, V. I. Study on biocidal properties of some nanoparticles based on epoxy lignin. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 47, n. 3–4, p. 239-245, 2013.

GOULD, I. M.; BAL, A. M. New antibiotic agents in the pipeline and how can help overcome microbial resistance. **Virulence**, v. 4, n. 2, p. 185-191, 2013.

GONZALES, E.; CARVALHO, H. H. DE; CAFÉ, M. B. Uso De antibióticos promotores de crescimento na alimentação e produção animal. **Ufg**, v. 13, p. 48–53, 2012.

GUARNER, F. Enteric flora in health and disease. **Digestion**, v.73, n.1, p.5-12, 2006.

GIBSON, G.R.; PROBERT, H.M.; LOO, J.V.; RASTALL, R.A.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 17, n. 2, p. 259-275, 2004.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J. Study of the volatile composition of an aqueous oak smoke preparation. **Food Chemistry, Oxford**, v. 79, p. 283-292, 2002.

GULLICHSEN, J.; FOGELHOLM, C. J. **Papermarking Science and Technology Book 6: Chemical Pulping**. Fapet Oy, Helsinki, Finland. 2000.

HAFEZ, H. M. Doenças entéricas das aves com atenção especial ao *clostridium perfringens.* In: X Simpósio Brasil Sul de Avicultura e I Brasil Sul Poultry Fair, Chapecó. **Anais...** p. 32-44, 2009.

HASHEMI, S. R.; DAVOODI, H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. **Veterinary Research Communications**, v.35, p.169-180, 2011.

HAYES, D. J.; JENSEN, H.H.; BACKSTROM, L.; FABIOSA, J. Economic impact of a ban on the use of over the counter antibiotics in US swine rations. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 4, p. 81-97, 2001.

HEITNER, C.; DIMMEL, D.; SCHIMIDT, J. A. **Lignin and lignans: advances in chemistry**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2010.

HERNÁNDEZ, J. A. **Lignina Organosolv de Eucalyptus dunnii maiden, alternativa para a síntese de adesivos de poliuretano para madeira**. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Tese de Doutorado. Curitiba. 2007.

HEYNDRICKX, M.; VANDEKERCHOVE, D.; HERMAN, L.; ROLLIER, I.; GRIJSPEERDT, K.; DE ZUTTER, L. Routes for *Salmonella* contamination of poultry meat: epidemiological study from hatchery to slaughterhouse. **Epidemiol. Infect**, v. 129, p. 253–265, 2002.

HINDI SHERIF S. Z. Evaluation of Guaiacol and Syringol Emission upon Wood Pyrolysis for some Fast Growing Species. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, v. 5, p. 470-474, 2011.

HIRAFUJI, M. Inhibition of prostaglandin 12 biosynthesis in rat dental pulp by phenolic dental medicaments. **Japanese Journal of Pharmacology**, Kyoto, v. 36, n. 4, p. 544-546, 1984.

HOOGE, D. M. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, n. 3, v.3, p. 163-174, 2004.

IJI, P.A.; TIVEY, D.R. Natural and synthetic oligosaccharides in broiler chicken diets. **World Poultry Science Journal**, v.54, p.129-143, 1998.

IMMERSEEL, F.V.; CAUWERTS, K.; DEVRIESE, L.A.; HAESEBROUCK, F.; DUCATELLE, R. Feed additives to control salmonella in poultry. **World Poultry Science Journal**, v.58, p.501-513, 2004.

ISHIHARA, N.; CHU, D.C.; AKACHI, S.; JUNEJA, L.R. Preventive effect of partially hydrolyzed guar gum on infection of Salmonella enteritidis in young and laying hens. **Poultry Science**, v.79, n.5, p.689-697, 2000.

ITO, N. M. K.; MIAJI, C.I.; LIMA, A E.; OKABAHASHI, S. Saúde gastrointestinal, manejo e medidas para controlar as enfermidades gastrointestinais. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: FACTA, p. 205-260, 2004.

ITO, N. M. K.; MIYAJI, C. I.; OKABAYASHI, S. M. Saúde intestinal de frangos de corte. **Circular técnico**, 2007.

JEAUROUND, E.; SCHUMANN, B.; CLUNIES, M. Supplementation of diets with herbal extracts enhances growth performance in newly-weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v.20, suppl.1, p.394, 2002.

JEURISSEN, S.H.M.; LEWIS, F.; VAN DER KLIS, J.D.; MROZ, Z.; REBEL, J.M.J.; HUURNE, A.A.H.M. Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry as constituted by immunity, integrity, and functionality. **Current Issues Intestinal Microbiology**, Norfolk, v. 3, p.1–14, 2002.

JUNQUEIRA O. M.; DUARTE K. F. Resultados de pesquisa com aditivos alimentares no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DEZOOTECNIA. **Anais...** Goiânia, p.169-182, 2005.

JURICOVA, H.; VIDENSKA, P.; LUKAC, M.; FALDYNOVA, M.; BABAK, V.; HAVLICKOVA, H.; SISAK, F.; RYCHLIK, I. Influence of *Salmonella enteric* Serovar Enteritidis infection on the development of the cecum microbiota in newly hatched chicks. **Applied and Environmental Microbiology** v. 79, n. 2, 2012.

KAJIKAWA, H.; KUDO, H.; KONDO, T.; JODAI, K.; HONDA, Y.; KUWAHARA, M.; WATANABE, T. Degradation of benzyl ether bonds of lignin by ruminal microbes. **FEMS Microbiol. Lett**, v.187, p. 15–20, 2000.

KUMOR, L.W.; OLKOWSKI, A.A.; GOMIS, S.M.; ALLAN, B.J. Cellulitis in broiler chickens: Epidemiological trends, meat hygiene, and possible human health implications. **Avian Dis**, v. 42, p. 285–291, 1998.

LAN, Y.; VERSTEGEN, M.W.W.; TAMMINGA, S.; WILLIAMS, B.A. The role of the commensal gut microbial community in broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**. Cambridge, vol. 61, n. 01, p. 95-104, 2005.

LANGE, H.; DECINA, S.; CRESTINI, C. Oxidative upgrade of lignin – Recent routes reviewed. **European**, v. 49, n. 6, p. 1151-1173, 2013.

LANGHOUT, P. Alternativas ao uso de quimioterápicos na dieta de aves: a visão da indústria e recentes avanços. In: CONFERENCIA APINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** Santos: Apinco, p.21-33, 2005.

LE DIGABEL, F.; AVÉROUS, L. Effects of lignin content on the properties of lignocellulose-based biocoposite. **Carbohydrate Polymers**, v. 66, n. 4, p. 537- 545, 2006.

LEARY A.M. Popular alternatives to antibiotic feed additives in monogastric production systems. In: Proceedings of the 19th Australian Poultry Science Symposium. **Anais...** Sydney, New South Wales, Australia, p. 145-148, 2007.

LEE, S.J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K.G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v.91, n.1, p.131-137, 2005.

LEVENT OZDUVEN, M.; SAMLI, H.E.; OKUR, A.A.; KOC, F.; AKYUREK, H.; SENKOYLU, N. Effects of mannanoligosaccharide and/or organic acid mixture on performance, blood parameters and intestinal microbiota of broiler chicks. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v. 8, n. 4, p. 595-602, 2009.

LIU, H.; LEPOITTEVIN, B.; RODDIER, C.; GUERINEAU, V.; BECH, L.; HERRY, J.M.; BELLON-FONTAINE, M.N.; ROGER, P. Facile synthesis and promising antibacterial properties of a new guaiacol-based polymer. **Polymer**, Guildford, v. 52, n. 9, p. 1908-1916, 2011.

LOO, A. Y.; JAIN, K. A., DARAH, I. B. Antioxidant and radical scavenging activities of the pyroligneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora apiculate.* **Food Chemistry**, Oxford, v. 104, p. 300-307, 2007.

LOO, A.Y.; JAIN, K.A., DARAH, I.B. Antioxidant activity of compounds isolated from the pyroligneous acid *Rhizophora apiculate*. **Food Chemistry**, Oxford, v. 107, p. 1151–1160, 2008.

LORA, J. H.; GLASSER, W. G. Recent industrial applications of lignin: A sustainable alternative to nonrenewable materials. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 10, n.1-2, p. 39-48, 2002.

LORENÇON, L.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; POZZA, M. S. DOS S.; APPELT, M. D.; SILVA, W. T. M. D. Utilização de promotores de crescimento para frangos de corte em rações fareladas e peletizadas. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, n.2, p. 151-158, 2007.

LOS SANTOS, J. R. G. DE.; GIL-TURNES, C. Probióticos em avicultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p.741-747, 2005.

LU, Q.; ZHU, M.; ZU, Y.; LIU, W.; YANG, L.; ZHANG, Y.; ZHAO, X.; ZHANG, X.; ZHANG, X.; LI, W. Comparative antioxidant activity of nanoscale lignin prepared by a supercritical antisolvent (SAS) process with non-nanoscale lignin. **Food Chemistry**, v. 135, n. 1, p.63–67, 2012.

LUTFUL KABIR, S. M. The Role of Probiotics in the Poultry Industry**. International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 10, n. 8, p. 3531-3546, 2009.

MACARI, M.; MAIORKA, A. Função gastrintestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** Campinas: FACTA, p.161-174, 2000.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. Probióticos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. **Anais...** Campinas: FACTA, v.1, p. 53-71, 2005.

MACARI, M.; LUNEDO R.; PEDROSO, A.A. **Microbiota intestinal das aves**. 2014.

MAICHE, R.; HUBER, C. Desenvolvimento da produção e pesquisa de bioetanol nos Estados Unidos: um enfoque nas rotas bioquímicas. **Revista Thema**, v. 7, n. 2, 2010.

MAIORKA, A.; SANTIN, E.; SUGETA, S.M.; ALMEIDA, J.G.; MACARI, M. Utilização de prebióticos, probióticos ou simbióticos em dietas para frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, p.75-82, 2001.

MAIORKA, A.; BOLELI, I. C.; MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. **Anais...** Campinas: FACTA, cap. 8, p. 113-124, 2002.

MAIORKA, A.; SANTIN, E.; DAHLKE, F.; BOLELI, I.C.; FURLAN, R.L.; MACARI, M. Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, p. 483-492, 2003

MAIORKA, A. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. In: V Simpósio Brasil Sul de Avicultura. **Anais...** Chapecó, p. 26-41, 2004.

MAITAM, M. V. G.; COSTA JR., E. F.; COSTA, A. O. S. Modelagem fenomenológica e em regime estacionário do processo de recuperação Kraft**. Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2393-2402, 2012.

MANACH, C.; MAZUR, A. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. In: Rev. 97 bioavailability studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 230S-242S, 2005.

MANTILLA, S.P.S.; FRANCO, R.M.; OLIVEIRA, L.A.T.; SANTOS, E.B.; GOUVÊA, R. Resistência antimicrobiana de bactérias do gênero *Listeria spp*. isoladas de carne moída bovina. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, Sao Paulo, v. 45, n. 2, p. 116-121, 2008.

MARABEZI, K. **Estudo sistemático das reações envolvidas na determinação dos teores de lignina e holocelulose em amostras de bagaço e palha de cana-de-açúcar.** 142 p. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MARSHMAN, E.; BOOTH, C.; POTTEN, C.S. The intestinal epithelial stem cell. **Bioessays,** Cambridge, v. 24, n. 1, p. 91–98, 2002.

MATHEW, A. G.; SUTTON, A. L.; SCHEIDT, A. B. Effect of galactan on selected microbial populations and pH and volatile fatty in the ileum of the weaning pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 1503-1509, 1993.

MATTAR, A.F.; TEITELBAUM, D.H.; DRONGOWSKI, R.A.; YONGYI, F.; HARMON, C.M.; CORAN, A.G. Probiotics up-regulate MUC-2 mucin gene expression in a caco-2 cell-culture model. **Pediatric Surgery International**, Ann Arbor, v. 18, n. 7, p. 586-590, 2002.

MAZZUCO, H. Nutrição em foco na saúde intestinal das poedeiras. **Revista Avicultura Industrial**, Edição 1230, n. 2, p. 18-27, 2014.

McCARTNEY, E. O banimento de antibióticos promotores de crescimento na UE – implicações globais para a nutrição animal, In: IX Simpósio Brasil Sul de Avicultura, **Anais...** Chapecó, p. 13-33, 2008.

MEDEIROS, P.T.; PADILHA, M.T.S.; PADILHA, J.C.F.; ESPÍNDOLA, F.; MAGGIONI, R. Efeito de promotores de crescimento alternativos no desempenho e no custo de produção de frangos de corte. **Biotemas** (UFSC), v. 22, p. 157-163, 2009.

MELO, J.R.; MEDEIROS, J.F.; MARQUES, R.G.; ANDARADE, A.A. Estudo das características do licor preto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2011.

MENTEN, J.F.M. Aditivos alternativos na nutrição de aves: probióticos e prebióticos. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, **Anais...** Piracicaba, p.141-157, 2001.

MILLY, P. J.; TOLEDO, R. T.; RAMAKRISHNAN, S. Determination of minimum inhibitory concentrations of liquid smoke fractions. **Journal of Food Science**, Malden, v. 70, n. 1, p. 12-17, 2004.

MIMURAI, T.; YAZAKI, K.; SAWAKI, K.; OZAWA, T.; KAWAGUCHI, M. Hidroxyl radical scavenging effects of guaiacol used in traditional dental pulp sedation: reaction kinetic study. **BioMed Research International**, London, v. 26, p. 139-145, 2005.

MIYASAKA, S.; YAZAKI, H.; WARA, T. O.; NAGAI, K; KUBOTA, Y. Derivados de carvão vegetal, extrato pirolenhoso e fino de carvão na agricultura natural. In: APAN (Associação dos Produtores de Agricultura Natural), **Apostila**. São Paulo, 2001.

MOLBAK. K.; SMIDT, P.G.; WEGENER, H.C. Increasing Quinolone Resistance in Salmonella enterica Serotype Enteritidis. **Emerging Infectious Diseases**, v. 8, n. 5, 2002.

MORALES-LÓPEZ, R.; AUCLAIR, E.; GARCÍA, F.; ESTEVE-GARCIA, E.; BRUFAU, J. Use of yeast cell walls; β-1,3/β-1,6 glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets. **Poultry Science**, v.88, p.601-607, 2009.

MURAROLLI, V. D.A. **Efeito da prebiótico, probiótico e simbiótico sobre o desempenho, morfologia intestinal e imunidade de frangos de corte**. 101 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga-2008.

MURATE, L.S.; PAIÃO, F.G.; DRAPE, T.C.; BRACARENSE, A.P.F.R.L.; BERCHIERI JUNIOR, A.; SHIMOKOMAKI, M. Efeito de probiótico, prebiótico e simbiótico na morfologia intestinal de frangos desafiados com *Salmonella Enteritidis*. In: Conferência FACTA, **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de ciência e tecnologia avícolas, 2013.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v.1054, p.95-111, 2004.

NANDI, S.; MAURER, J.J.; HOFACRE, C.; SUMMERS, A.O. Gram-positive bacteria are a major reservoir of Class 1 antibiotic resistance integrons in poultry litter. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A**, v. 101, p. 7118–7122, 2004.

NASCIMENTO, R. A. A. **Caracterização da lignina de bagaço de cana pré-tratado por explosão a vapor: identificação dos compostos de degradação e reações envolvidas**. 130 p.

Tese (Doutorado em Conversão de Biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2007.

NELSON, J.L.; ALEXANDER, J.W.; GIANOTTI, L.; CHALK, C.L.; PYLES, T. Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury in mice. **Nutrition**, v.10, p. 32–36, 1994.

NIEWOLD, T. A. The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p. 605-609, 2007.

NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. 2 ed. Belo Horizonte: Manole, p. 51-72, 1998.

O'HARA, A.M.; SHANAHAN, F. The gut flora as a forgotten organ. **European Molecular Biology Organization**, v. 7, p. 688-693, 2006.

OH-HARA, T.; SAKAGAMI, H.; KAWAZOE, Y.; MOMOI, T.; KAIYA, T.; KOHDA, K.; KOMATSU, N.; OHSAWA, N.; FUJIMAKI, M.; KONNO, K. Lignified materials as potential medicinal resources. II. Prevention of pathogenic bacterial infections in mice. **In Vivo**, Athens, v. 4, p. 221-223, 1990.

OUWEHAND, A.C.; TIIHONEN, K.; KETTUNEN, H.; PEURANEN, S.; SHULZE, H.; RAUTONEN, N. In vitro effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota. **Vet Med**., v. 55, n. 2, p. 71-78, 2010.

OVIEDO-RONDÓN, E.O. Molecular methods to evaluate effects of feed additives and nutrients in poultry gut microflora. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 209- 225, 2009.

OYOFO, B.A.; DROLESKEY, R.E.; NORMAN, J.O.; MOLLENHAUER, H.H.; ZIPRIN, R.L.; CORRIER, D.E.; DELOACH, J.R. Inhibition by mannose of in vitro colonization of chicken small intestine by *Salmonella typhimurium*. **Poultry Science**, v. 68, p. 1351-1356, 1989.

PALERMO-NETO, J. O problema do uso inadequado de antibióticos na produção de suínos**.** **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 35, p. 199-208, 2007.

PARK, C.K.; KIM, K.; JUNG, S.J.; KIM, M.J.; AHN, D.K.; HONG, S.D.; KIM, J.S.; OH, S.B. Molecular mechanism for local anesthetic action of eugenol in the rat trigeminal system. **Pain**, Amsterdam, v. 144, p. 84-94, 2009.

PATTERSON, J.A.; BURKHOLDER, K.M. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. **Poultry Science**, v.82, n.4, p.627-631, 2003.

PEIRANO, G.; AGERSØ, Y.; AARESTRUP, F.M.; DOS REIS, E.M.; DOS PRAZERES RODRIGUES, D. Occurrence of integrons and antimicrobial resistance genes among *Salmonella* enterica from Brazil. **The Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 58, n. 2, p. 305-309, 2006.

PELICANO, E.R.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; OBA, A.; NORKUS, E.A.; KODAWARA, L.M.; LIMA, T.M.A. Morfometria e ultra-estrutura da mucosa intestinal de

frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes probióticos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98, n.547, p.125-134, 2003.

PEREIRA Jr. N., COUTO, M. A. P. G., SANTA ANNA, L. M. M. **Biomass of legnocellulosic composition for fuel ethanol production and the context of biorefinery**. Rio de Janeiro: UFRJ, Ed. Amiga Digital, 45 p, 2008 (Series on Biotechnology, 2).

PHILLIP, L. E., E. S. IDZIAK, AND S. KUBOW. The potential use of lignin in animal nutrition, and in modifying microbial ecology of the gut. In: **Conf. Anim. Nutr**. **Assoc. of Canada, Montreal,** Quebec, Canada, p. 1-9, 2000.

PIMENTA, A.S.; BAYONA, J.M.; GARCÍA, M.T.; SOLANAS, A.M. Evaluation of acute toxicity and genotoxicity of liquid products from pyrolysis of Eucalyptus grandis wood. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology,** New York, v. 38, p. 169-175, 2000.

POPPE, C. Epidemiology of *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis. In: SAEED, A.M.; GAST, R.K.; POTTER, M.E.; WALL, P.G. ***Salmonella enterica* Serovar Enteritidis in humans and animals: epidemiology, pathogenesis and control**. Iowa State University Press, p. 3-18, 1999.

POTRICH, L. B**. Modelagem da queima do carbono na caldeira de recuperação 2 da Klabin Monte Alegre por rede neural artificial**. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.

PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; NOHYNEK, L.; MEIER, C.; KÄHKÖNEN, M.; HEINONEN, M.; HOPIA, A.; OKSMAN-CALDENTEY, K.M. Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. **Journal of Applied Microbiology**, v. 90, p. 494-507, 2001.

PYE, K. The production of non-wood papermaking fibres by the Alcell process. In: Proc. **PIRA Conf. PIRA International**, Peterborough, UK, pp. 1-17, 1996.

QIAN, Y.; ZHONG, X.; QIU, X.; LI, Y. Fabrication of uniform lignin colloidal spheres for developing natural broad-spectrum sunscreens with high sun protection factor. **Industrial crops and products**, v. 101, p. 54-60, 2017.

RIBEIRO, V. B.; LINCOPAN, N.; LANDGRAF, M.; FRANCO, B. D.G.M.; DESTRO, M.T. Characterization of class 1 integrons and antibiotic resistance genes in multidrug resistant *Salmonella enterica* isolates from foodstuff and related sources. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 42, 2011.

RICKE, S. C.; VAN DER AAR, P. J.; FAHEY JR, G. C.; BERGER, L. L. Influence of dietary fibres on performance and fermentation characteristics of gut contents from growing chicks. **Poultry Science**, v. 61, p. 1335–1343, 1982.

RISTOW, L. R.; PEREZ Jr, A. A.; AGUIAR, P. H. P. Avaliação da resistência de cepas bacterianas isoladas de aves frente a antimicrobianos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Anais do Prêmio Lamas, Campinas-SP, 2010.

RODRIGUES, J.; GRAC, J.; PEREIRA, H. Influence of tree eccentric growth on syringyl:guaiacyl ratio in Eucalyptus globulus wood lignin assessed by analytical pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 58-59, p. 481-489, 2001.

RODRIGUES, J. **Siringol – molécula da semana**. 2014. Disponível em: <http://www.fciencias.com/2014/12/25/siringol-molecula-da-semana/> Acesso em: 05 de Maio de 2020.

ROLFE, R.D. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. **J. Nutr**, v. 130, p. 396S–402S, 2000.

ROSTAGNO, M. H. 2011. Impacto da restrição de antimicrobianos na indústria avícola. **Artigos Técnicos.** Disponível em: http://pt.engormix.com/MA avicultura/saude/artigos/impacto-restricaoantimicrobianos-industria-t454/165-p0.htm. Acesso em: 13 de maio de 2020.

ROSTAGNO, M. 2012. Uso de antibióticos na avicultura. **Avicultura Industrial**. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticias/antimicrobianos-em-aves/20100329111520_J_005->. Acesso em: 23 de Março de 2020.

ROWELL, R.M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2005. 487p.

SAKAGAMI, H.; KAWAZOE, Y.; KOMATSU, N.; SIMPSON, A.; NONOYAMA, M.; KONNO, K.; YOSHIDA, T.; KUROIWA, Y.; TANUMA, S. Antitumor, antiviral and immune potentiating activities of pine cone extracts: potential medicinal efficacy of natural and synthetic lignin-related materials (review). **Anticancer Res**, v. 11, p. 881–888, 1991.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; MORAIS, S.A.L.; PILÓ-VELOSO, D. Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, v. 31, n. 5, p. 917-928, 2001.

SALYERS, A.A. Agricultural use of antibiotics and antibioticresistance in human pathogens: is there a link? In: ALLTECH.SANNUAL SYMPOSIUM. **Proceedings...** Nottingham: Alltech, p.155-171, 1999.

SANGSRICHAN, R.M.S. Evaluation of antioxidation and radical scavenging Activities in pyroligneous acid samples. **Pure and Applied Chemistry International Conference.** PACCON. Phitsanulok, p.51-53, 2009.

SANTANA, E.S.; MENDES, F.R.; BARNABÉ, A.C.S.; OLIVEIRA, F.H.; ANDRADE, M.A. Uso de antibióticos e quimioterápicos na avicultura. **Centro Científico Conhecer**, 2011.

SANTIN, E.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F.; GRECCO, M.; SANCHEZ, J.C.; MACARI, M. Efeito de diferentes níveis de parede celular *Saccharomyces cerevisiae* no desempenho e mucosa intestinal de frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícol**a, Campinas, suplemento 2, p.37, 2000.

SANTOS, E.C; TEIXEIRA, A. S; DIAS, E. S. Efeitos dos aditivos beneficiadores de crescimento sobre o desempenho de frangos de corte. 39ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Anais...** Recife, 2002, Nutrição de não ruminantes, SBZ 590, 2002.

SARKANEN, K.V; HERGERT, H.L**. Lignins: occurrence, formation, struture and reaction.** New York: Wiley, 1971. 916p.

SCAPINELLO, C.; FARIA, H.G.; FURLAN, A.C.; MICHELAN, A.C. Efeito da utilização de oligossacarídeo manose e acidificantes sobre o desempenho de coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1272-1277, 2001.

SCHINTZIER, S.A.; PUTZ, F.E.; BONGERS, F.J.J.M.; KROENING, K. The past present and potential future of liana ecology. In: SA Schnitzer, F Bongers, RJ Burnham, FE Putz, eds. **Ecology of lianas.** Oxford, UK: Wiley-Blackwell Publishing, p. 3– 10, 2015.

SCHWARZ, S.; KEHRENBERG, C.; WALSH, T. R. Use of antimicrobial agent in veterinary medicine and food animal production. **International Journal of Antimicrobial Agents,** Amsterdam, v. 17, n. 6, p. 431- 437, 2001.

SHAFIZADEH, F. The Chemistry of Pyrolysis and Combustion. **The Chemistry of Solid Wood,** Chapter 13, p. 489-529, 1984.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Food Phenolics - Sources, Chemistry, **Effect, Applications**. Pennsylvania: Technomic, p. 321, 1995.

SHAHZADI, T.; MEHMOOD, S.; IRSHAD, M.; ANWAR, Z.; AFROZ, A.; ZEESHAN, N.; RASHID, U.; SUGHRA, K. Advances in lignocellulosic biotechnology: A brief review on lignocellulosic biomass and cellulases. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v.5, n.3, p.246-251, 2014.

SILVA, E. N. & ANDREATTI FILHO, R. L. Probióticos e prebióticos na avicultura. IN: **II Simpósio de Sanidade Avícola.** Santa Maria, 2000.

SILVA, E. N. Antibióticos Intestinais Naturais: Bacteriocinas. In: Simpósio sobre aditivos alternativos na nutrição animal. **Anais...** Campinas: UNICAMP, p. 16-26, 2000.

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

SILVA, C. R. **Uso de probióticos em rações de frangos de corte: Desempenho, digestibilidade e energia metabolizável**. 64f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa. MG, 2008.

SILVA, W.L.; RIBEIRO, J.C.T.; COSTA JR, E.F.; COSTA, A.O.S. Reduction efficiency prediction of Cenibra's recovery boiler by direct minimization of gibbs free energy. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2008.

SILVA, M.A.; PESSOTTI, B.M.S.; ZANINI, S.F.; COLNAGO, G.L.; NUNES, L.C.; RODRIGUES, M.R.A.; FERREIRA, L. Óleo de aroeira-vermelha sobre o desempenho e a morfometria intestinal de frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2151-2156, 2010.

SILVA, G. M. **Pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com amônia aquosa para a produção de etanol.** 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SIMS, M.D.; DAWSON, K.A.; NEWMAN, K.E.; SPRING, P.; HOOGELL, D.M. Effects of Dietary Mannan Oligosaccharide, Bacitracin Methylene Disalicylate, or Both on the Live Performance and Intestinal Microbiology of Turkeys**. Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1148-1154, 2004.

SIXTA, H. **Handbook of Pulp**. 1. ed., Weinheim: Wiley-VCH Verlag, p. 1316, 2006.

SJOHOLM, E. **Characterisation of Kraft pulps by size-exclusion chromatography and Kraft lignin samples by capillary zone electrophoresis**. 82 p. Thesis (Chemical Engineering PhD) - Royal Institute of Technology, Stockholm, 1999.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications**. 2. ed. San Diego: Elsevier, p. 289, 1993.

SMITH, K.; McCOY, K.D.; MACPHERSON, A.J. Use of axenic animals in studying the adaptation of mammals to their commensal intestinal microbiota. **Seminars in Immunology**, v.19, p. 59-69, 2007.

SMOOK, G. A. **Handbook for pulp & paper technologists**. 6.ed. Atlanta: TAPPI Press, p. 396, 1989.

SODERHJELM, L. Factors Affecting the Viscosity of Strong Black Liquor. **Appita Journal**, v. 41, n. 5, p. 389 392, 1988.

SONG, J.; XIAO, K.; KE, Y.L.; JIAO, L.F.; HU, C.H.; DIAO, Q.Y.; SHI, B.; ZOU, X.T. Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. **Poultry Science**, v. 93, p. 581-588, 2014.

SOUTO, F.; CALADO, V.; PEREIRA JR, N. Fibras de carbono a partir de lignina: uma revisão da literatura. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 100-114, 2015.

SOUZA, J.D.S.; FERREIRA, W.M.; FONTES, D.O.; AICHINGER, A.; MACHADO, L.C. Programa de Nutrição e Alimentação de Avestruzes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n.6, p. 368-373, 2006.

SOUZA-SILVA A.; ZANETTI, R.; CARVALHO, G.A.; MEDONÇA, L.A. Qualidade de mudas de eucalipto tratadas com extrato pirolenhoso. **Cerne**, v. 12, p. 19-26, 2006.

SPINOSA, H. S. Antibióticos: Aminoglicosídeos, Polimixinas, Bacitracina e Vancomicina. In: SPINOSA, H. S et al. **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 473-476, 2006.

SPRING, P.; WENK, C.; DAWSON, A.; NEWMAN, K.E. Effect of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of *Salmonella* challenged broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v.79, n.2, p.205-211, 2000.

SULAKVELIDZE, A.; ALAVIDZE, Z.; MORRIS, J.G. JR.. MINI REVIEW: Bacteriophage Therapy. **Antimicrobial agents and chemotherapy,** v. 45, n. 3, p. 49–659, 2001.

TEIRLYNCK, E.; GUSSEM, M.; DEWULF, J.; HAESEBROUCK, F.; DYCATELLE, R.; VAN IMMERSEEL, F. Morphometric evaluation of "dysbacteriosis" in broilers. **Avian Pathol**, v. 40, p. 139-144, 2011.

TEJADO, A.; LABIDI, C.C.J.; ECHEVERRIA, J.M.; MONDRAGON, I. Physico-chemical characterization of lignins from differente sources for use in phenol-formaldehyde resin synthesis. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 1655-1663, 2007.

THRELFALL, E. J. Antimicrobial drug resistance in *Salmonella*: problems and perspectives in food and water-borne infections. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 26, n. 2, 2002.

TOLEDO, G.S.P., COSTA, P.T.C.; SILVA, L.P.; PINTO, D.; FERREIRA, P.; POLETTO, C.J. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo antibiótico e/ou fitoterápico como promotores, adicionados isoladamente ou associados. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 37, n. 6, p 1760-1764, 2007.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. Doenças microbianas do Sistema Digestório. In: TORTORA, G. et al. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 705-742, 2012.

TORTUERO, F. Influence of the implantation of *Lactobacillus acidophilus* in chicks on the growth, feed conversion, malabsorption of fats sindrome and intestinal flora. **Poultry Science**, Madrid, v.52, p.197-203, 1973.

UPTON, B M.; KASKO, A. M. Strategies for the conversion of lignin to high-value polymeric materials: review and perspective. **Chemical reviews**, v. 116, n. 4, p. 2275-2306, 2015.

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

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**, second ed. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 1994.

VENTOLA, C. L. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. **Pharmacy and Therapeutics**, v. 40, n. 4, p. 277, 2015.

VISHTAL, A., KRASLAWSKI, A. Challenges in industrial in industrial applications of technical lignins. **Bioresource**, v. 6, n. 3, pp. 3547-3568, 2011.

XU, Z.R.; HU, C.H.; XIA, M.S.; ZHAN, X.U.; WANG, M.Q. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. **Poultry Science**, v.82, p.1030-1036, 2003.

WANG, Z.; LIN, W.; SONG, W.; YAO, J. Preliminary investigation on concentrating of acetol from wood vinegar. **Energy Conversion and Management**, Belton, v. 51, n. 2, p. 346–349, 2010.

WANG, Y.; McALLISTER, T. A.; LORA, J. Effects of purified lignin on in vitro rumen metabolism and growth performance of feedlot cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 30, n. 3, p. 392-399, 2017.

WEGENER, H.C. Banning antimicrobial growth promoters in Europe: Where does it make a difference? In.: 42nd Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy, **Anais…** Washington: American Society for Microbiology, 2002.

WITITSIRI, S. Production of wood vinegars from coconut shells and additional materials for control of termite workers, *Odontotermes sp*. and striped mealy bugs, Ferrisia virgate. **Journal of Science and Technology**, Kumasi, v. 33, p. 349-354, 2011.

WITTIG, B.M.; ZEITZ, M. The gut as an organ of immunology. **Int J Colorectal Dis**, v.18, n.3, p.181-187, 2003.

WHO – WORD HEALTH ORGANIZATION. The medical impact of antimicrobial use in farm animals. WHO/EMC/ZOO/97.4, **Report of a WHO Meeting,** Berlim, Germany, 13-14 October, p.1-24, 1997.

WU, Q.; ZHANG, S.; HOU, B.; ZHENG, H.; DENG, W.; LIU, D.; TANG, W. Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process. **Bioresource Technology**, v. 179, p. 98-103, 2015.

YANG, Y.; IJI, P.A.; KOCHER, A.; MIKKELSEN, L.L.; CHOCT, M. Effects of mannanoligosaccharide on growth performance, the development of gut microflora, and gut function of broiler chickens raised on new litter. **Journal Applied Poultry Research**, v.16, p.280-288, 2007.

YANG, J.F.; YANG, C.H.; LIANG, M.T.; GAO, Z.J.; WU, Y.W.; CHUANG, L.Y. Chemical Composition, Antioxidant, and Antibacterial Activity of Wood Vinegar from Litchi chinensis. **Molecules**, v. 21, n. 9, p.1-10, 2016.

YOUN, S. K.; LEE, S.J., YOON, S.D., PARK, S.Y., KIM, H.K.; JUN, B.S. Effect of quality improvement and the preservation on soybean sauce and paste by adding pyroligneous liquor treated with supercritical carbon dioxide. Kor. J. **Biotechnol. Bioeng**. v. 18, p. 117- 121, 2003.

YU, B.; TSAI, C.C.; HSU, J.C.; CHIOU, P.W. Effect of different sources of dietary fibre on growth performance, intestinal morphology and caecal carbohydrases of domestic geese. **Br. Poult. Sci**, v. 39, p. 560–567, 1998.

ZEKARIAS B.; ZURWIEDEN, N.S.; POST, JACOB.; BALK, F.; REENEN, C.V.; GRUYS, E.; REBEL, J.M.J. The pathogenesis of and susceptibility to malabsorption syndrome in broilers is associated with heterophil influx into the intestinal mucosa and epithelial apoptosis. **Avian Pathol**, v. 34, p. 402-407, 2005.

ZOCCO, M. A., AINORA, M. E., GASBARRINI, G., GASBARRINI, A. *Bacteroides thetaiotaomicron* in the gut: molecular aspects. **Digestive and Liver Disease**. Roma, v. 39, n. 8, p. 707-712, 2007.

4. HIPÓTESES

Com base na literatura apresentada, os experimentos foram realizados com as seguintes hipóteses:

4.1 A inclusão de lignina Kraft melhora o desempenho produtivo de frangos de corte;

4.2 A inclusão de lignina Kraft altera a digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta;

4.3 A inclusão de lignina Kraft modifica os parâmetros sanguíneos;

4.4 A inclusão de lignina Kraft proporciona ação benéfica na microbiota intestinal;

4.5 A inclusão de lignina Kraft promove melhoria nas características de carcaça e de qualidade de carne;

5. OBJETIVOS

Com base nas hipóteses estabelecidas, o presente estudo objetivou:

5.1 Verificar se os diferentes níveis de lignina na dieta de frangos de corte melhoram os índices produtivos em comparação ao tratamento com antimicrobiano;

5.2 Averiguar se os diferentes níveis de lignina na dieta de frangos de corte aumentam a digestibilidade dos nutrientes em comparação ao tratamento com antimicrobiano;

5.3. Avaliar se os diferentes níveis de lignina na dieta de frangos de corte modificam os parâmetros sanguíneos (HDL, LDL, HLDL e triglicerídeos) em comparação ao tratamento com antimicrobiano;

5.4 Determinar se os diferentes níveis de lignina na dieta de frangos de corte possuem ação benéfica sobre o desenvolvimento e estrutura da microbiota intestinal em comparação ao tratamento com antimicrobiano;

5.5 Avaliar se os diferentes níveis de lignina na dieta de frangos de corte promovem melhorias nas características de carcaça e qualidade de carne em comparação com o tratamento com antimicrobiano;

CAPÍTULO 1.

AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM LIGNINA NA DIETA

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de lignina Kraft na dieta de frangos de corte sobre o desempenho e digestibilidade ileal de nutrientes. Foram utilizados 490 pintos de corte, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em cinco tratamentos com 14 repetições de sete aves. Os tratamentos consistiram em: **CP**: controle positivo (dieta basal + antimicrobiano); **CN:** controle negativo (dieta basal); **CN1:** CN + 1% de lignina; **CN2**: CN + 2% de lignina; **CN3:** CN + 3% de lignina. Os dados de desempenho produtivo foram avaliados no final do período experimental, sendo que todas as aves foram abatidas para a análise de digestibilidade ileal. Os dados foram analisados pelo SAS e quando constatada diferença significativa ($P<0.05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, as médias comparadas ao controle positivo pelo teste de Dunnet e os níveis avaliados por meio de equações polinomiais. Não houve diferenças significativas para o consumo médio de ração ($P>0.05$). O peso médio, ganho de peso médio e conversão alimentar das aves alimentadas com a inclusão de 1% de lignina na dieta foram semelhantes, assim como, foi superior no comparativo entre os níveis de lignina testados, apresentando respostas polinomiais cúbicas. Na análise de digestibilidade ileal aparente, as aves alimentadas com a dieta contendo 1% de lignina apresentaram efeito significativo ($P<0.05$) para todas as variáveis analisadas. Na comparação com a dieta controle positivo foi observado que a inclusão de 1% de lignina na deita das aves apresentaram melhores resultados de digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo, proteína bruta e aminoácidos, assim como, foi superior no comparativo entre os níveis de lignina testados, apresentando respostas polinomiais cúbicas. Conclui-se, que a inclusão de 1% de lignina na dieta de frangos de corte proporciona efeitos benéficos sobre o desempenho produtivo e digestibilidade dos nutrientes, podendo ser considerada uma alternativa aos antimicrobianos melhoradores de desempenho.

Palavras-chaves: antimicrobianos, digestibilidade ileal, lignoceluloses, prebióticos, processo Kraft.

ABSTRACT

The study was conducted with the objective of evaluating the effects of the inclusion of Kraft lignin in the diet of broilers on performance and ileal nutrient digestibility. A total of 490 broiler chicks were used, distributed in a completely randomized design, in five treatments with 14 replications with seven birds. The treatments consisted of: **CP:** positive control (basal antimicrobial); **NC**: negative control (basal diet); **CN1:** CN + 1% lignin; **CN2:** CN + 2% lignin; **CN3:** CN + 3% lignin. Productive performance data were evaluated and at the end of the experimental period all birds were slaughtered for ileal digestibility analysis. Data were analyzed by SAS and when significant difference ($P<0.05$) was found, means were compared by Tukey's test, means compared to positive control by Dunnet's test and levels evaluated by polynomial equations. There were no significant differences for mean feed intake ($P>0.05$). The average weight, average weight gain and feed conversion of broilers fed with the inclusion of 1% lignin in the diet were similar, as well as superior in the comparison between the levels of lignin tested, showing cubic polynomial responses. In the analysis of apparent ileal digestibility, broilers fed a diet containing 1% lignin had a significant effect ($P<0.05$) for all variables analyzed. In comparison with the positive control diet, it was observed that the inclusion of 1% of lignin in the diet of the birds showed better results of apparent ileal digestibility of the ether extract, crude protein and amino acids, as well as it was superior in the comparison between the levels of lignin tested, showing cubic polynomial responses. It is concluded that the inclusion of 1% lignin in the diet of broilers provides beneficial effects on productive performance and nutrient digestibility and can be considered an alternative to performance-enhancing antimicrobials.

Keywords: antimicrobials, ileal digestibility, kraft process, lignocelluloses, prebiotics.

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo os antimicrobianos como melhoradores de desempenho são utilizados na produção animal com o intuito de controlar agentes microbianos nocivos ao processo digestivo, e assim, favorecer o aproveitamento dos nutrientes provenientes da dieta (JORDÃO FILHO et al., 2017), além de serem responsáveis por proporcionar grandes benefícios na produção de frangos de corte, expressos principalmente em uma maior taxa de crescimento e eficiência alimentar, diminuição nos índices de mortalidade e aumento na produtividade (ALBUQUERQUE, 2005; LORENÇON et al., 2007; SILVA, 2008; ROSTAGNO, 2012).

Alguns estudos sugerem que existem dois mecanismos de ação dos antimicrobianos melhoradores de desempenho, sendo eles: um efeito metabólico e um efeito nutricional. O efeito metabólico está relacionado com a ação nas células do epitélio intestinal dos animais, interferindo na absorção dos nutrientes, e o efeito nutricional está relacionado na maior disponibilidade de vitaminas e aminoácidos sintetizados a partir das bactérias benéficas (BELLAVER, 2000).

Embora se tenha tantas respostas positivas quanto ao seu uso, questionamentos foram feitos com relação a sua utilização devido ao desenvolvimento de microrganismos multirresistentes e pela exigência de produtos livres de resíduos pelo mercado consumidor (SILVA et al., 2003; RAMOS et al., 2011). Desta forma, muitas pesquisas vêm sendo realizadas a fim de encontrar fontes substitutas que além de garantir segurança dos alimentos, também possa otimizar a utilização dos nutrientes nas dietas e proporcionar melhores índices de produtividade e eficiência alimentar (ARAUJO et al., 2007).

Podemos destacar produtos que são considerados alternativos, que vêm sendo desenvolvidas como prebióticos, obtidos a partir de materiais lignocelulósicos como os frutoligossacarídeos (FOS), os mananoligossacarídeos (MOS) e os xiloligossacarídeos (XOS) que podem ser obtidos a partir da hemicelulose oriunda de diferentes fontes de biomassa e resíduos agroindustriais (OTIENO e AHRING, 2012; BORSATTI et al., 2016).

A principal ação dos prebióticos é estimular seletivamente o crescimento e/ou a atividade de um limitado grupo de bactérias benéficas no intestino (GIBSON e ROBERFROID, 1995), resultando na melhora nas condições luminais, aumentando seu valor osmótico (IMMERSEEL et al., 2004), nas características anatômicas do trato gastrointestinal, promovendo o aumento da superfície de absorção da mucosa intestinal e ação no sistema imunológico e, em alguns casos, pela melhora no desempenho produtivo (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

A lignina é um dos vários compostos naturais que têm recebido interesse e consideração científica como aditivo natural, pela sua possível ação prebiótica (BAURHOO, RUIZ-FERIA, ZHAO, 2009). É composta por um grupo de polímeros fenólicos, obtida a partir de resíduos da indústria de papel e celulose (TEJADO et al., 2007), sendo a segunda substância macromolecular mais abundante e componente principal da parede celular das plantas (ANWAR et al., 2014; SHAHZADI et al., 2014). É responsável pelo transporte de água, nutrientes e metabólitos, na resistência mecânica e proteção dos tecidos contra o ataque de patógenos e/ou pragas (CAMPBELL e SEDEROFF, 1996).

Vários estudos *in vitro* e *in vivo* demonstraram propriedades antimicrobianas dos fragmentos fenólicos na lignina, entretanto, existem diferentes tratamentos químicos durante os processos de polpação de madeira que produzem diversos tipos de lignina (Alcell, purificada ou Kraft), na qual exercem diferentes respostas (BAURHOO; PHILLIP; RUIZ-FERIA, 2007), principalmente as ligadas na estrutura morfológica do intestino (NELSON et al., 1994; PHILLIP et al., 2000; BAURHOO et al., 2007a; BAURHOO et al., 2007b).

Em contrapartida, a lignina proveniente do processo Kraft é a menos estudada entre as diferentes espécies, sendo que quase não existem estudos publicados referente aos seus efeitos na inclusão na dieta de frangos de corte, assim como, sua possível ação prebiótica e sua dinâmica no trato gastrointestinal. Por essa razão, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito da suplementação de lignina (Kraft) sobre o desempenho e digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Aves do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo, *campus* Fernando Costa, Pirassununga, SP, entre junho a julho de 2021. Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (CEUA/FZEA, protocolo nº 2244051120).

2.2 Animais, Instalação e Manejo

Foram alojados 490 pintos de corte machos da linhagem Cobb 500, em gaiolas metabólicas de alumínio inoxidável com dimensões de 34 cm de largura x 1 m de comprimento x 24 cm de altura, equipadas com escamoteador para aquecimento dos animais, bebedouro tipo *nipple* (taça) e comedouro tipo calha frontal externo, providos de água e ração *ad libitum* (Figura 3).

Figura 3. Gaiolas metabólicas

Fonte: Própria autoria

Foram registrados diariamente os parâmetros de temperatura e umidade relativa do interior do galpão através de um termo-higrômetro (Tabela 1), assim como as eventuais mortalidades. O programa de luz bem como as práticas de manejo adotados foram preconizados de acordo com o manual da linhagem (COBB, 2019).

Tabela 1. Médias semanais de temperatura e umidade relativa no galpão experimental no período de 1 a 21 dias

	Temperatura, °C		Umidade, %	
Semanas	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1°	30.9	25.2	69.9	65.7
2°	31.3	24.3	70.9	65.4
3°	29.4	22.0	78.2	72.1

2.3 Dietas Experimentais

No primeiro dia do experimento, as aves foram selecionadas de acordo com o peso corporal e, posteriormente a uniformização, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em cinco tratamentos com 14 repetições de sete aves, totalizando 70 parcelas experimentais (Figura 4). Os tratamentos consistiram em: **CP**: controle positivo (dieta basal + antimicrobiano); **CN:** controle negativo (dieta basal); **CN1:** CN + 1% de lignina; **CN2**: CN + 2% de lignina; **CN3:** CN + 3% de lignina.

Figura 4. Seleção e uniformização das aves

Fonte: Própria autoria

As dietas experimentais foram isocalóricas e isonutritivas, formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2017) para atender as exigências nutricionais dos frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade (Tabela 2).

Tabela 2. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade

	Tratamentos				
Ingredientes (%)	CP*	CN	CN1	CN2	CN3
Milho	49.610	49.610	49.610	49.610	49.610
Farelo de soja	37.950	37.950	37.950	37.950	37.950
Óleo Degomado	5.120	5.120	5.120	5.120	5.120
Fosfato Bicálcico	1.870	1.870	1.870	1.870	1.870
Calcário Calcítico	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940
Sal Comum	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
Metionina	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Lisina	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
Treonina	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Suplemento Vitamínico[1]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Suplemento Mineral[2]	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Inerte[3]	3.000	3.000	2.000	1.000	0.000
Lignina[4]	0.000	0.000	1.000	2.000	3.000
Antimicrobiano[5]	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	Níveis Nutricionais Calculados				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3 050	3 050	3 050	3 050	3 050
Proteína Bruta (%)	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200
Cálcio (%)	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959
Fósforo Disponível (%)	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460
Lisina (%)	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
Aminoácidos sulfurados (%)	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980
Treonina (%)	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872
Valina (%)	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
Fibra Bruta (%)	3.210	3.210	3.210	3.210	3.210

[1]Suplemento vitamínico para frangos de corte. Níveis de garantia (1 kg/ton): Ácido Fólico (min) 700 mg/kg, Ácido Pantotênico (min) 8.000 mg/kg, Biotina (min) 60 mg/kg, Niacina (min) 30 g/kg, Selênio (min) 400 mg/kg, Vitamina A (min) 8 000 000 .00 UI/kg, Vitamina B1 (min) 3.000 mg/kg, Vitamina B12 10.000 mcg/kg, Vitamina B2 (min) 4.000 mg/kg, Vitamina B6 (min) 2.000 mg/kg, Vitamina D3 (min) 2.000.000 UI/kg, Vitamina E (min) 15.000 UI/kg, Vitamina K3 (min) 2.000 mg/kg. [2]Suplemento mineral para frangos de corte. Níveis de garantia (0.5 kg/ton): Zinco (min) 126 g/kg, Cobre (min) 126 g/kg, Iodo (min) 2520 mg/kg, Fero (min) 105 g/kg, Manganês (min) 126 g/kg. [3]Areia lavada. [4]94.60% de lignina, compostos fenólicos: 1.16% de guaiacol e 1.82% de siringol, e o restante da composição corresponde a cerca de 3% de cinzas e carboidratos (xilose e glicose). [5]Antimicrobiano melhorador de desempenho (bacitracina de zinco) somente utilizada na dieta controle positivo.

A lignina utilizada neste estudo foi extraída da madeira de *Eucalyptus urograndis*, resultante do processo Kraft de produção de celulose. O produto é composto por 94.60% de lignina, compostos fenólicos: 1.16% de guaiacol e 1.82% de siringol, e o restante da composição corresponde a cerca de 3% de cinzas e carboidratos (xilose e glicose).

2.4 Desempenho Produtivo

Os dados de desempenho produtivo foram obtidos aos 21 dias de idade, sendo: peso médio das aves (determinado a partir da pesagem de todos os animais e posteriormente o resultado dividido pelo número de animais pesados por gaiola), ganho de peso médio (obtido pela diferença entre o peso inicial e ao final do experimento), consumo médio de ração (diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e as sobras resultantes ao fim do experimento) e conversão alimentar (determinada a partir da divisão entre o consumo de ração e o ganho de peso no período avaliado).

2.5 Digestibilidade Ileal Aparente

A digestibilidade dos nutrientes foi determinada com o método da digestibilidade ileal aparente, proposta por Sakomura & Rostagno (2016). Foi utilizado o dióxido de titânio (TiO_2), adicionado na concentração de 1 kg/ton a todas as dietas experimentais, como marcador indigestível. As aves foram submetidas a três dias de adaptação com o marcador indigestível, começando no 18º dia de experimento.

Todas as aves constantemente eram estimuladas ao consumo, para evitar o esvaziamento do trato gastrointestinal. Aos 21 dias, todas as aves foram abatidas por deslocamento cervical. Imediatamente após o abate, por incisão abdominal o íleo foi exposto e um segmento de aproximadamente 15 cm, iniciando a 4 cm da junção íleo-cecal foi seccionado. Com uma leve pressão manual no segmento, o conteúdo foi recolhido em um recipiente plástico devidamente identificado por tratamento/repetição e levado ao freezer até o seu processamento.

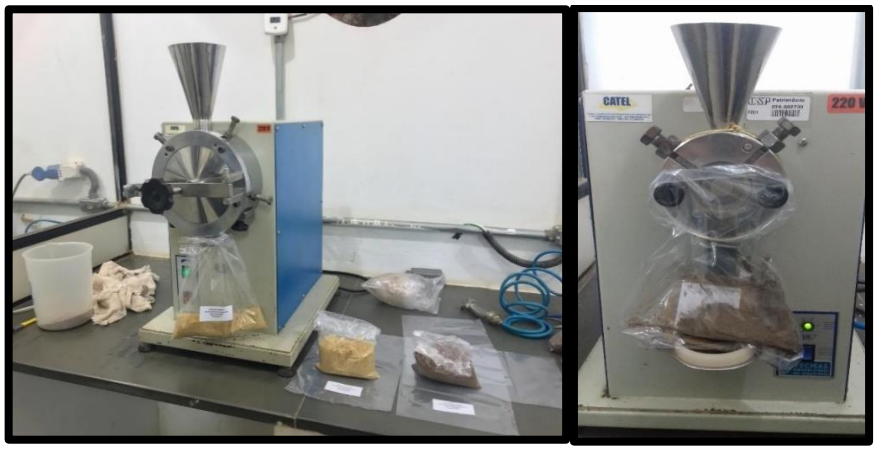
O descongelamento foi realizado em temperatura ambiente, posteriormente as amostras foram pesadas, homogeneizadas e submetidas ao processo de secagem através da estufa de ventilação forçada, à temperatura de 55ºC por 72 horas (Figura 5). Em seguida, as amostras foram moídas em peneira de 1 mm, homogeneizadas e armazenadas em sacos plásticos e juntamente com as amostras das rações experimentais, foram encaminhadas ao Laboratório Bromatologia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP para posterior análises (Figura 6).

Figura 5. Processo de descongelamento das amostras

A: Pesagem da amostra; B: Amostras homogeneizadas; C: modelo de estufa de ventilação forçada; D: amostras na estufa para processo de secagem

Fonte: Própria autoria

Figura 6. Amostras de ração e digestas moídas e homogeneizadas



Fonte: Própria autoria

No laboratório foi determinado os teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e aminoácidos (AAs). A determinação da proteína bruta e do extrato etéreo foram de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002) e pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995). A análise de aminoácidos foi realizada por hidrólise ácida e leitura por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando-se cromatógrafo de fase líquida Shimatzu – 10ª, com detector de fluorescência (MOTTER, 1991). As análises da quantidade do dióxido de titânio (TiO_2) foram realizadas de acordo com o procedimento proposto por Myers et al. (2004).

Com os resultados laboratoriais, foram determinados os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDIPB), extrato etéreo (CDIEE) e aminoácidos (CDIAAs) calculados a partir de sua concentração na ração e no conteúdo ileal corrigida para a concentração do marcador indigestível. Os cálculos foram realizados a partir das fórmulas descritas abaixo:

a) Cálculo do fator de indigestibilidade (FI):

FI = Marcador ração / Marcador digesta

b) Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente analisado (CDI):

CDI (%) = % nutriente na dieta – (% nutriente na digesta x FI) / % nutriente na dieta

2.6 Análise Estatística

Todas as análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o software Statistical Analysis System (SAS, Versão 9.4) considerando o nível de significância de 5%. Para cada variável estudada, após a verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene e a normalidade dos resíduos dos dados utilizando o teste Shapiro Wilk, foi realizada a análise de variância. Em caso de diferença significativa ($P<0.05$), as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey, as médias dos tratamentos foram comparadas com o tratamento controle positivo pelo teste de Dunnet e os níveis de lignina foram avaliados por meio de equações polinomiais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho Produtivo

No período avaliado não foram observadas diferenças significativas para o consumo médio de ração (P>0.05). No entanto, para as variáveis de peso médio, ganho de peso médio e conversão alimentar foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (P<0.05) (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no período de 1 a 21 dias de idade

	Tratamentos[1]							
Variáveis	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
CMR (kg)	1.146	1.106	1.119	1.094	1.105	0.055	0.144	4.949
PM (kg)[4]	0.957 [a]	0.885 [bc]	0.916 [ab*]	0.855 [c*]	0.879 [bc*]	0.040	<.0001	4.505
GPM (kg)[5]	0.909 [a]	0.837 [bc]	0.878 [ab]	0.807 [c*]	0.831 [c*]	0.042	<.0001	4.939
CA (kg/kg)[6]	1.258 [c]	1.322 [ab]	1.289 [bc]	1.357 [a*]	1.331 [ab*]	0.048	<.0001	3.697

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; CMR: Consumo médio de ração; PM: Peso médio; GPM: Ganho de peso médio; CA: Conversão alimentar; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05); *Difere do CP pelo teste de Dunnet (P<0.05); [4]PM: $Y = 0.885 + 0.137.x - 0.135.x^2 + 0.030.x^3$ $R^2 = 0.240$; [5]GPM: $Y = 0.837 + 0.166.x - 0.159.x^2 + 0.034.x^3$ $R^2 = 0.283$; [6]CA: $Y = 1.322 - 0.150.x + 0.150.x^2 - 0.033.x^3$ $R^2 = 0.185$

No comparativo com o tratamento controle positivo, pode-se observar que os resultados de peso médio, ganho de peso médio e conversão alimentar das aves alimentadas com a inclusão de 1% de lignina na dieta foram semelhantes, assim como, foi superior no comparativo entre os níveis de lignina testados, apresentando respostas polinomiais cúbicas.

A atuação dos compostos fenólicos presentes na lignina sobre a melhoria no desempenho animal não foi totalmente esclarecida, no entanto, alguns autores relatam que os benefícios encontrados nestes compostos podem estar relacionados com os diferentes mecanismos, como a capacidade que os compostos bioativos presentes nestas substâncias podem atuar como antimicrobianos, mantendo o intestino saudável, através da modulação da microbiota intestinal e controle de agentes patogênicos (BURT, 2004; HASHEMI & DAVOODI, 2011; VALENZUELA-GRIJALVA et al., 2017) resultando em melhor absorção dos nutrientes e, consequentemente, melhor desempenho (STARCEVIC et al., 2015).

Contudo, os resultados encontrados neste estudo não corroboram com os realizados por Bezerra (2019), Ferreira (2020) e Oliveira (2022). Estes estudos utilizaram a mesma lignina Kraft deste estudo, porém não foram observados efeitos significativos sobre o desempenho produtivo dos animais. Estas diferenças nos resultados podem ser decorrentes da diversidade de fatores que podem interferir na eficácia destas substâncias, dentre estes fatores destacam-se: adaptação da microbiota ao composto adicionado, condições de desafio sanitário, dosagem e via de administração dos aditivos, diferenças de estrutura química e propriedades físico-químicas presentes na composição destes compostos (SILVA e NORNBERG, 2003; HOOGE, 2004; MORALES-LÓPEZ et al., 2009).

3.2 Digestibilidade Ileal Aparente

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo, proteína bruta e aminoácidos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Digestibilidade ileal aparente dos nutrientes de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

Variáveis	*Tratamentos*[1]					*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
	CP	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**			
CDIEE (%)[4]	71.654 [b]	70.441 [c]	72.830 [a*]	70.234 [c*]	70.297 [c*]	0.830	<.0001	1.168
CDIPB (%)[5]	88.202 [b]	86.974 [c]	89.521 [a*]	87.102 [c*]	87.182 [c*]	0.743	<.0001	0.846
CDIAAs (%)[6]	89.602 [b]	88.010 [c]	90.937 [a*]	88.231 [c*]	88.151 [c*]	0.784	<.0001	0.881

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; CDIEE: Coeficiente de digestibilidade ileal do extrato etéreo; CDIPB: Coeficiente de digestibilidade ileal da proteína bruta; CDIAAs: Coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0.05$); *Difere do CP pelo teste de Dunnet ($P<0.05$); [4]EE: $Y = 70.441 + 7.429.x - 6.315.x^2 + 1.274.x^3$ $R^2 = 0.637$; [5]PB: $Y = 86.974 + 7.519.x - 6.216.x^2 + 1.244.x^3$ $R^2 = 0.676$; [6]AAs: $Y= 88.010 + 8.496.x - 6.945.x^2 + 1.376.x^3$ $R^2 = 0.710$

As aves alimentadas com a dieta contendo 1% de lignina apresentaram efeito significativo ($P<0.05$) para todas as variáveis analisadas. Na comparação com a dieta controle positivo foi observado que a inclusão de 1% de lignina na deita das aves apresentaram melhores resultados de digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo, proteína bruta e aminoácidos, assim como, foi superior no comparativo entre os níveis de lignina testados, apresentando respostas polinomiais cúbicas.

Na literatura, alguns autores relataram que a inclusão de produtos alternativos (naturais) ao serem adicionados na dieta animal podem melhorar a metabolização dos nutrientes da ração devido ao estímulo das secreções enzimáticas digestivas e pancreáticas promovidas pela presença de compostos bioativos no organismo (TOLEDO et al, 2007; ZHANG et al., 2009; STARCEVIC et al., 2015). O efeito estimulante destes compostos na produção de enzimas e secreções intestinais são os mecanismos mais estudados na tentativa de explicar a melhora na digestibilidade.

Entretanto, os resultados deste estudo não corroboram com os achados por Yossa et al (2018) que não observaram diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, extrato etéreo e dos aminoácidos para os níveis de inclusão de lignina purificada e hemiceluloses nas dietas de salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.). Como também, nos estudos realizados por Oliveira (2022), que utilizou a mesma lignina Kraft na alimentação de fêmeas suínas (0; 0.5 e 1% de lignina) verificaram que na medida que se aumentou a inclusão o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e energia tendeu a diminuir linearmente. Isto pode ter ocorrido porque apesar de ser o mesmo produto e composição a lignina pode atuar de forma distinta no metabolismo de cada categoria animal. Além da diferença de metodologia, a coleta ileal é considerada a mais eficaz, porque é baseada no princípio de que o conteúdo coletado diretamente do íleo pode ser uma medida mais precisa de digestibilidade (ADEDOKUN, 2007).

Desta forma, acredita-se que a melhor digestibilidade de nutrientes encontrada neste estudo foi responsável pelos efeitos benéficos observados no desempenho produtivo.

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a inclusão de 1% de lignina na dieta de frangos de corte proporciona efeitos positivos sobre o desempenho produtivo e digestibilidade dos nutrientes, podendo ser considerada uma alternativa aos antimicrobianos melhoradores de desempenho.

5. REFERÊNCIAS

ADEDOKUN, S.A. **Standardized amino acid digestibility determination in poultry**. Ph.D. Dissertation, Purdue University, West Lafayette, IN. 2007.

ALBUQUERQUE, R. Antimicrobianos como aditivos zootécnicos promotores de crescimento. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA. H.S.; GÓRNIAK, S. L. **Farmacologia aplicada à avicultura**. São Paulo: Roca, cap. 9, p. 149-159, 2005.

ANWAR, Z.; GULFRAZ, M.; IRSHAD, M. Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: A brief review. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences,** v.7, n.2, p.163-173, 2014.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, M.R.; LIMA, C.B. Uso de aditivos na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 3, p. 69-77, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**.16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1141p, 1995.

BAURHOO, B.; PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry Science**, Urbana, v. 86, p. 1070-1078, 2007a.

BAURHOO, B., LETELLIER, A., ZHAO, X., RUIZ-FERIA, C.A. Cecal populations of *Lactobacilli* and *Bifidobacteria* and *E. coli* populations after *in vivo E. coli* challenge in birds fed diets with purified lignin or mannanoligosaccharides. **Poultry Science**, Urbana, v.86, p. 2509–2516, 2007b.

BAURHOO, B.; FERKET, P. R.; ZHAO, X. Effects of diets containing different concentrations of mannanoligosaccharide or antibiotics on growth performance, intestinal development, cecal and litter microbial populations, and carcass parameters of broilers. **Poultry Science**, v.88, p. 2262–2272, 2009.

BELLAVER, C. O uso de micro ingredientes (aditivos) na formulação de dietas para suínos e suas implicações na produção e na segurança alimentar. In: Congresso Mercosul De Produção Suína, **Anais...** Buenos Aires – Argentina, 2000.

BEZERRA, H. V. A. **Lignina purificada na dieta de ruminantes: impacto no desempenho e saúde de ovinos.** 75f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Campus Pirassununga, 2019.

BORSATTI, L.; NUNES, R.V.; SCHONE, R.A.; FRANK, R.; SCHNEIDERS, J.L.; SAVOLDI, T.L. Digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte suplementadas com promotores de crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**., v.68, n.1, p.201-207, 2016.

BURT. S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **Int. J. food microbiol**, v. 94 (3), p. 223-53, 2004.

CAMPBELL, M. M.; SEDEROFF, R. R. Variation in lignin content and composition. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 110, p. 3-13, 1996.

COBB – VANTRESS BRASIL, LTDA. Manual de manejo de frangos de corte, 2019. Disponível em: https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/df5655a7e9/Broiler-Guide-2019-POR-WEB.pdf. Acesso em: 22 de maio de 2021.

FERREIRA, S. L. **Inclusão de lignina na dieta de leitões desmamados**. 90f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Botucatu, 2020.

GIBSON G. R., ROBERFROID M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401- 1412, 1995.

HASHEMI S., DAVOODI H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. **Vet Res Commun**, v. 35, p. 169–180, 2011.

HOOGE, D. M. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, n. 3, v.3, p. 163-174, 2004.

IMMERSEEL, F.V.; CAUWERTS, K.; DEVRIESE, L.A.; HAESEBROUCK, F.; DUCATELLE, R. Feed additives to control salmonella in poultry. **World Poultry Science Journal**, v.58, p.501-513, 2004.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J. H. V. da; SANTOS, R. A. dos; GOMES, V. D. da S.; MELO, T. de S.; BRITO, J. M. F.; SILVA, J. F. da. Suplementação de prebiótico (mananoligossacarídeo) na dieta de dois genótipos de codornas em crescimento**.** **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 20, n. 3, p. 135-141, 2017.

LORENÇON, L.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; POZZA, M. S. DOS S.; APPELT, M. D.; SILVA, W. T. M. D. Utilização de promotores de crescimento para frangos de corte em rações fareladas e peletizadas. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, n.2, p. 151-158, 2007.

MORALES-LÓPEZ, R.; AUCLAIR, E.; GARCÍA, F.; ESTEVE-GARCIA, E.; BRUFAU, J. Use of yeast cell walls; β-1,3/β-1,6 glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets. **Poultry Science**, v.88, p.601-607, 2009.

MOTTER, J. H. **Fundamental principies of HPLC.** [S.l.]: Shimadzu, 49 p, 1991.

MYERS, W. D.; LUDDEN, P. A.; NAYIGIHUGU, V.; HESS, B. W. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 179-183, 2004.

NELSON, J. L. et al. Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury in mice. **Nutrition**, v.10, p. 32–36, 1994.

OLIVEIRA, G. F. Uso de lignina na dieta de fêmeas suínas na gestação e lactação. 71f. (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Botucatu, 2022.

OTIENO, D.O., AHRING, B.K. A thermochemical pretreatment process to produce xylooligosaccharides (XOS), arabinooligosaccharides (AOS) and mannooligosaccharides (MOS) from lignocellulosic biomasses. **Bioresource Technology**, v. 112, p. 285-292, 2012.

PHILLIP, L. E., E. S. IDZIAK, AND S. KUBOW. The potential use of lignin in animal nutrition, and in modifying microbial ecology of the gut. In: **Conf. Anim. Nutr**. **Assoc. of Canada, Montreal,** Quebec, Canada, p. 1-9, 2000.

RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; SILVA, S.M.M.S.; SILVA, F.E.S.; RIBEIRO, M.N. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. **Rev. Bras. Zootec**., v.40, p.1738-1744, 2011.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., HANNAS, M.I., DONZELE, J.L., SAKOMURA, N.K., PERAZZO, F.G., SARAIVA, A., TEIXEIRA, M.L., RODRIGUES, P.B., DE OLIVEIRA, R.F., BARRETO, S.L.T., BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para suínos e aves**, 4º ed, Composição de alimentos e exigências nutricionais, 2017.

ROSTAGNO, M. 2012. Uso de antibióticos na avicultura. **Avicultura Industrial**. Disponível em:<http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticias/antimicrobianos-em aves/20100329111520_J_005->. Acesso em: 23 de maio de 2022.

SAKOMURA, N.K., ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2nd ed. Jaboticabal: FUNEP, cap.1, p.1-31, 2016.

SHAHZADI, T. et al. Advances in lignocellulosic biotechnology: A brief review on lignocellulosic biomass and cellulases. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v.5, n.3, p.246-251, 2014.

SILVA, D.J. QUEIROZ. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 235p, 2002.

SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, E. L. Efeito do alho (*Allium sativum linn*.), probiótico e virginiamicina antes, durante e após o estresse induzido pela muda forçada em poedeiras semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1697-1704, 2003.

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

SILVA, C. R. **Uso de probióticos em rações de frangos de corte: Desempenho, digestibilidade e energia metabolizável**. 64f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa. MG, 2008.

STARCEVIC, K.; KRSTULOVIC, L.; BROZLC, D.; MAURIC, M.; STOJEVIC, Z.; MIKULEC, Z.; BAJIC, M.; MASEK, T. Production performance, meat composition and oxidative susceptibility in broiler chicken fed with different phenolic compounds. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 95, p. 1172-1178, 2015.

TEJADO, A.; LABIDI, C.C.J.; ECHEVERRIA, J.M.; MONDRAGON, I. Physico-chemical characterization of lignins from differente sources for use in phenol-formaldehyde resin synthesis. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 1655-1663, 2007.

TOLEDO, G. S. P., COSTA, P. T. C., SILVA, L. P., PINTO, D., FERREIRA, P., POLETTO, C.J. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo antibiótico e/ou fitoterápico como promotores, adicionados isoladamente ou associados. **Ciênc. Rural**, v. 37 (6), p.1760-64, 2007.

VALENZUELA-GRIJALVA, N. V., PINELLI-SAAVEDRA, A., MUHLIA-ALMAZAN, A., DOMINGUEZ-DIAZ, D., GONZALEZ-RIOS, H. Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. **Journal Animal Science and Technology,** 59:8, 2017.

ZHANG, X. H., ZHONG, X., ZHOU, Y.M., DU, H.M., WANG, T. Effecr of RRR- α-tocopherol succinate on the growth and immunity in broilers. Poutry Science, v. 88 (5), p. 959-66, 2009.

YOSSA, R.; LEVESQUE, S.; GROMAN, D. B.; LORA, J. H. Preliminary evaluation of purified lignin and hemicellulose as prebiotics candidates for Atlantic Salmon, Salmo salar L. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 30, n. 3, p. 256–271, 2018.

6. ANEXOS

Gráfico 1. Peso médio de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

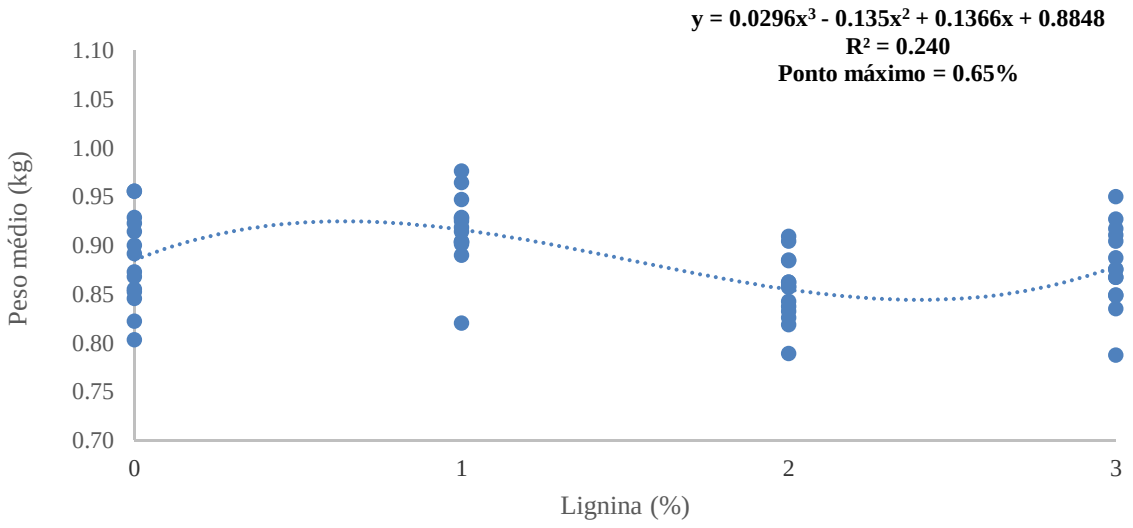


Gráfico 2. Ganho de peso de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

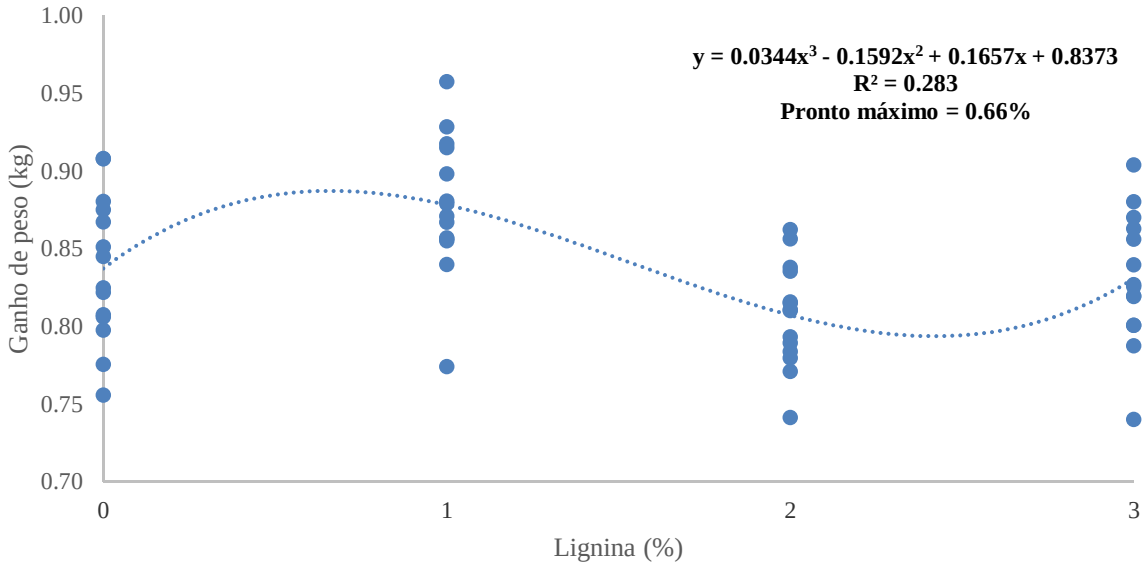


Gráfico 3. Conversão alimentar de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

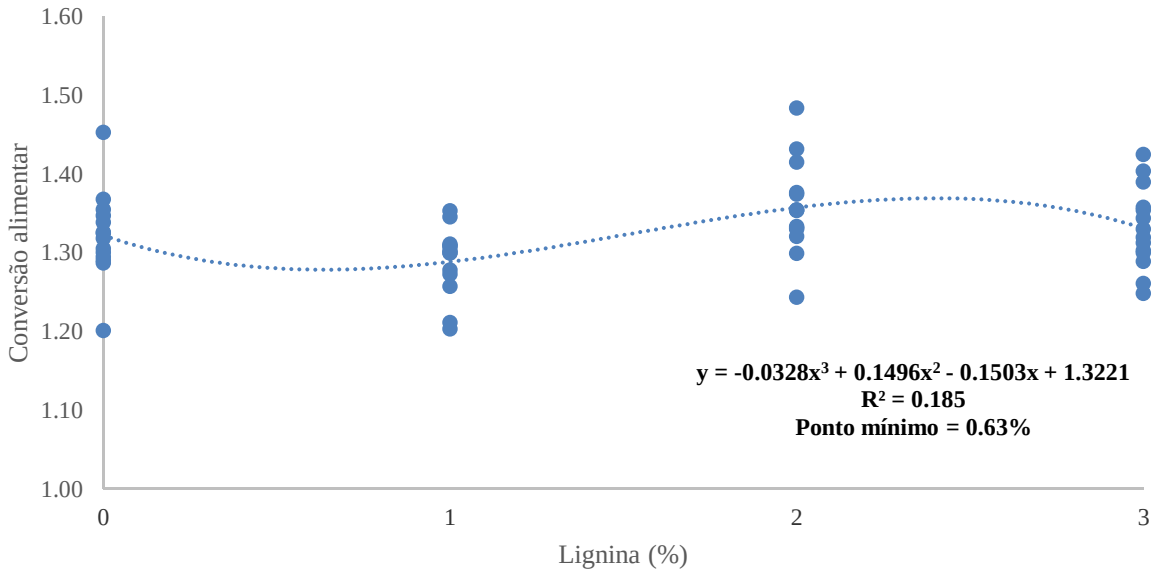


Gráfico 4. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

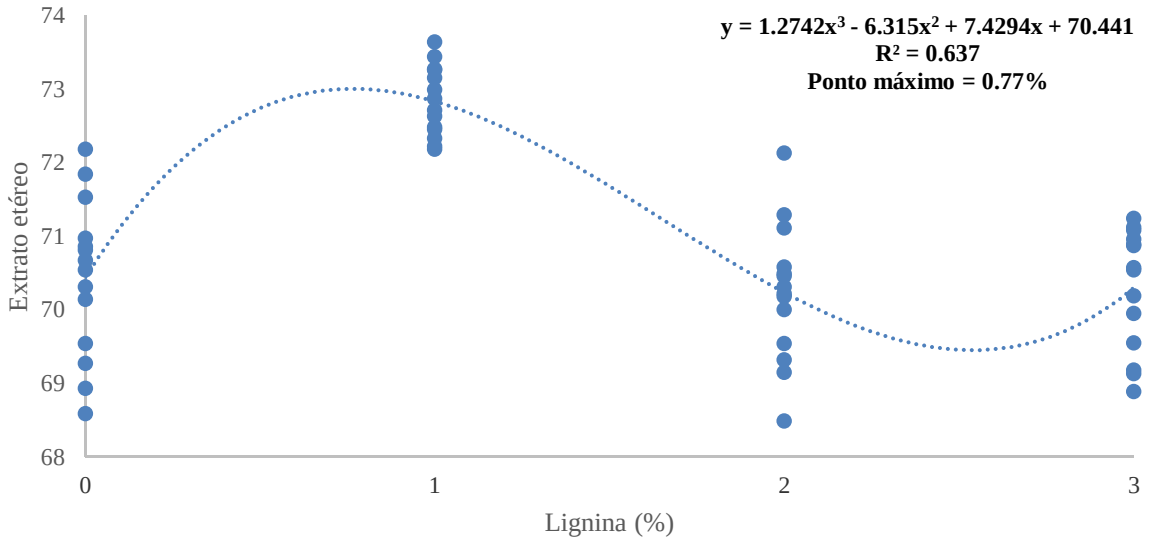


Gráfico 5. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

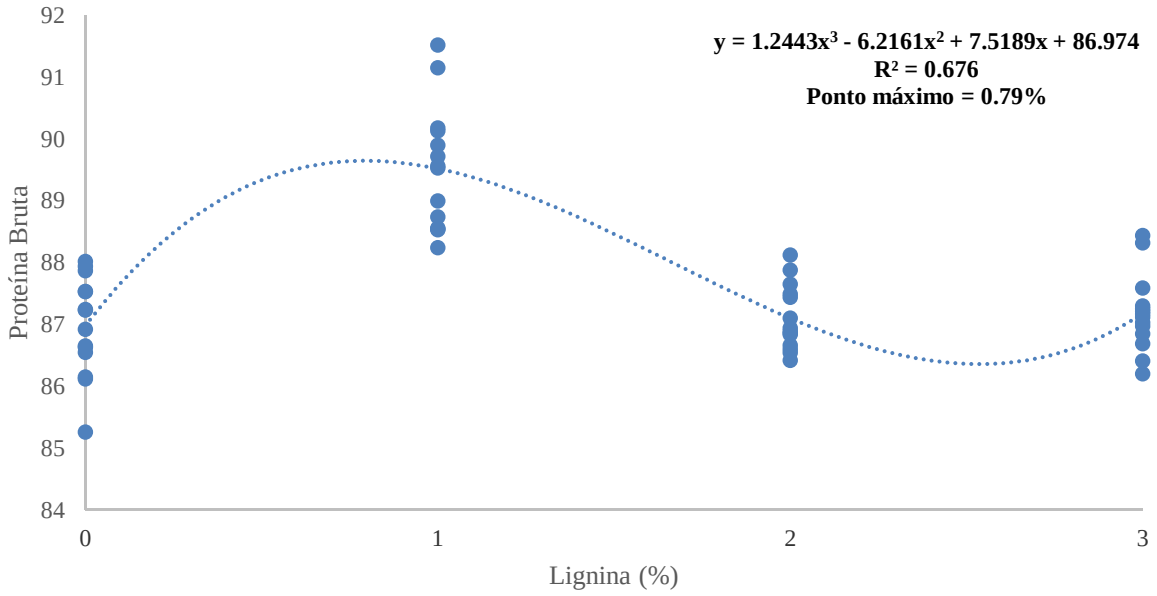
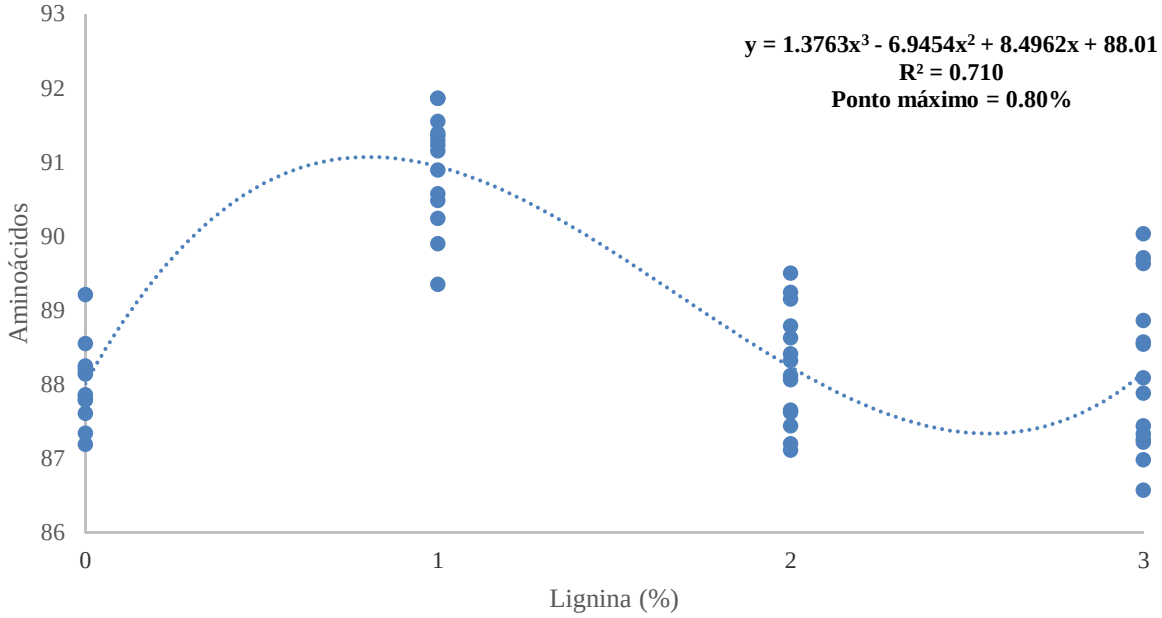


Gráfico 6. Coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta



CAPÍTULO 2.
DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM LIGNINA NA DIETA

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a suplementação de lignina sobre o desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal, análise de cinzas ósseas, rendimento de carcaça, gordura abdominal e oxidação lipídica em frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Foram utilizados 900 pintos de corte, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em cinco tratamentos com 15 repetições com 12 aves, totalizando 75 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em: **CP**: controle positivo (dieta basal + antimicrobiano); **CN:** controle negativo (dieta basal); **CN1:** CN + 1% de lignina; **CN2**: CN + 2% de lignina; **CN3:** CN + 3% de lignina. Os dados foram analisados pelo SAS e quando constatada diferença significativa ($P<0.05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, as médias comparadas ao controle positivo pelo teste de Dunnet e os níveis avaliados por meio de equações polinomiais. Nos resultados de desempenho produtivo, aos 21 dias, o consumo de ração e a conversão alimentar apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos analisados. No comparativo entre os níveis, houve resposta polinomial quadrática para a variável consumo médio de ração, e para a variável conversão alimentar, houve resposta linear decrescente. Aos 35 dias de idade das aves, foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. No comparativo entre os níveis de lignina, houve resposta polinomial quadrática para a variável conversão alimentar, com resposta linear decrescente. E aos 42 dias de idade, pode-se observar que houve respostas significativas entre os tratamentos, onde os diferentes níveis de inclusão de lignina na dieta apresentaram resultados inferiores em comparação ao controle positivo. Nos resultados de parâmetros sanguíneos, aos 42 dias de idade das aves houve efeito significativo entre os tratamentos para as variáveis concentração de colesterol e de lipoproteína de alta densidade (HDL). Na comparação entre os níveis pode-se observar resposta linear, onde os diferentes níveis de lignina na dieta promoveram diminuição do teor de colesterol no sangue. Assim como, as aves alimentadas com 1 e 2% de lignina na dieta apresentaram resultados semelhantes ao controle positivo e negativo na concentração de lipoproteína de alta densidade (HDL) no sangue. Nos resultados de desenvolvimento dos órgãos digestivos, no comparativo com o tratamento controle positivo, podemos observar que aos 21 dias de idade as aves alimentadas com 1 e 2% de lignina na dieta apresentaram peso da moela semelhantes, assim como todos os níveis de lignina testados obtiveram maior comprimento de intestino, promovendo respostas com efeito quadrático. Aos 42 dias as aves alimentadas com diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram maiores comprimentos de intestino em comparação com o tratamento controle positivo, através de respostas com efeito quadrático. Em relação a morfometria intestinal aos 21 dias, os diferentes segmentos do intestino apresentaram efeito significativo entre os tratamentos. No duodeno, pode-se observar que na medida que foi aumentando os níveis de inclusão de lignina na dieta os resultados de profundidade foram caindo linearmente. No Jejuno, observa-se que a relação AV:PC foram

maiores nos diferentes níveis de inclusão da lignina. Assim como, foi observado no íleo as aves alimentadas com 1 e 2 % de lignina na dieta apresentaram melhores relações AV:PC. Os resultados de morfometria intestinal obtidos aos 42 dias, pode-se observar que as diferentes inclusões de lignina na dieta apresentaram efeito significativo sobre a relação AV:PC no duodeno, promovendo respostas com efeito quadrático. No íleo também foi observado efeito significativo para as variáveis profundidade de cripta e a relação entre as vilosidades e profundidades. Os tratamentos com diferentes inclusões de lignina apresentaram respostas polinomiais cúbicas. Os resultados referentes ao rendimento de carcaça e gordura abdominal apresentaram efeito significativo entre os tratamentos. Em relação ao peso de carcaça quente, todos os tratamentos apresentaram carcaças mais pesadas, diferindo apenas do tratamento com a inclusão de 3% de lignina na dieta. No peso de carcaça fria e rendimento de carcaça, os diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram pesos inferiores em comparação ao tratamento controle positivo. Em relação a gordura abdominal, pode-se observar uma resposta linear, onde as aves alimentadas com 2 e 3% de lignina na dieta apresentaram menor deposição de gordura abdominal na carcaça. Na análise de oxidação lipídica, os resultados obtidos no primeiro dia demostraram que os diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram maiores índices de oxidação lipídica nesse período inicial. Contudo, no sétimo e décimo quarto dia de armazenamento, pode-se observar que a inclusão de 2% de lignina na dieta foi capaz de conter a progressão da oxidação lipídica. Diante do exposto, conclui-se que os resultados deste estudo demonstraram que em condições de desafio sanitário a inclusão de 2% de lignina na dieta de frangos de corte promove diminuição do teor de colesterol, maior concentração de lipoproteína de alta densidade (HDL) no sangue, melhor desenvolvimento dos órgãos digestivos e relação vilosidade/cripta, menor deposição de gordura abdominal na carcaça e é capaz de conter a progressão da oxidação lipídica na carne até o décimo quarto dia de armazenamento.

Palavras-chaves: antimicrobianos, morfometria intestinal, oxidação lipídica, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça.

ABSTRACT

The study was conducted with the objective of evaluating lignin supplementation on productive performance, blood parameters, intestinal morphometry, bone ash analysis, carcass yield, abdominal fat and lipid oxidation in broilers from 1 to 42 days of age. A total of 900 broiler chicks were used, distributed in a completely randomized design, in five treatments with 15 replications with 12 birds, totaling 75 experimental plots. The treatments consisted of: CP: positive control (basal diet + antimicrobial); NC: negative control (basal diet); CN1: CN + 1% lignin; CN2: CN + 2% lignin; CN3: CN + 3% lignin. Data were analyzed by SAS and when significant difference ($P<0.05$) was found, means were compared by Tukey's test, means compared to positive control by Dunnet's test and levels evaluated by means of polynomial equations. In the results of productive performance, at 21 days, feed intake and feed conversion showed significant differences between the analyzed treatments. In the comparison between the levels, there was a quadratic polynomial response for the variable average feed intake, and for the variable feed conversion, there was a decreasing linear response. At 35 days of age of the birds, significant differences were observed for all variables analyzed. When comparing the lignin levels, there was a quadratic polynomial response for the feed conversion variable, with a decreasing linear response. And at 42 days of age, it can be observed that there were significant responses between treatments, where the different levels of inclusion of lignin in the diet showed lower results compared to the positive control. In the results of blood parameters, at 42 days of age, there was a significant effect between treatments for the variables concentration of cholesterol and high-density lipoprotein (HDL). In the comparison between the levels, a linear response can be observed, where the different levels of lignin in the diet promoted a decrease in the level of cholesterol in the blood. As well, birds fed with 1 and 2% lignin in the diet showed similar results to the positive and negative control in the concentration of high-density lipoprotein (HDL) in the blood. In the results of the development of Organs digestive organs, in comparison with the positive control treatment, we can observe that at 21 days of age the birds fed with 1 and 2% lignin in the diet had similar gizzard weights, as well as all the levels of lignin tested. obtained greater length of intestine, promoting responses with quadratic effect. At 42 days, birds fed with different levels of lignin in the diet showed longer intestine lengths compared to the positive control treatment, through responses with a quadratic effect. Regarding intestinal morphometry at 21 days, the different segments of the intestine had a significant effect between treatments. In the duodenum, it can be observed that as the levels of lignin inclusion in the diet increased, the depth results dropped linearly. In the Jejunum, it is observed that the AV:PC ratio was higher at different levels of lignin inclusion. In the ileum, birds fed with 1 and 2% lignin in the diet showed better AV:PC ratios. The intestinal morphometric results obtained at 42 days, it can be observed that the different inclusions of lignin in the diet had a significant effect on the AV:PC ratio in the duodenum, promoting responses with a quadratic effect. In the ileum, a significant effect was also observed for the variables crypt depth and the relationship between villi and depths. Treatments with different lignin inclusions showed cubic polynomial responses. The results regarding carcass yield and abdominal fat showed a significant effect between treatments. Regarding the hot carcass weight, all treatments presented heavier carcasses, differing only from the treatment with the inclusion

of 3% lignin in the diet. In the cold carcass weight and carcass yield, the different levels of lignin in the diet showed lower weights compared to the positive control treatment. Regarding abdominal fat, a linear response can be observed, where birds fed with 2 and 3% of lignin in the diet had lower deposition of abdominal fat in the carcass. In the analysis of lipid oxidation, the results obtained on the first day showed that the different levels of lignin in the diet showed higher levels of lipid oxidation in this initial period. However, on the seventh and fourteenth day of storage, it can be observed that the inclusion of 2% lignin in the diet was able to contain the progression of lipid oxidation. In view of the above, it is concluded that the results of this study showed that under conditions of sanitary challenge, the inclusion of 2% lignin in the diet of broilers promotes a decrease in cholesterol content, a higher concentration of high density lipoprotein (HDL) in the blood, better development of digestive organs and villus/crypt ratio, lower deposition of abdominal fat in the carcass and is able to contain the progression of lipid oxidation in meat until the fourteenth day of storage.

Keywords: antimicrobials, blood parameters, carcass yield, intestinal morphometry, lipid oxidation.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação no setor produtivo, aliado ao uso de altos padrões tecnológicos, não foi capaz de minimizar a exposição das aves a agentes patogênicos presentes no ambiente (BORSATTI et al., 2016). Quando presentes, esses patógenos causam a destruição das células e tecidos do intestino, prejudicando a eficiência no aproveitamento de nutrientes fornecidos pela ração e sendo responsáveis pela redução no desempenho dos animais (KAWAZOE, 2000; RAMOS et al., 2011).

Nesse sentido, para diminuir os casos de desordens entéricas e aumentar a produtividade na indústria avícola, foi necessário adotar práticas como o uso de antimicrobianos melhoradores de desempenho nas rações, porque além de tratar infecções causadas no trato gastrointestinal, seria capaz de aumentar os índices produtivos (MENTEN, 2001; PRESTES et al., 2013). No entanto, existem algumas contestações em relação a sua utilização, e isso está relacionado aos impactos na saúde pública, visto que o uso indiscriminado dos antimicrobianos resultou no desenvolvimento de microrganismos resistentes (SANTOS et al., 2016).

Como alternativa ao uso de antimicrobianos melhoradores de desempenho, surgem os prebióticos, que são macromoléculas, em sua maioria carboidratos, sintetizados por microrganismos ou extraídos das plantas (GADDE et al., 2017), que tem como função servir como substrato para as bactérias intestinais benéficas, estimulando-as a se tornarem metabolicamente ativas, sendo assim, capazes de proporcionar um ambiente saudável ao hospedeiro (NICOLI e VIEIRA, 2000; MAIORKA et al., 2001; MENTEN, 2001), proporcionando melhor desempenho dos animais e diminuição da contaminação das carcaças por agentes patogênicos (HUYGHEBAERT et al., 2011).

Neste contexto, temos a lignina, que é composta por um grupo de polímeros fenólicos, obtida a partir de resíduos da indústria de papel e celulose e cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência aos tecidos vegetais (CAMPBELL e SEDEROFF, 1996; TEJADO et al., 2007). Atualmente, vem sendo empregada principalmente para fins industriais e de construção, e poucos são os trabalhos que relatam seus efeitos na produção animal.

Apesar de escassos, existem alguns trabalhos que sugerem indícios de ação prebiótica com a inclusão de lignina. Em estudos realizados por Ricke et al., (1982), a inclusão de indulina (4 e 10%), uma lignina Kraft purificada da indústria de papel na dieta, reduziu as concentrações de ácidos graxos voláteis no ceco e no intestino grosso, sugerindo que a lignina alterou a fermentação do trato gastrointestinal do frango e inibiu o crescimento de bactérias. Esses estudos corroboram com os estudos realizados por Nelson et al., (1994), onde os

fragmentos fenólicos da lignina Alcell, inibiram o crescimento de bactérias aeróbias no ceco de ratos e inibiram o crescimento *in vitro* de *Escherichia coli, Pseudomonas e Staphylococcus aureus* em frangos de corte. E em estudos realizados por Baurhoo et al., (2007ab), a inclusão de lignina Alcell em níveis mais elevados (2.5%) em frangos de corte, reduziram as concentrações cecais de *Escherichia coli* total após 3 e 9 dias. E a inclusão de (1.25%) aumentou as concentrações intestinais de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, como também aumentou a altura das vilosidades e o número de células caliciformes. Essas respostas são importantes, uma vez que uma das principais ações dos prebióticos é o estímulo do desenvolvimento de bactérias benéficas, que limitam a colonização intestinal de patógenos competindo por nutrientes (ROLFE, 2000). Estes parâmetros são geralmente correlacionadas com melhor saúde intestinal e melhor eficiência de digestão e absorção (BLOMBERG et al., 1993).

Esses resultados sugerem que a lignina exibe possíveis efeitos prebióticos, podendo ser considerada uma alternativa em substituição aos antimicrobianos melhoradores de desempenho. No entanto, podem existir variação considerável dependendo do tipo de espécie de planta, processo de isolamento e pelo nível de inclusão. Por essa razão, o objetivo deste estudo é avaliar a suplementação de lignina (Kraft) sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal, análise de cinzas ósseas, rendimento de carcaça, gordura abdominal e oxidação lipídica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Aves do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo, *campus* Fernando Costa, Pirassununga, SP, entre junho a agosto de 2021. Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (CEUA/FZEA, protocolo nº 2244051120).

2.2 Animais, Instalação e Manejo

Foram alojados 900 pintos de corte machos da linhagem Cobb 500, em um galpão convencional de alvenaria, sendo as laterais de telas de arame galvanizado, equipadas com cortinas e cobertura de barro com lanternins. O galpão possui sistema de ventilação de pressão positiva equipado com seis ventiladores e nebulizadores. Foram utilizados 75 boxes de 1,20 x 1,00 m, dispostos em quatro fileiras, equipado com dois bebedouros do tipo *nipple* e um comedouro tubular (Figura 7).

Figura 7. Galpão convencional

Fonte: Própria autoria

Foram registrados diariamente os parâmetros de temperatura e umidade relativa do interior do galpão através de um termo-higrômetro (Tabela 5), assim como as eventuais mortalidades. O sistema de aquecimento foi realizado através de campânulas com lâmpadas de infravermelho e o programa de luz bem como as práticas de manejo adotados foram preconizados de acordo com o manual da linhagem (COBB, 2019).

Tabela 5. Médias semanais de temperatura e umidade relativa no galpão experimental no período de 1 a 42 dias

	Temperatura, °C		Umidade, %	
Semanas	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1°	30.7	25.0	69.8	65.2
2°	31.2	24.2	70.7	65.1
3°	29.1	22.0	78.0	72.3
4º	30.4	20.9	73.1	66.3
5º	30.7	20.3	67.9	61.2
6º	28.6	19.7	71.0	65.8

2.3 Dietas Experimentais

No primeiro dia do experimento, as aves foram selecionadas de acordo com o peso corporal e, posteriormente a uniformização, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em cinco tratamentos com 15 repetições com 12 aves, totalizando 75 parcelas experimentais (Figura 8). Os tratamentos consistiram em: **CP**: controle positivo (dieta basal + antimicrobiano); **CN:** controle negativo (dieta basal); **CN1:** CN + 1% de lignina; **CN2**: CN + 2% de lignina; **CN3:** CN + 3% de lignina (Figura 9).

Figura 8. Seleção e uniformização das aves

Fonte: Própria autoria

Figura 9. Tratamentos experimentais

Fonte: Própria autoria

As dietas experimentais foram isocalóricas e isonutritivas, formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações nutricionais preconizadas por (ROSTAGNO et al., 2017) para atender as exigências nutricionais dos frangos de corte na fase de 1 a 42 dias de idade (Tabela 6). O programa de arraçoamento foi dividido em três fases: inicial (1 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

A lignina utilizada neste estudo foi extraída da madeira de *Eucalyptus urograndis*, resultante do processo Kraft de produção de celulose. O produto é composto por 94.60% de lignina, compostos fenólicos: 1.16% de guaiacol e 1.82% de siringol, e o restante da composição corresponde a cerca de 3% de cinzas e carboidratos (xilose e glicose).

Tabela 6. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias)

	Tratamentos				
Ingredientes (%)	CP*	CN	CN1	CN2	CN3
Milho	49.53	49.53	49.53	49.53	49.53
Farelo de soja	37.95	37.95	37.95	37.95	37.95
Óleo Degomado	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12
Fosfato Bicálcico	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
Calcário Calcítico	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Sal Comum	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Metionina	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Lisina	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Treonina	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Suplemento Vitamínico[1]	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Suplemento Mineral[2]	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Inerte[3]	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00
Lignina[4]	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00
Antimicrobiano[5]	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	Níveis Nutricionais Calculados				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050
Proteína Bruta (%)	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20
Cálcio (%)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Fósforo Disponível (%)	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Lisina (%)	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
Aminoácidos sulfurados (%)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Treonina (%)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Valina (%)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Fibra Bruta (%)	3.21	3.21	3.21	3.21	3.21

[1]Suplemento vitamínico para frangos de corte. Níveis de garantia (1 a 2 kg/ton): Ácido Fólico (min) 700 mg/kg, Ácido Pantotênico (min) 8.000 mg/kg, Biotina (min) 60 mg/kg, Niacina (min) 30 g/kg, Selênio (min) 400 mg/kg, Vitamina A (min) 8 000 000 .00 UI/kg, Vitamina B1 (min) 3.000 mg/kg, Vitamina B12 10.000 mcg/kg, Vitamina B2 (min) 4.000 mg/kg, Vitamina B6 (min) 2.000 mg/kg, Vitamina D3 (min) 2.000.000 UI/kg, Vitamina E (min) 15.000 UI/kg, Vitamina K3 (min) 2.000 mg/kg. [2]Suplemento mineral para frangos de corte. Níveis de garantia (0.5 a 1 kg/ton): Zinco (min) 126 g/kg, Cobre (min) 126 g/kg, Iodo (min) 2520 mg/kg, Fero (min) 105 g/kg, Manganês (min) 126 g/kg. [3]Areia lavada. [4]94.60% de lignina, compostos fenólicos: 1.16% de guaiacol e 1.82% de siringol, e o restante da composição corresponde a cerca de 3% de cinzas e carboidratos (xilose e glicose). [5]Antimicrobiano melhorador de desempenho (bacitracina de zinco) somente utilizada na dieta controle positivo.

Tabela 7. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase crescimento (22 a 35 dias)

	Tratamentos				
Ingredientes (%)	CP*	CN	CN1	CN2	CN3
Milho	53.27	53.27	53.27	53.27	53.27
Farelo de soja	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18
Óleo Degomado	6.57	6.57	6.57	6.57	6.57
Fosfato Bicálcico	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Calcário Calcítico	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Sal Comum	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Metionina	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Lisina	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Treonina	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Valina	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Suplemento Vitamínico[1]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Suplemento Mineral[2]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Inerte[3]	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00
Lignina[4]	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00
Antimicrobiano[5]	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	Níveis Nutricionais Calculados				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína Bruta (%)	22.62	22.62	22.62	22.62	22.62
Cálcio (%)	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Fósforo Disponível (%)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Lisina (%)	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
Aminoácidos sulfurados (%)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina (%)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Valina (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Fibra Bruta (%)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

[1]Suplemento vitamínico para frangos de corte. Níveis de garantia (1 kg/ton): Ácido Fólico (min) 700 mg/kg, Ácido Pantotênico (min) 8.000 mg/kg, Biotina (min) 60 mg/kg, Niacina (min) 30 g/kg, Selênio (min) 400 mg/kg, Vitamina A (min) 8 000 000 .00 UI/kg, Vitamina B1 (min) 3.000 mg/kg, Vitamina B12 10.000 mcg/kg, Vitamina B2 (min) 4.000 mg/kg, Vitamina B6 (min) 2.000 mg/kg, Vitamina D3 (min) 2.000.000 UI/kg, Vitamina E (min) 15.000 UI/kg, Vitamina K3 (min) 2.000 mg/kg. [2]Suplemento mineral para frangos de corte. Níveis de garantia (0.5 kg/ton): Zinco (min) 126 g/kg, Cobre (min) 126 g/kg, Iodo (min) 2520 mg/kg, Fero (min) 105 g/kg, Manganês (min) 126 g/kg. [3]Areia lavada. [4]94.60% de lignina, compostos fenólicos: 1.16% de guaiacol e 1.82% de siringol, e o restante da composição corresponde a cerca de 3% de cinzas e carboidratos (xilose e glicose). [5]Antimicrobiano melhorador de desempenho (bacitracina de zinco) somente utilizada na dieta controle positivo.

Tabela 8. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase final (36 a 42 dias)

	Tratamentos				
Ingredientes (%)	CP*	CN	CN1	CN2	CN3
Milho	56.42	56.42	56.42	56.42	56.42
Farelo de soja	30.54	30.54	30.54	30.54	30.54
Óleo Degomado	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59
Fosfato Bicálcico	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Calcário Calcítico	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Sal Comum	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Metionina	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Lisina	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Treonina	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Valina	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Suplemento Vitamínico[1]	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Suplemento Mineral[2]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Inerte[3]	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00
Lignina[4]	0.00	0.00	1.00	2.00	3.00
Antimicrobiano[5]	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	Níveis Nutricionais Calculados				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3250	3250	3250	3250	3250
Proteína Bruta (%)	19.54	19.54	19.54	19.54	19.54
Cálcio (%)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Fósforo Disponível (%)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Lisina (%)	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
Aminoácidos sulfurados (%)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina (%)	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Valina (%)	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Fibra Bruta (%)	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91

[1]Suplemento vitamínico para frangos de corte. Níveis de garantia (1 kg/ton): Ácido Fólico (min) 700 mg/kg, Ácido Pantotênico (min) 8.000 mg/kg, Biotina (min) 60 mg/kg, Niacina (min) 30 g/kg, Selênio (min) 400 mg/kg, Vitamina A (min) 8 000 000.00 UI/kg, Vitamina B1 (min) 3.000 mg/kg, Vitamina B12 10.000 mcg/kg, Vitamina B2 (min) 4.000 mg/kg, Vitamina B6 (min) 2.000 mg/kg, Vitamina D3 (min) 2.000.000 UI/kg, Vitamina E (min) 15.000 UI/kg, Vitamina K3 (min) 2.000 mg/kg. [2]Suplemento mineral para frangos de corte. Níveis de garantia (0.5 kg/ton): Zinco (min) 126 g/kg, Cobre (min) 126 g/kg, Iodo (min) 2520 mg/kg, Fero (min) 105 g/kg, Manganês (min) 126 g/kg. [3]Areia lavada. [4]94.60% de lignina, compostos fenólicos: 1.16% de guaiacol e 1.82% de siringol, e o restante da composição corresponde a cerca de 3% de cinzas e carboidratos (xilose e glicose). [5]Antimicrobiano melhorador de desempenho (bacitracina de zinco) somente utilizada na dieta controle positivo.

2.4 Desafio Sanitário

Para promover condições sanitárias semelhante à encontrada nas granjas comerciais, todas as aves foram alojadas/criadas em cama reutilizada e as instalações não foram lavadas/desinfetadas após a retirada do lote anterior. Aos 10 dias de idade através de gavagem, foi realizado um desafio vacinal de coccidiose, utilizando 10 vezes a dose recomendada pelo fabricante (Biococcivet R - Biovet), a fim de desafiar o trato gastrointestinal das aves (Figura 10). Essa prática baseia-se na indução de um desequilíbrio na microflora bacteriana natural do trato gastrointestinal das aves, buscando aumentar a concentração de bactérias patogênicas em relação às benéficas, a fim de avaliar a eficácia da suplementação de lignina na dieta.

Figura 10. Desafio sanitário

Fonte: Própria autoria

2.5 Desempenho Produtivo

Os dados de desempenho foram obtidos aos 7, 21, 35 e 42 dias de idade, tais como:

Peso Médio (kg): determinado a partir da pesagem de todos os animais e posteriormente o resultado foi dividido pelo número de animais pesados por box.

Ganho de Peso (kg): determinado a partir da diferença entre o peso inicial e final, e o resultado dividido pelo número de animais alojados.

Consumo de Ração (kg): determinado a partir da diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e as sobras resultantes ao fim dos períodos.

Conversão Alimentar (kg/kg): determinada a partir da divisão entre o consumo de ração e o ganho de peso no período avaliado.

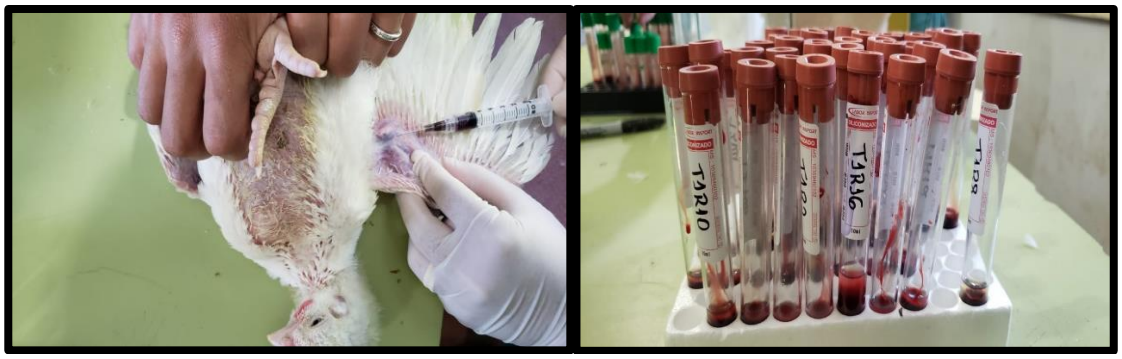
Viabilidade (%): calculada por meio do número total de aves alojadas, subtraído pelo número de animais mortos registrados, o resultado divido pelo número total de aves alojadas, multiplicando por 100.

Índice de eficiência produtiva: ((Ganho de peso x Viabilidade) / (Conversão alimentar x Idade em dias)) x 100

2.6 Parâmetros Sanguíneos

Aos 21 e 42 dias, foram coletadas amostras de sangue de uma ave com peso próximo ao peso médio do box, de 8 parcelas por tratamento, através de tubos vacutainer heparinizados (Figura 11). As amostras foram centrifugadas, congeladas e encaminhadas ao Laboratório Clínico Veterinário da Unidade Didático Clínico Hospitalar – ZMV - FZEA/ USP para análises de HDL, LDL, HLDL e triglicerídeos.

Figura 11. Coleta de sangue



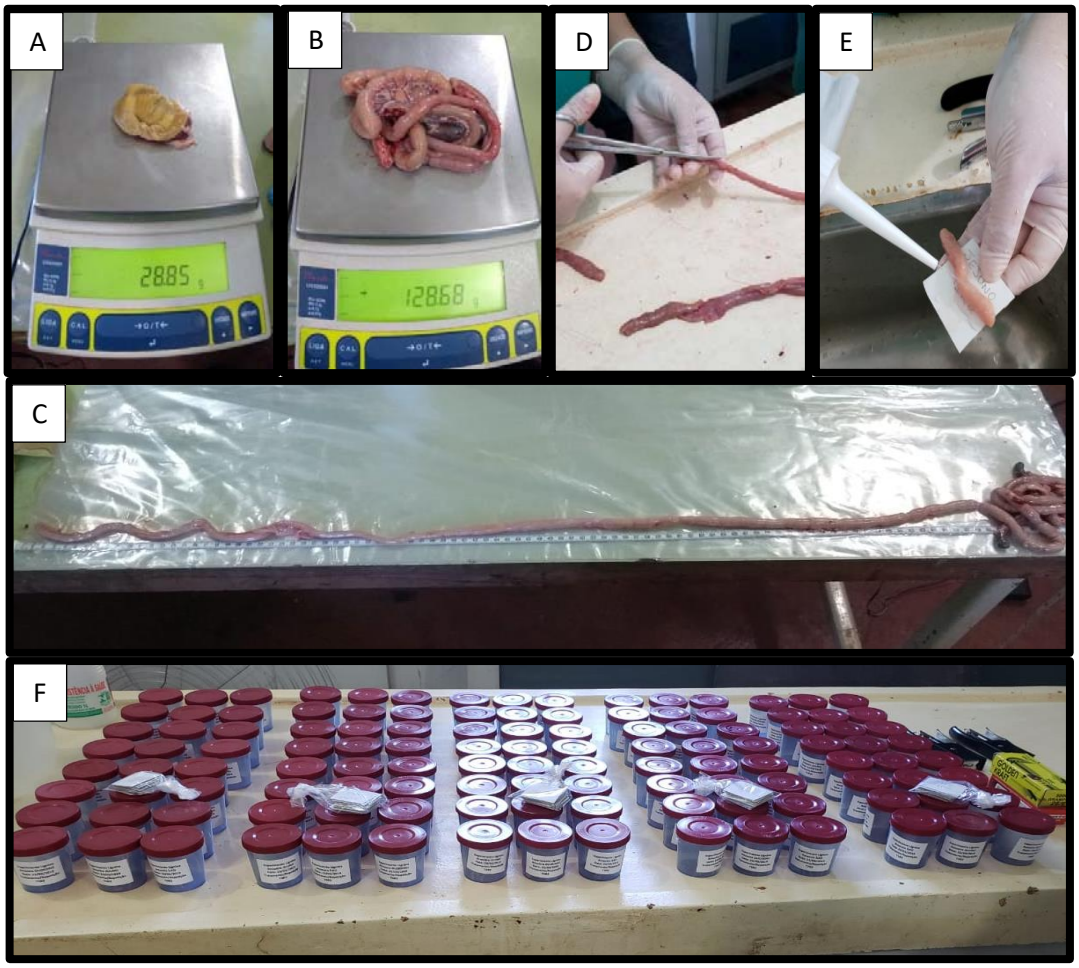
Fonte: Própria autoria

2.7 Morfometria Intestinal

Aos 21 e 42 dias de idade, uma ave com peso médio próximo ao peso médio do box, de 8 parcelas por tratamento, foi pesada e sacrificada por deslocamento cervical. Para a obtenção dos dados de morfometria intestinal foi retirado o trato intestinal das aves na qual foram feitas as avaliações como: pesagem da moela, pesagem do intestino, comprimento do intestino, e posteriormente o intestino foi dissecado e os segmentos duodeno, jejuno e íleo foram separados para a análise da altura das vilosidades e profundidade das criptas (Figura 12). As amostras dos fragmentos de intestino (duodeno, jejuno e íleo) com aproximadamente, dois centímetros de comprimento foram coletados, fixados em solução de formol a 10% e encaminhados ao

Laboratório de Oncologia Comparada e Translacional – LOCT/ZMV - FZEA/ USP. As amostras foram processadas de acordo com as técnicas rotineiras de histologia (PROPHET et al., 1992). Em seguida, preparados cortes histológicos corados em H&E para análise histológica.

Figura 12. Análises de morfometria intestinal

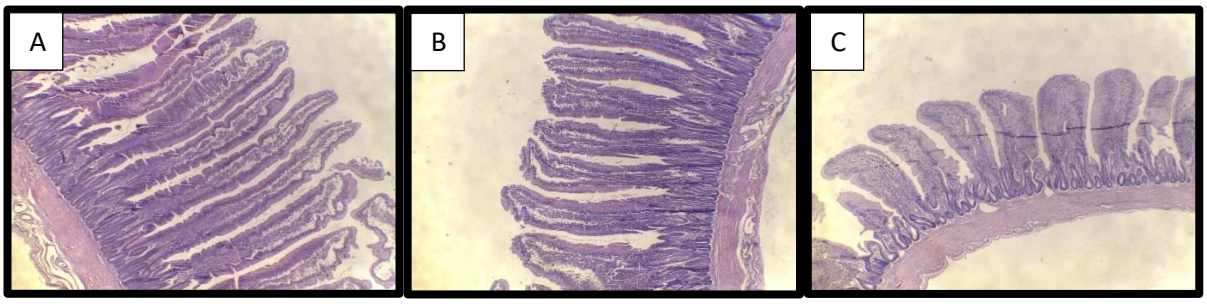


A: Pesagem da moela; B: Pesagem do intestino; C: Comprimento do intestino;
D: Corte dos segmentos; E: Separação dos segmentos; F: Identificação das amostras
Fonte: Própria autoria

Para cada segmento, foram obtidas fotomicrografias digitais à objetiva de 4x, com a utilização de um microscópio (Leica DM500, Leica®) acoplado a câmera digital de alta resolução (Leica ICC50 HD®, Leica®) e software para captura de imagens (Leica Acquire®, Leica®) (Figura 13). Em seguida, quantificadas as alturas e profundidades de 10 vilosidades e 10 criptas intestinais, respectivamente, por animal, com auxílio do software ImageJ (NIH, USA). As vilosidades foram selecionadas com base em sua integridade estrutural, e

posicionamento do corte histológico, que deve obter corte ao centro da estrutura (Figura 14) (ALVARENGA et al., 2004; FONSECA, et al., 2010).

Figura 13. Fotomicrografias dos segmentos



A: Duodeno; B: Jejuno; C: Íleo

Fonte: Própria autoria

Figura 14. Altura da vilosidade e profundidade de cripta

A: Altura da vilosidade; B: Profundidade de cripta

Fonte: Própria autoria

2.8 Rendimento de Carcaça e Gordura Abdominal

Ao final do experimento (42 dias de idade), foram selecionadas duas aves de cada repetição com peso próximo ao peso médio do box. As aves foram pesadas individualmente, identificadas através de anilhas e após o jejum de aproximadamente 12 horas, para o esvaziamento do trato gastrointestinal, foram levadas ao Abatedouro Escola da Universidade de São Paulo.

As aves foram abatidas através do método de insensibilização (eletronarcose), posteriormente, feita a sangria, escalda, depenação e evisceração (Figura 16). No momento da evisceração foi retirada a gordura abdominal (gordura aderida na moela + cavidade abdominal) e pesada. Em seguida, as carcaças foram levadas e resfriadas em câmaras frigorificas por aproximadamente 3 horas e posteriormente, foram pesadas. Na determinação do rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada (sem cabeça, pescoço e pés) em relação ao peso vivo da ave após o jejum, antes do abate.

Figura 15. Carcaças evisceradas

Fonte: Própria autoria

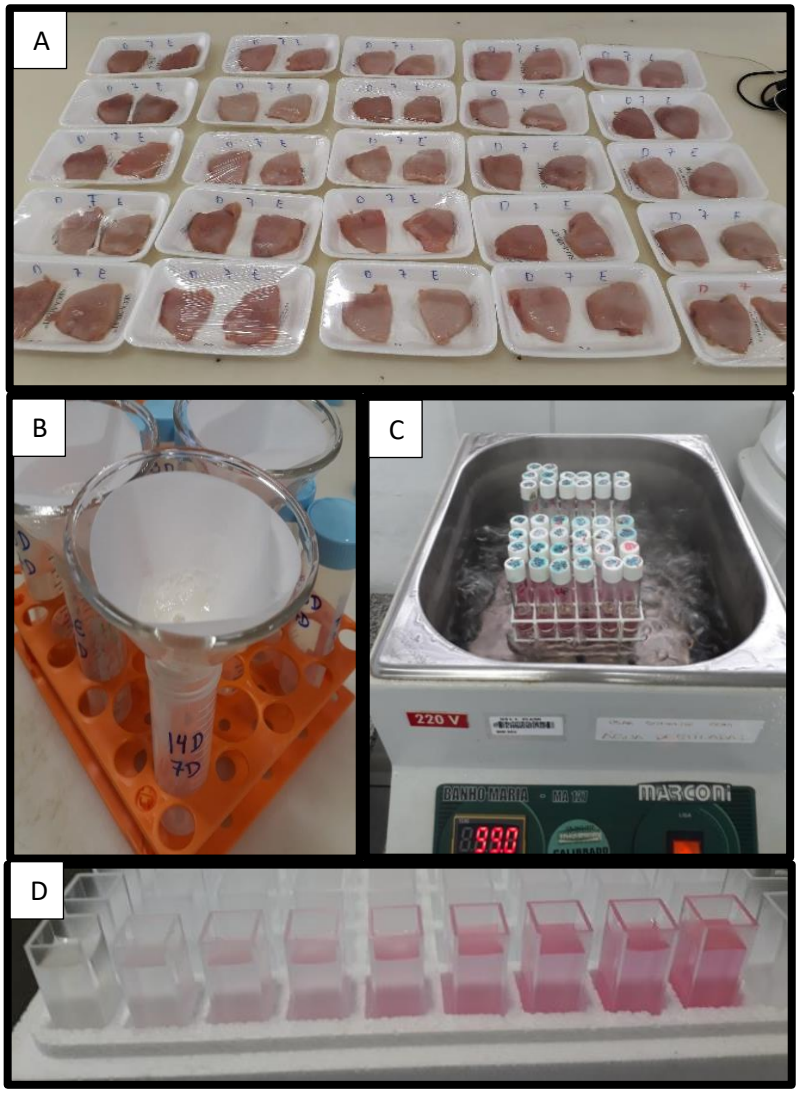
2.9 Oxidação Lipídica

No momento da pesagem das carcaças, foram selecionados o peito de 5 aves de cada tratamento, onde foram desossados, tirado a pele e identificados.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade de Carne (LAAQC), da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP), onde os peitos foram separados em direito e esquerdo, e seccionados em três partes para análises de oxidação lipídica. Em seguida, as amostras foram colocadas em bandejas de poliestireno contendo papel absorvente e embrulhadas em papel filme permeável ao oxigênio por 0, 7, e 14 dias sob condições simuladas de exposição no varejo (2°C e iluminação de 1.000 lux). Após cada período de exposição, as amostras foram coletadas, identificadas e armazenadas em freezer a -20ºC até o momento da análise de oxidação lipídica.

Na análise de oxidação lipídica, as amostras foram homogeneizadas com ácido tricloroacético (TCA) em ultra-turrax, filtradas, homogeneizadas com ácido tiobarbitúrico (TBA) e encubadas em banho-maria por 40 minutos a 100ºC para a determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acordo com a metodologia proposta por Vyncke (1975) e modificada por Sorensen e Jorgensen, 1996. Preparou-se também uma curva padrão com oito pontos utilizando-se uma solução de tetraetoxipropano de concentração conhecida para obtenção da concentração de malonaldeído nas amostras a partir da equação fornecida pela curva (Figura 17). Os resultados foram expressos em µg malonaldeído/kg amostra. As leituras de absorbância foram realizadas no comprimento de onda de 532 nm e 600 nm.

Figura 16. Análise de oxidação lipídica



A: Amostras identificadas e embrulhadas em papel filme permeável ao oxigênio;
B: Amostra sendo filtrada após homogeneização com TCA; C: Amostras encubadas no banho-maria após adição de TBA; D: Curva padrão após periodo de encubação.
Fonte: Própria autoria

2.10 Análise Estatística

Todas as análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o *software* Statistical Analysis System (SAS, Versão 9.4) considerando o nível de significância de 5%. Para cada variável estudada, após a verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene e a normalidade dos resíduos dos dados utilizando o teste Shapiro Wilk, foi realizada a análise de variância. Em caso de diferença significativa (P<0.05), as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey, as médias dos tratamentos foram comparadas com o tratamento controle positivo pelo teste de Dunnet e os níveis de lignina foram avaliados por meio de equações polinomiais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho Produtivo

Os resultados referentes ao desempenho produtivo estão apresentados na Tabela 9.

Aos 7 dias de idade não houve efeito significativo para nenhum dos parâmetros avaliados (P>0.05).

Aos 21 dias, o CMR e CA apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos analisados (P<0.05). No comparativo com o tratamento controle positivo, podemos observar que não houve efeito significativo (P>0.05), contudo, na comparação entre os níveis, houve resposta polinomial quadrática para a variável consumo médio de ração, e para a variável conversão alimentar, houve resposta linear decrescente.

Aos 35 dias de idade das aves, foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas (P<0.05). No comparativo com o tratamento controle positivo, podemos observar que não houve efeito significativo (P>0.05), porém, na comparação entre os níveis de lignina, houve resposta polinomial quadrática para a variável conversão alimentar, com resposta linear decrescente.

E aos 42 dias de idade, pode-se observar que houve respostas significativas entre os tratamentos (P<0.05), onde os diferentes níveis de inclusão de lignina na dieta apresentaram resultados inferiores em comparação ao controle positivo.

Tabela 9. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no período de 1 a 42 dias de idade

	Tratamentos[1]							
Variáveis	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
				7 dias				
CMR (kg)	0.149	0.147	0.150	0.149	0.151	0.011	0.719	7.261
PM (kg)	0.190	0.187	0.189	0.189	0.188	0.007	0.670	3.812
GPM (kg)	0.149	0.146	0.148	0.148	0.146	0.007	0.603	4.874
CA (kg/kg)	1.003	1.007	1.017	1.007	1.035	0.067	0.576	6.654
				21 dias				
CMR (kg)[4]	1.274 [a]	1.223 [b]	1.259 [ab]	1.273 [a]	1.255 [ab]	0.057	0.036	4.532
PM (kg)	1.096	1.070	1.082	1.095	1.066	0.041	0.072	3.816
GPM (kg)	1.059	1.029	1.042	1.054	1.026	0.043	0.057	4.148
CA (kg/kg)[5]	1.203 [ab]	1.181 [b]	1.200 [ab]	1.208 [a]	1.218 [a]	0.028	0.002	2.315
				35 dias				
CMR (kg)	3.362 [a]	3.174 [b]	3.212 [ab*]	3.271 [ab]	3.188 [b*]	0.175	0.0058	5.394
PM (kg)	2.450 [a]	2.346 [b]	2.296 [b*]	2.322 [b*]	2.265 [b*]	0.097	<.0001	4.143
GPM (kg)	2.456 [a]	2.349 [b]	2.299 [b*]	2.330 [b*]	2.267 [b*]	0.103	<.0001	4.388
CA (kg/kg)[6]	1.369 [ab]	1.351 [b]	1.397 [a]	1.404 [a]	1.407 [a]	0.048	0.001	3.443
				42 dias				
CMR (kg)	4.411	4.287	4.464	4.396	4.421	0.284	0.373	6.452
PM (kg)	3.085 [a]	2.981 [ab]	2.934 [b*]	2.959 [b*]	2.909 [b*]	0.119	0.0001	4.026
GPM (kg)	3.091 [a]	2.987 [ab]	2.936 [b*]	2.967 [b*]	2.928 [b*]	0.136	0.0019	4.563
CA (kg/kg)	1.428 [b]	1.452 [ab]	1.521 [a*]	1.482 [ab]	1.511 [a*]	0.082	0.0021	5.543
IEP	512.78 [a]	484.43 [ab]	453.56 [b*]	472.78 [b*]	456.65 [b*]	41.670	<.0001	8.753

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; CRM: Consumo médio de ração; PM: Peso médio; GPM: Ganho de peso; CA: Conversão alimentar, IEP: índice de eficiência produtiva; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0.05$); *Difere do CP pelo teste de Dunnet ($P<0.05$); [4]CRM: $Y = 1.222 + 0.053.x - 0.014.x^2$ $R^2 = 0.100$; [5]CA: $Y = 1.184 + 0.012.x$ $R^2 = 0.211$; [6]CA: $Y = 1.353 + 0.050.x - 0.011.x^2$ $R^2 = 0.201$

Na literatura, os efeitos benéficos atribuídos aos aditivos extraídos das plantas estão associados as diversas classes de princípios ativos, que podem conferir desde atividade antimicrobiana, como também antifúngica, antiflamatória e antioxidante (BURT, 2004; TOLEDO et al., 2009). Estas substâncias podem agir estimulando as enzimas digestivas e pancreáticas, modular a microbiota intestinal, reduzir microrganismos patogênicos, como também melhorar a resposta imunológica (JANG et al., 2007). No entanto, existem variações nos efeitos dos diferentes compostos fenólicos apresentados na literatura, e isso se deve provavelmente pela dosagem, origem do composto ativo, diferenças na dieta, diferenças na espécie animal e entre outras.

Assim, no presente estudo podemos observar que os compostos fenólicos presentes na lignina não foram capazes de melhorar o desempenho dos frangos, contudo, não significa que os mesmos não apresentaram estas propriedades, mas que possivelmente, as condições experimentais não foram suficientes para que as aves apresentassem o seu máximo potencial.

3.2 Parâmetros Sanguíneos

Aos 21 dias não foram observadas diferenças significativas para nenhuma das variáveis analisadas ($P>0.05$). No entanto, aos 42 dias de idade das aves houve efeito significativo ($P<0.05$) entre os tratamentos para as variáveis concentração de colesterol e de lipoproteína de alta densidade (HDL) (Tabela 10).

Na comparação entre os níveis pode-se observar resposta linear, onde os diferentes níveis de lignina na dieta promoveram diminuição do teor de colesterol no sangue. Assim como, as aves alimentadas com 1 e 2% de lignina na dieta apresentaram resultados semelhantes ao controle positivo e negativo na concentração de lipoproteína de alta densidade (HDL) no sangue.

O HDL atua na retirada do colesterol em excesso no organismo, guiando para o fígado onde será degradado (LIMA e COUTO, 2015). Neste estudo, a maior concentração de HDL com a inclusão de 1 e 2% de lignina na dieta das aves podem estar relacionados com a presença dos compostos fenólicos presentes, estas substâncias têm a capacidade de reduzir a peroxidação lipídica das lipoproteínas (OLIVEIRA et al., 2006).

A redução do colesterol está relacionada com a modulação do metabolismo e secreção destes compostos pela presença dos compostos fenólicos que podem influenciar no aumento da atividade da enzima lecitina colesterol aciltransferase (LCAT), essa enzima encontra-se presente na superfície do HDL (SUDHEESH, 1997).

Tabela 10. Parâmetros Sanguíneos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

Variáveis	*Tratamentos*[1]							
(mg/dL)	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
				21 dias				
TRI	80.913	84.038	69.700	59.863	85.075	27.291	0.302	35.948
COL	96.713	90.475	94.288	97.075	96.750	12.392	0.802	13.036
HDL	64.688	59.000	61.300	66.925	64.825	8.703	0.394	13.738
LDL	15.775	14.600	18.988	18.150	14.925	8.009	0.747	48.579
VLDL	16.250	14.714	14.000	12.000	17.000	4.731	0.262	31.956
				42 dias				
TRI	68.688	93.771	88.375	93.613	67.600	24.356	0.090	29.522
COL	111.910 [a]	110.740 [a]	98.313 [ab]	95.963 [ab*]	92.129 [b*]	11.803	0.005	11.565
HDL	72.263 [a]	66.063 [ab]	62.975 [ab*]	64.343 [ab*]	60.071 [b*]	7.476	0.040	11.449
LDL	25.900	21.800	17.588	12.686	18.771	8.545	0.062	43.737
VLDL	13.750	18.857	17.750	18.750	13.286	4.814	0.068	29.176

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; TRI: Triglicerídeos; COL: Colesterol; HDL: Lipoproteínas de alta densidade; LDL: Lipoproteínas de baixa densidade; VLDL: Lipoproteínas de muito baixa densidade; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05); *Difere do CP pelo teste de Dunnet (P<0.05); [4]COL: Y = 108.055 – 5.882.x R^2 = 0.242

3.3 Morfometria Intestinal

Os resultados referentes as variáveis de desenvolvimento dos órgãos digestivos estão apresentadas na Tabela 11 e os de morfometria intestinal na Tabela 12 e 13.

Em relação as análises realizadas aos 21 dias, foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas (P<0.05). Aos 42 dias foram observadas diferenças significativas apenas para o comprimento do intestino (P<0.05).

No comparativo com o tratamento controle positivo, podemos observar que aos 21 dias de idade as aves alimentadas com 1 e 2% de lignina na dieta apresentaram peso da moela semelhantes, assim como todos os níveis de lignina testados obtiveram maior comprimento de intestino, promovendo respostas com efeito quadrático. Aos 42 dias as aves alimentadas com

diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram maiores comprimentos de intestino em comparação com o tratamento controle positivo, através de respostas com efeito quadrático.

Tabela 11. Desenvolvimento dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

	Tratamentos[1]							
Variáveis	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
				21 dias				
PA (kg)	1.211 [a]	1.095 [b]	1.205 [a]	1.201 [a]	1.198 [a]	0.058	0.002	4.923
PM (g)[4]	30.274 [a]	25.941 [b]	26.548 [ab*]	27.789 [ab]	25.380 [b*]	2.831	0.012	10.413
PI (g)	115.32 [ab]	109.03 [b]	124.24 [a]	122.15 [ab]	123.19 [ab]	10.448	0.029	8.796
CI (m)[5]	1.844 [b]	1.841 [b]	2.046 [a]	2.055 [a*]	2.008 [ab]	0.157	0.012	7.999
				42 dias				
PA (kg)	3.479	3.360	3.403	3.245	3.300	0.180	0.113	5.362
PM (g)	55.899	54.469	56.468	53.485	50.628	7.523	0.561	13.882
PI (g)	206.191	210.151	241.873	220.861	241.301	30.720	0.068	13.710
CI (m)[6]	2.328 [b]	2.428 [ab]	2.592 [a*]	2.532 [ab]	2.652 [a*]	0.190	0.013	7.600

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; PA: Peso da ave; PM: Peso da moela; PI: Peso do intestino; CI: Comprimento do intestino; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P<0.05$); *Difere do CP pelo teste de Dunnet ($P<0.05$); [4]PM: $Y = 1.101 + 0.114.x – 0.028.x^2$ $R^2 = 0.392$; [5]PI: $Y = 110.051 + 14.663.x – 3.542.x^2$ $R^2 = 0.246$; [6]CI: $Y = 1.848 + 0.240.x – 0.063.x^2$ $R^2 = 0.231$

Na literatura, as alterações no comprimento ou peso dos órgãos intestinais devido à inclusão de fontes de fibras não são totalmente compreendidas. Porém, Em geral, supõe-se que o aumento no comprimento do intestino, contribui para maior peso de intestino (UNI et al., 2003). E isto foi observado neste estudo, onde os diferentes níveis de inclusão de lignina na dieta das aves promoveram melhores resultados.

Outro ponto, é que o comprimento do intestino pode ser considerado um parâmetro indicador do bom desenvolvimento da mucosa intestinal, com reflexo direto sobre a saúde intestinal e absorção dos nutrientes, pois quanto maior o intestino, maior será a área de exposição dos nutrientes nas células absortivas (GOMES et al., 2007).

Tabela 12. Morfometria intestinal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 21 dias

Variáveis	*Tratamentos*[1]							
(μm)	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
				Duodeno				
AV	1154.382	1222.811	1224.141	1201.778	1126.526	136.536	0.570	11.786
PC[4]	207.209 [ab]	236.675 [a]	209.723 [ab]	208.375 [ab]	168.517 [b]	42.154	0.049	20.453
AV:PC	5.589	5.613	5.699	5.976	6.722	1.009	0.167	16.997
				Jejuno				
AV	873.602	904.444	924.195	913.091	994.243	153.319	0.613	16.630
PC	170.714	188.83	170.092	162.873	182.126	32.373	0.519	18.507
AV:PC	5.168 [b]	4.920 [b]	5.435 [a]	5.702 [a]	5.519 [a]	0.781	0.312	14.598
				Íleo				
AV	551.598	527.723	561.008	521.318	481.763	80.245	0.333	15.178
PC	122.496	117.708	123.694	108.957	126.503	14.118	0.132	11.777
AV:PC	4.515 [ab]	4.477 [ab]	4.547 [ab]	4.850 [a]	3.806 [b*]	0.577	0.016	13.000

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; AV: Altura da vilosidade; PC: Profundidade de cripta; AV:PC: Relação da altura da vilosidade com a profundidade de cripta; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05); *Difere do CP pelo teste de Dunnet (P<0.05); [4]PC: Y = 236.6956 – 20.5822 R^2 = 0.219

Em relação a morfometria intestinal aos 21 dias, os diferentes segmentos do intestino apresentaram efeito significativo (P<0.05) entre os tratamentos. No duodeno, pode-se observar que na medida que foi aumentando os níveis de inclusão de lignina na dieta os resultados de profundidade foram caindo linearmente. E mesmo não tendo efeito estatística significativo, pode-se observar que os diferentes níveis de lignina apresentaram melhores relações entre as alturas das vilosidades e profundidade de criptas.

No Jejuno, observa-se que a relação AV:PC foram maiores nos diferentes níveis de inclusão da lignina. Assim como, foi observado no íleo as aves alimentadas com 1 e 2 % de lignina na dieta apresentaram melhores relações AV:PC.

As vilosidades intestinais estão constantemente sendo renovadas, há a perda de células no ápice dos vilos e sendo os vilos renovados a partir das células das criptas. A velocidade em que ocorre esta renovação determinará o tamanho dos vilos. Quanto maior o tamanho do vilo, maior será sua área de absorção de nutrientes e criptas rasas indicam melhor estado de saúde

intestinal (FURLAN et al., 2004; VIOLA e VIEIRA, 2007), sendo que em condições normais quanto maior a relação vilo/cripta melhor será a absorção de nutrientes e menores perdas energéticas com a renovação celular (KUZMUK et al., 2005; ARRUDA et al., 2008).

Os compostos fenólicos podem auxiliar no desenvolvimento e saúde da mucosa intestinal de diferentes formas, seja por sua ação antioxidante protegendo as células intestinais de possíveis inflamações, decorrentes do estresse ou pela sua capacidade antimicrobiana de modular a microbiota intestinal, pela redução de microrganismos patogênicos (MCLEAN et al., 2005; LEE et al., 2006). Desta maneira, pode-se dizer que os compostos fenólicos oriundos da lignina testada neste estudo agiram como um agente trófico indireto na mucosa intestinal das aves.

Tabela 13. Morfometria intestinal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 42 dias

Variáveis	*Tratamentos*[1]							
(μm)	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
				Duodeno				
AV	1450.283	1380.320	1374.247	1287.462	1295.680	138.376	0.133	10.193
PC	218.351	219.441	257.277	240.746	223.256	32.653	0.098	14.086
AV:PC[4]	6.876 [a]	6.377 [ab]	5.383 [b*]	5.361 [b*]	5.821 [ab*]	14.131	0.003	14.131
				Jejuno				
AV	962.864	911.194	882.913	925.644	889.828	110.267	0.616	12.058
PC	163.023	172.040	165.771	169.282	153.674	25.900	0.667	15.720
AV:PC	6.038	5.335	5.436	5.519	5.810	0.752	0.332	13.358
				Íleo				
AV	616.937	684.850	684.157	600.257	651.088	77.813	0.123	12.018
PC[5]	104.197 [b]	105.388 [b]	110.345 [ab]	126.475 [a*]	108.464 [ab]	13.804	0.019	12.439
AV:PC[6]	5.927 [a]	6.553 [a]	6.200 [a]	4.821 [b]	6.031 [a*]	0.682	0.000	11.539

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; AV: Altura da vilosidade; PC: Profundidade de cripta; AV:PC: Relação da altura da vilosidade com a profundidade de cripta; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05); *Difere do CP pelo teste de Dunnet (P<0.05); [4]PC: Y = 6.3526 – 1.2594.x + 0.3634.x2 R2 = 0.327; [5]PC: Y = 105.3884 – 15.7357.x + 28.2443.x2 – 7.5524.x3 R2 = 0.263; [6]AV:PC: Y = 6.5527 + 1.3668.x – 2.3220.x2 + 0.6028.x3 R2 = 0.4831

Os resultados de morfometria intestinal obtidos aos 42 dias, pode-se observar que as diferentes inclusões de lignina na dieta apresentaram efeito significativo ($P<0.05$) sobre a relação AV:PC no duodeno, promovendo respostas com efeito quadrático.

No íleo também foi observado efeito significativo ($P<0.05$) para as variáveis profundidade de cripta e a relação entre as vilosidades e profundidades. Os tratamentos com diferentes inclusões de lignina apresentaram respostas polinomiais cúbicas.

A absorção dos nutrientes presentes nos alimentos é dependente do mecanismo que ocorrem na mucosa intestinal, por isso a integridade das células epiteliais e a ação das enzimas digestivas são fundamentais para que os nutrientes sejam aproveitados. No entanto, para que isso corra de forma efetiva, é necessário conhecer os ingredientes e/ou aditivos que serão utilizados com este intuito, uma vez que podem atuar de formas distintas no metabolismo das aves (BRITO et al., 2008).

Nos estudos realizados por Baurhoo et al. (2007a), ao adicionar lignina Alcell (1.25%) na dieta de frangos de corte, observou aumento na altura das vilosidades e no número de células caliciformes, porém nos níveis mais altos (2.5%) não observou este mesmo comportamento. Sabemos que as vilosidades são estruturas importantes no intestino, principalmente por conta do seu envolvimento com a absorção de nutrientes, e apesar de que neste estudo em nenhum dos dois períodos avaliados apresentaram efeito significativo para a altura das vilosidades, pode-se observar que a adição da lignina na dieta das aves não influenciou negativamente, sugerindo como uma possível ação prebiótica no intestino.

Os achados encontrados no íleo neste estudo corroboram com o estudo realizado por Sarikahn et al. (2010), que ao avaliar diferentes níveis de lignoceluloses (0.25; 0.5 e 0.75%) na dieta de frangos de corte apresentaram melhores alturas das vilosidades ileais e relação entre vilosidade e profundidade. Da mesma forma, foi encontrado este mesmo comportamento com até 2% de lignoceluloses na dieta de frangos de corte (SOZCU, 2019).

Esse comportamento nos resultados pode estar relacionado com a função prioritária dos diferentes segmentos, uma vez que as vilosidades e profundidades em cada segmento tem suas particularidades e diferenciações (RUTZ, 2002; BOLELI et al., 2002). Além disso, nas aves, grandes quantidades de carreadores de membrana estão localizadas no íleo, o que o torna principal sítio de absorção dos aminoácidos e justifica o comportamento diferente em relação ao duodeno e jejuno (RUTZ, 2002).

3.4 Rendimento de Carcaça e Gordura Abdominal

Os resultados das variáveis referente ao rendimento de carcaça e gordura abdominal estão apresentados na Tabela 14.

Pode-se observar que todas as variáveis apresentaram efeito significativo (P<0.05) entre os tratamentos. Em relação ao peso de carcaça quente, todos os tratamentos apresentaram carcaças mais pesadas, diferindo apenas do tratamento com a inclusão de 3% de lignina na dieta. No peso de carcaça fria e rendimento de carcaça, os diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram pesos inferiores em comparação ao tratamento controle positivo.

Em relação a gordura abdominal, pode-se observar uma resposta linear, onde as aves alimentadas com 2 e 3% de lignina na dieta apresentaram menor deposição de gordura abdominal na carcaça.

Tabela 14. Rendimento de carcaça e gordura abdominal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

	Tratamentos[1]							
Variáveis	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
PCQ (kg)[4]	3.114 [a]	3.096 [a]	2.995 [ab*]	3.049 [ab]	2.955 [b*]	0.201	0.002	6.602
PCF (kg)[5]	2.176 [a]	2.139 [ab]	2.051 [bc*]	2.097 [abc]	2.014 [c*]	0.154	<.0001	7.358
RC (%)	69.857 [a]	69.064 [ab]	68.491 [b*]	68.775 [b*]	68.081 [b*]	1.752	0.000	2.545
GA (g)[6]	0.036 [a]	0.032 [a]	0.032 [a]	0.031 [b]	0.025 [b*]	0.010	0.000	33.551

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; PCQ: Peso da carcaça quente; PCF: Peso da carcaça fria; RC: Rendimento de carcaça; GA: Gordura abdominal; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05); *Difere do CP pelo teste de Dunnet (P<0.05); [4]PCQ: $Y = 3.096 – 0.281.x + 0.229.x^2 – 0.051.x^3$ $R^2 = 0.074$; [5]PCF: $Y = 2.139 – 0.244.x + 0.199.x^2 – 0.044.x^3$ $R^2 = 0.092$; [6]GA: $Y = 0.033 – 0.002.x$ $R^2 = 0.041$

3.5 Oxidação Lipídica

Os resultados referentes a oxidação lipídica estão apresentados na Tabela 16.

Pode-se observar que todas as variáveis apresentaram efeito significativo (P<0.05) entre os tratamentos avaliados (Tabela 15).

Os resultados obtidos no primeiro dia (D0) demostraram que os diferentes níveis de lignina na dieta apresentaram maiores índices de oxidação lipídica nesse período inicial. Contudo, no sétimo e décimo quarto dia de armazenamento, pode-se observar que a inclusão

de 2% de lignina na dieta foi capaz de conter a progressão da oxidação lipídica. Na comparação entre os níveis, pode-se observar resposta polinomial cúbica para todos os parâmetros avaliados.

A oxidação lipídica é o principal processo que ocorre perda da qualidade de carne, depois da deterioração microbiana, causando alteração no odor, sabor e pigmentação da carne (GRAY et al., 1996).

Tabela 15. Oxidação lipídica da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

Variáveis	*Tratamentos*[1]							
(dias)	**CP**	**CN**	**CN1**	**CN2**	**CN3**	*EPM* [2]	*P-valor*	*CV (%)*[3]
D0[4]	0.537 [bc]	0.441 [c]	0.718 [ab]	0.629 [abc]	0.8497 [a*]	0.183	0.000	29.050
D7[5]	1.274 [ab]	1.117 [b]	1.704 [a]	1.145 [b]	1.532 [ab]	0.462	0.026	34.131
D14[6]	1.391 [b]	1.142 [b]	2.069 [a*]	1.141 [b]	1.577 [ab]	0.521	0.001	35.594

[1]CP = dieta controle positivo; CN = dieta controle negativo; CN1 = dieta controle negativo com 1% de lignina; CN2 = dieta controle negativo com 2% de lignina; CN3 = dieta controle negativo com 3% de lignina; [2]EPM = erro padrão da média; [3]CV = coeficiente de variação; D0: primeiro dia de estocagem; D7: sétimo dia de estocagem; D14: décimo quatro dia de estocagem; [a, b, c] Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05); *Difere do CP pelo teste de Dunnet (P<0.05);

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que em condições de desafio sanitário a inclusão de 2% de lignina na dieta de frangos de corte promove diminuição do teor de colesterol, maior concentração de lipoproteína de alta densidade (HDL) no sangue, melhor desenvolvimento dos órgãos digestivos e relação vilosidade/cripta, menor deposição de gordura abdominal na carcaça e é capaz de conter a progressão da oxidação lipídica na carne até o décimo quarto dia de armazenamento.

5. REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, M. R.; ZAEFARIAN, F.; HUNT, H.; ANWAR, M. N.; THOMAS, D. G.; RAVINDRAN, V. Wheat particle size, insoluble fibre sources and whole wheat feeding influence gizzard musculature and nutrient utilisation to different extents in broiler chickens. **J Anim Physiol Anim Nutr.** v.103, p. 146–161, 2019.

ALVARENGA, B.O.; BELETTI, M.E.; FERNANDES, E.A.; SILVA, M.M.S.; BORGES, L.F.; RAMOS, S.P. Efeitos de fontes alternativas de fósforo nas rações de engorda e abate sobre a morfologia intestinal de frangos de corte. **Bioscience Journal**, v.20, p.55-59, 2004.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, M.R.; LIMA, C.B. Uso de aditivos na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 3, p. 69-77, 2007.

ARRUDA, A.M.V., FERNADES, R.T.V., SILVA, J.M., LOPES, D.C. Avaliação morfo-fisiológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.2, p.01-11, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**.16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1141p, 1995.

BAURHOO, B.; PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry Science**, Urbana, v. 86, p. 1070-1078, 2007a.

BAURHOO, B., LETELLIER, A., ZHAO, X., RUIZ-FERIA, C.A. Cecal populations of *Lactobacilli* and *Bifidobacteria* and *E. coli* populations after *in vivo E. coli* challenge in birds fed diets with purified lignin or mannanoligosaccharides. **Poultry Science**, Urbana, v.86, p. 2509–2516, 2007b.

BLOMBERG, L.; KRIVAN, H.C.; COHEN, P.S.; CONWAY, P.L. Piglet ileal mucus protein and glycolipid (galactosylceramide) receptors specific for *Escherichia coli* K88 fimbria. **Infectar. Immun**., v. 61, p. 2526 – 2531, 1993.

BOLELI, I.C., MAIORKA, A., MACARI, M. **Estrutura funcional do trato digestório**. In Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

BORSATTI, L.; NUNES, R.V.; SCHONE, R.A.; FRANK, R.; SCHNEIDERS, J.L.; SAVOLDI, T.L. Digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte suplementadas com promotores de crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**., v.68, n.1, p.201-207, 2016.

BRITO, M. S.; OLIVEIRA, C. F. S.; SILVA, T. R. G.; LIMA, R. B.; MORAIS, S. N.; SILVA, J. H. V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – **Revisão. Acta Vet. Bras.** v. 2, p. 111-117, 2008.

BURT. S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **Int. J. food microbiol**, v. 94 (3), p. 223-53, 2004.

CAMPBELL, M. M.; SEDEROFF, R. R. Variation in lignin content and composition. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 110, p. 3-13, 1996.

COBB – VANTRESS BRASIL, LTDA. Manual de manejo de frangos de corte, 2019. Disponível em: https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/df5655a7e9/Broiler-Guide-2019-POR-WEB.pdf. Acesso em: 22 de maio de 2021.

FERREIRA, S. L. **Inclusão de lignina na dieta de leitões desmamados**. 90f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Botucatu, 2020.

FONSECA, B.B; BELETTI, M.E; SILVA, M.S; SILVA, P.L; DUARTE, I.N; ROSSI D.A. Microbiota cecal, morfometria do íleo, pH do inglúvio e desempenho zootécnico de frangos de corte sob suplementação com probióticos. **Revista Brasileira de Zootecnia,** vol.39 no.8, 2010.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Como avaliar os efeitos do uso de prebioticos, probioticos e flora de exclusão competitiva. In: 5° Simpósio Técnico de Incubação, matrizes de corte e nutrição, 2004, Balneário Camboriú. Balneário Camboriú: Simpósio Técnico de Incubação [online]. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais1004_acave_furlan.pdf

GADDE, U.; KIM, W.H.; OH, S.T.; LILLEHOJ, H.S. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. **Animal health research reviews**, v. 18, n. 1, p. 26-45, 2017.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; MARTELLI, M. R.; ISHI, M. P.; SOBRAL, P. J. A.; FUKUSHIMA, R. S. Morfologia de órgãos digestivos e não digestivos de suínos de linhagens modernas durante as fases de crescimento, terminação e pós-terminação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29(3), p. 261-266, 2007.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKELEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. Meat Science, v. 43, p. 111.123, 1996.

HUYGHEBAERT, G.; DUCATELLE, R.; VAN IMMERSEEL, F. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. **The Veterinary Journal**, v. 187, n. 2, p. 182-188, 2011.

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. **Anim. Feed Sci. Technol**. v. 134, p. 304–135, 2007.

JEAUROUND, E.; SCHUMANN, B.; CLUNIES, M. Supplementation of diets with herbal extracts enhances growth performance in newly-weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v.20, suppl.1, p.394, 2002.

KAWAZOE, U. Coccidiose. In: BERCHIERI, J. R. A.; MACARI, M. **Doenças das Aves**. Campinas: FACTA, p. 391- 405, 2000.

KUZMUK, K. N.; SWANSON, K. S.; TAPPENDEN, K. A.; SCHOOK, L. B.; FAHEY, G. C. Diet and age affect intestinal morphology and large bowel fermentative end-product concentrations in senior and young adult dogs. **J. Nutr**. v. 135, n. 8, p. 1940-1945, 2005.

LEE, H. C.; JENNER, A. M.; LOWA, C. S.; LEE, Y. K. Effect of tea phenolics and their aromatic fecal bacterial metabolites on intestinal microbiota. **Res. Microbiol**. v. 157, n; 9, p. 876-884, 2006.

LIMA, E. S.; COUTO, R. D. Estrutura, metabolismo e funções fisiológicas da lipoproteína de alta densidade. **J. Bras Patol Med Lab**. v. 42 n. 3, p. 169-178, 2006.

MAIORKA, A., SANTIN, E., SUGETA, S.M., ALMEIDA, J.G. & MACARI, M. Utilização de prebióticos, probióticos ou simbióticos em dietas para frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, p. 72-85, 2011.

MAKIVIC, L.; GLISIC, M.; BOSKOVIC, M.; DJORDJEVIC, J.; MARKOVIC, R.; BALTIC, M. Performances, ileal and cecal microbial populations and histological characteristics in broilers fed diets supplemented with lignocellulose**. Kafkas Univ Vet Fak Derg**. v. 25, p. 83-91, 2019.

MCLEAN, J. A.; KARADAS, F.; SURAI, P. F.; MCDEVITT, R. M.; SPEAKEA, B. K. Lipid-soluble and water-soluble antioxidant activities of the avian intestinal mucosa at different sites along the intestinal tract. **Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol**. v. 141, n. 3, p. 366-372, 2005.

MENTEN, J.F.M. Aditivos alternativos na produção de aves: Probióticos e prebióticos. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 38., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.141-157, 2001.

NELSON, J.L.; ALEXANDER, J.W.; GIANOTTI, L.; CHALK, C.L.; PYLES. T. Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury in mice**. Nutrition,** v. 10, p. 32-36, 1994.

NICOLI, J.R.; VIEIRA, L.Q. Probióticos, prebióticos e simbióticos – Moduladores do ecossistema digestivo. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.28, n.163, p.34–38, 2000.

OLIVEIRA, V. P.; ESPESCHIT, A. C. R.; PELUZIO, M. C. G. Flavonóides e doenças cardiovasculares: ação antioxidante. **Ver. Med**. v. 16, n. 4, p. 234-238, 2006.

PRESTES, O.D.; MARTINS, M.L.; FRIGGI, C.A.; MUNARETTO, J.S.; ADAIME, M.B; ZANELLA, R. o estado da arte na determinação de resíduos de medicamentos veterinários em alimentos de origem animal empregando técnicas cromatográficas acopladas à espectrometria de massas**. Quim. Nova**, v. 36, n. 5, p. 697-710, 201.

PROPHET, E.B; MILLS, B.; ARRIGONGTON, J.B.; SOBIN, L.H. **Laboratory Methods in Histotechnology**. Armed Forces Institute of Pathology; Washington DC, 1992.

RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; SILVA, S.M.M.S.; SILVA, F.E.S.; RIBEIRO, M.N. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.40, p.1738-1744, 2011.

RICKE, S. C.; VAN DER AAR, P. J.; FAHEY JR, G. C.; BERGER, L. L. Influence of dietary fibres on performance and fermentation characteristics of gut contents from growing chicks. **Poultry Science**, v. 61, p. 1335–1343, 1982.

ROLFE, R.D. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. **J. Nutr**, v. 130, p. 396S–402S, 2000.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., HANNAS, M.I., DONZELE, J.L., SAKOMURA, N.K., PERAZZO, F.G., SARAIVA, A., TEIXEIRA, M.L., RODRIGUES, P.B., DE OLIVEIRA,

R.F., BARRETO, S.L.T., BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para suínos e aves**, 4º ed, Composição de alimentos e exigências nutricionais, 2017.

RUTZ, F. Proteínas: digestão e absorção. In: MACARI, M. et al. (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 135-141.

SANTOS, A.V. Aditivos antibióticos, Probióticos e prebióticos em rações para leitões desmamados precocemente. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.17, n.1, p.1-10, 2016.

SARIKHAN, M.; SHAHRYAR, H. A.; GHOLIZADEH, B.; HOSSEINZADEH, M. H.; BEHESHTI, B.; MAHMOODNEJAD, A. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. **Int J Agric Biol**. v. 12, p. 531–536, 2010.

SILVA, D.J. QUEIROZ. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 235p, 2002.

SORENSEN, G.; JORGENSEN, S.S. A critical examination os some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrft fur Lebensmittel Untersuchung und forschung**, 202, p.205-210, 1996.

SOZCU, A. Growth performance, pH value of gizzard, hepatic enzyme activity, immunologic indicators, intestinal histomorphology, and cecal microflora of broilers fed diets supplemented with processed lignocellulose. **Poultry Science**, v. 98, p. 6880-6887, 2019.

SUDHEESH, S.; PRESANNAKUMAR, G.; VIJAYAKUMAR, S.; VIJAYALAKSHMI, N. R. Hypolipidemic effect of flavonoids from Solanum melongena. **Plant Food Hum Nutr**. v. 51, n. 4, p. 321-330, 1997.

TEJADO, A.; LABIDI, C.C.J.; ECHEVERRIA, J.M.; MONDRAGON, I. Physico-chemical characterization of lignins from differente sources for use in phenol-formaldehyde resin synthesis. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 1655-1663, 2007.

TOLEDO, G. S. P., COSTA, P. T. C., SILVA, L. P., PINTO, D., FERREIRA, P., POLETTO, C.J. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo antibiótico e/ou fitoterápico como promotores, adicionados isoladamente ou associados. **Ciênc. Rural**, v. 37 (6), p.1760-64, 2007.

UNI, Z.; TAKO, E.; GAL-GARBER, O.; SKLAN, D. Morphological, molecular, and functional changes in the chicken small intestine of the late-term embryo. **Poultry Science**, v. 82, p. 1747-1754, 2003.

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

VYNCKE, W. Evaluation of direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel. **Fatte Seifen Anstrichmittel**, 77, p.239-240, 1975.

WANG, Y.; MCALLISTER, T. A.; LORA, J. H. Effects of purified lignin on in vitro rumen metabolism and growth performance of feedlot cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, p. 392–399, 2017.

ZEITZ, J. O.; NEUFELD, K.; POTTHAST, C.; KROISMAYR, A.; MOST, E.; EDER, K. Effects of dietary supplementation of the lignocelluloses FibreCell and OptiCell on performance, expression of inflammation-related genes and the gut microbiome of broilers. **Poultry Science**. v. 98, p. 287–97, 2019.

6. ANEXOS

Gráfico 7. Consumo médio de ração de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 21 dias de idade

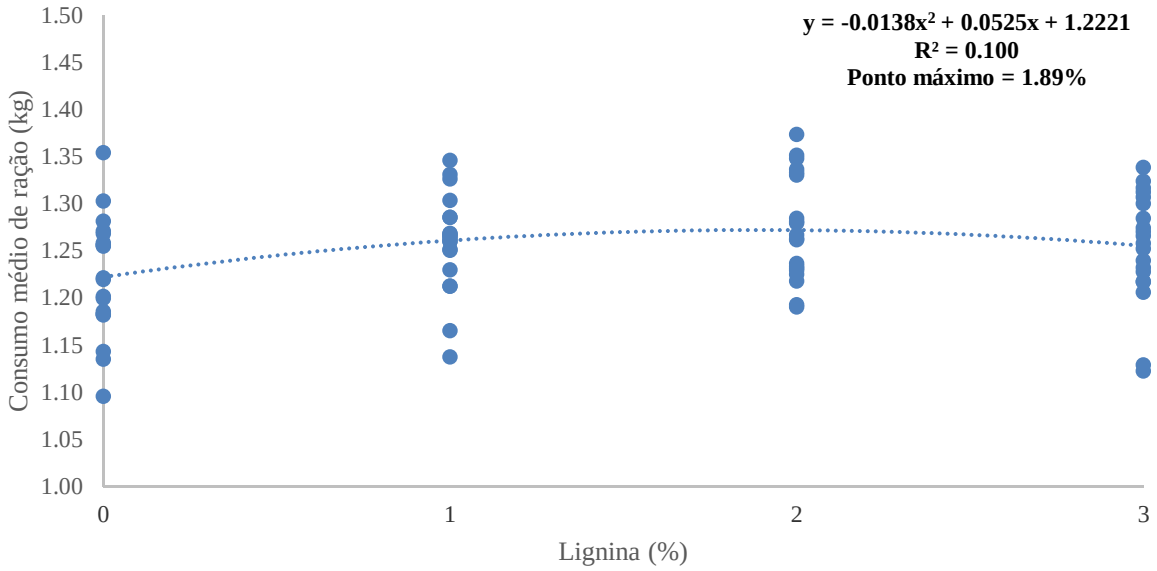


Gráfico 8. Conversão alimentar de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 21 dias de idade

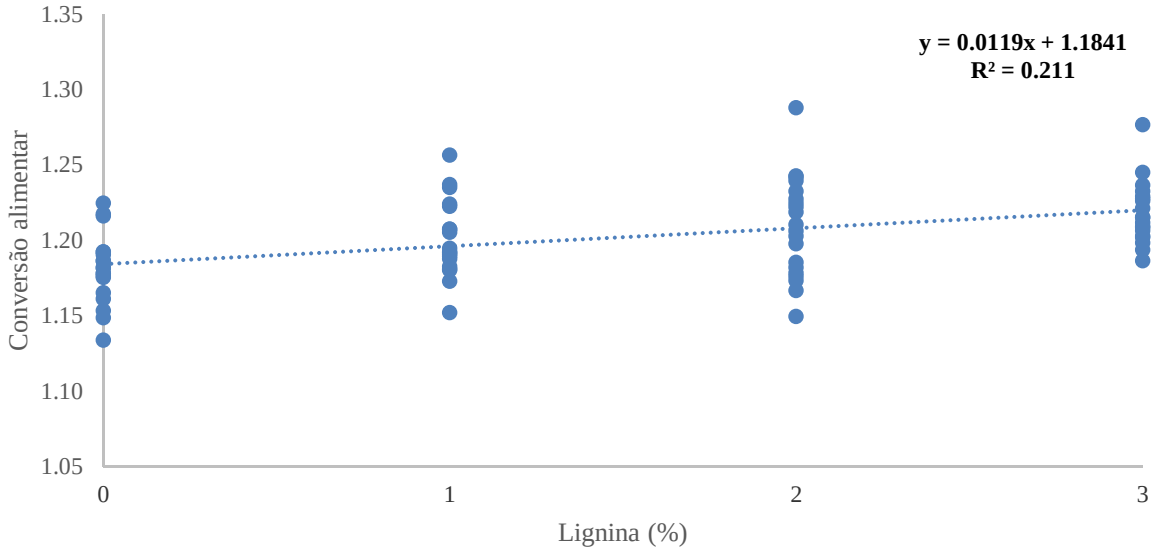


Gráfico 9. Conversão alimentar de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 35 dias de idade

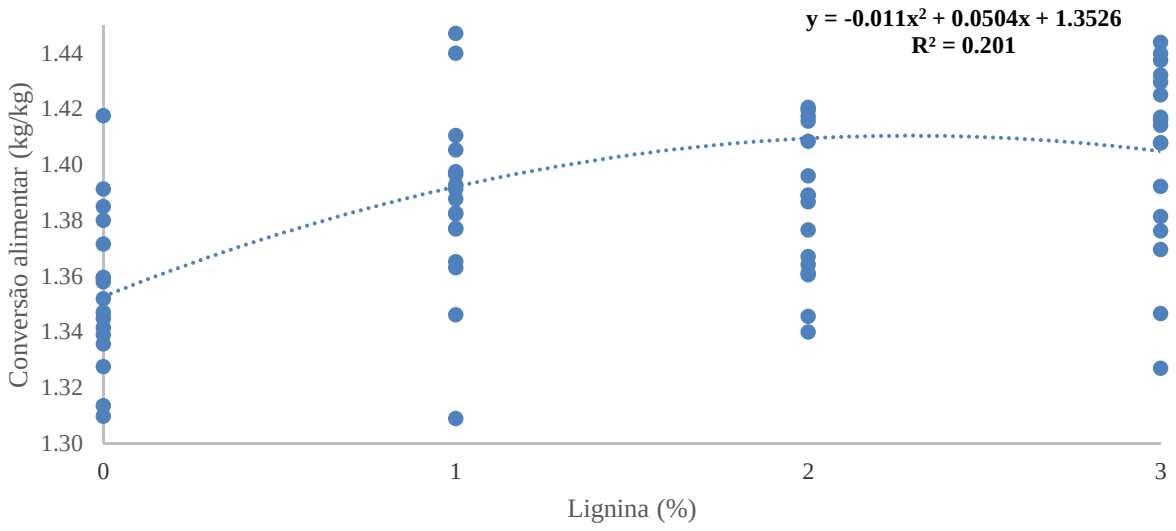


Gráfico 10. Nível de colesterol de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

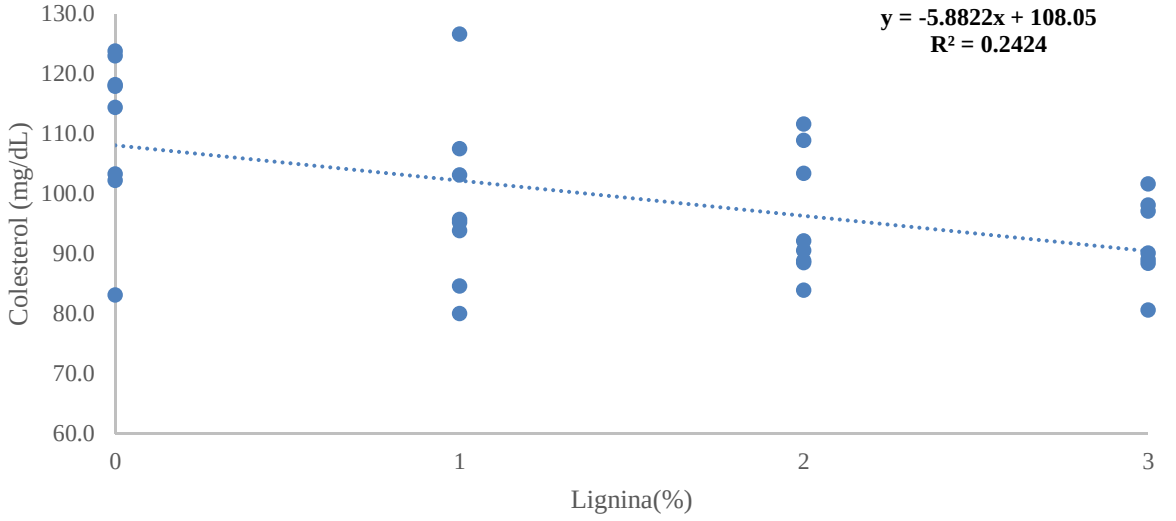


Gráfico 11. Peso da moela de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

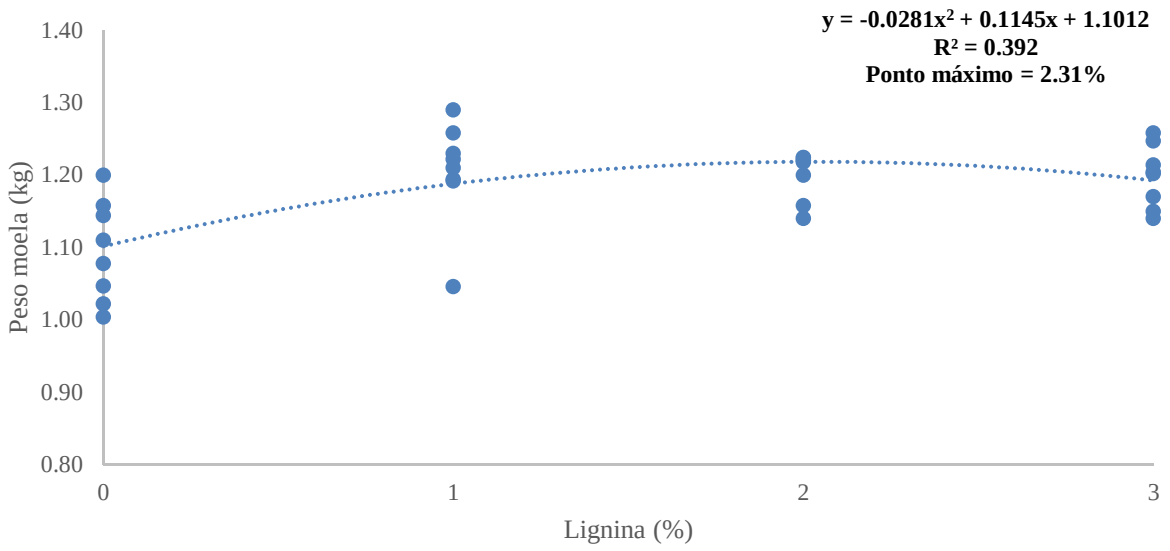


Gráfico 12. Peso do intestino de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

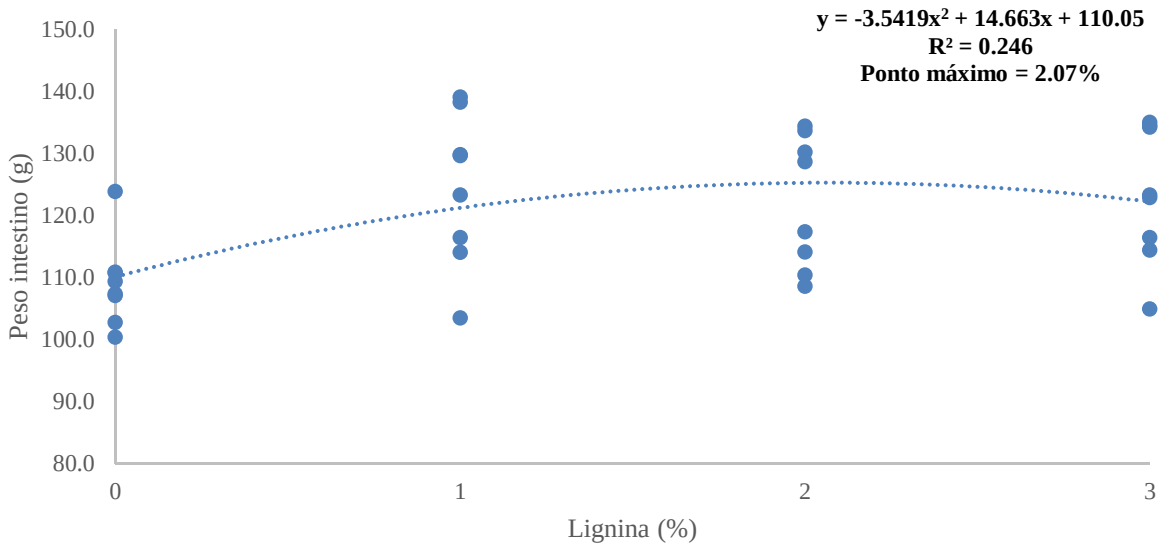


Gráfico 13. Comprimento do intestino de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

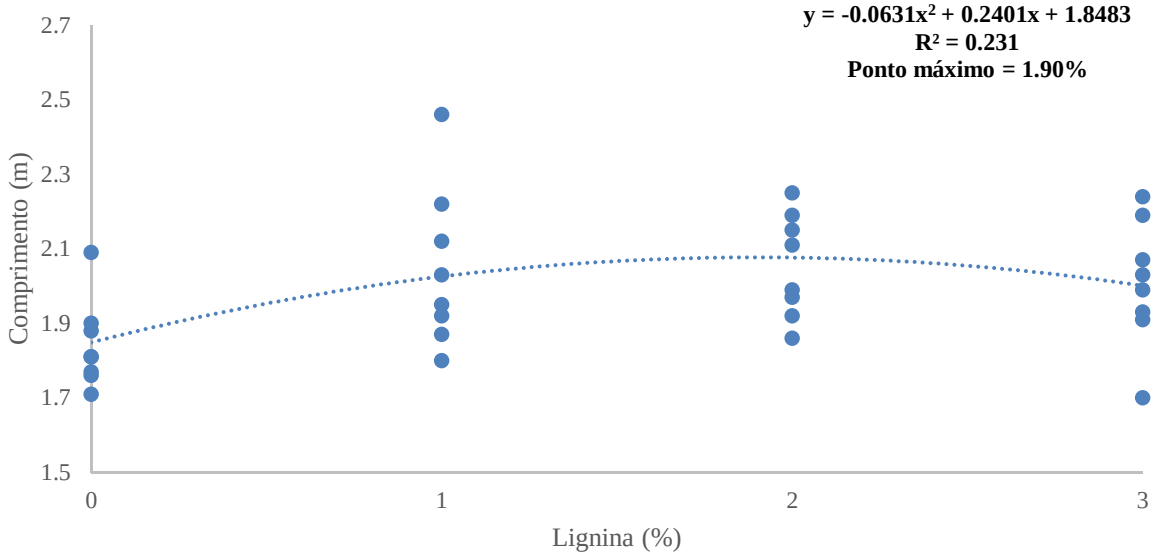


Gráfico 14. Profundidade de cripta duodenais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 21 dias

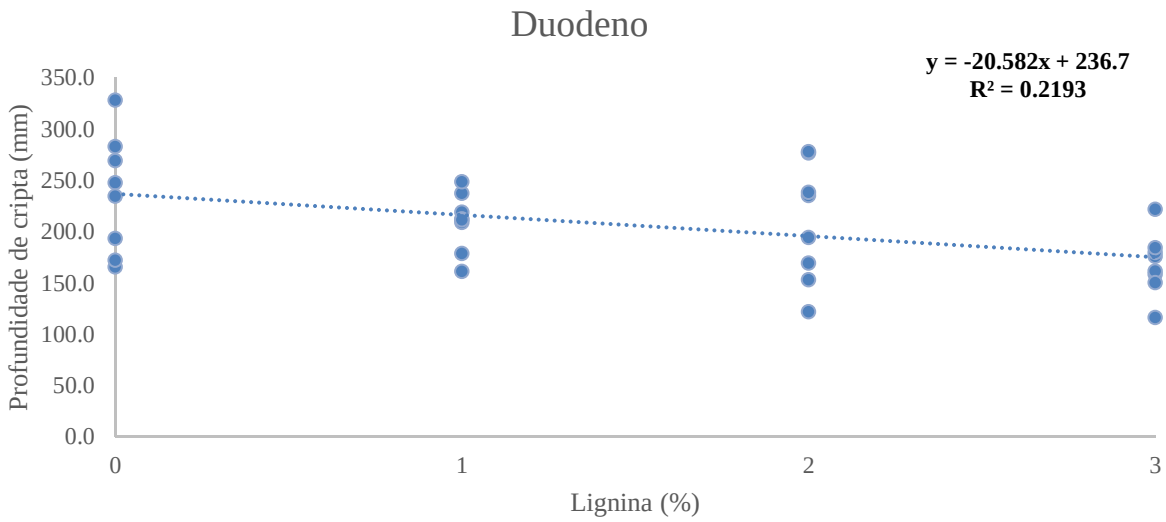


Gráfico 15. Relação altura da vilosidade: profundidade de cripta duodenais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 42 dias

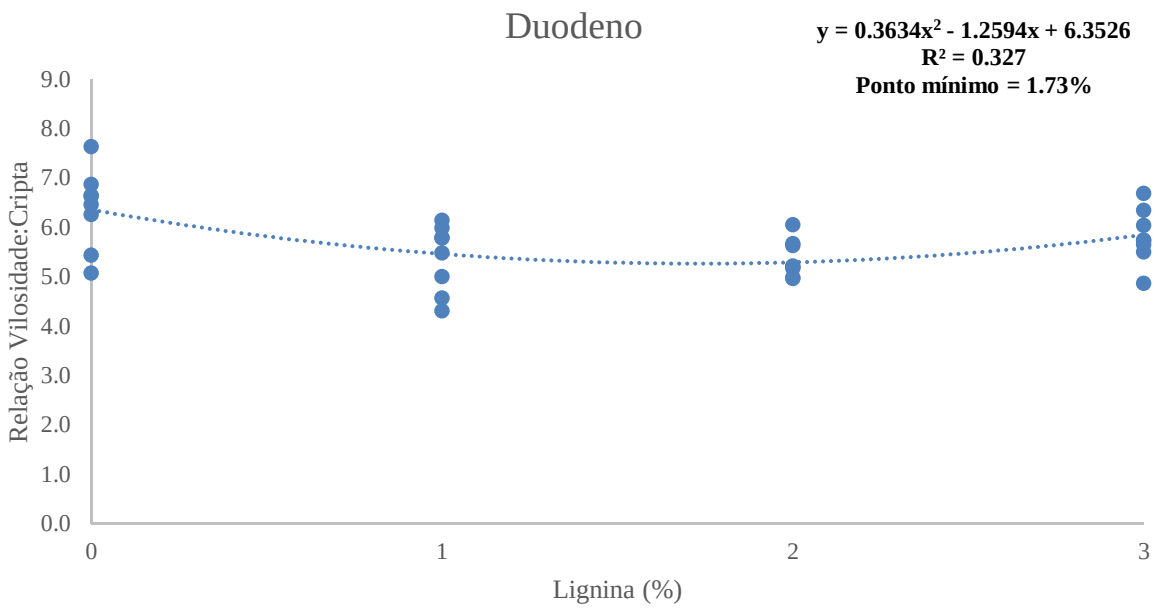


Gráfico 16. Profundidade de cripta ileais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 42 dias

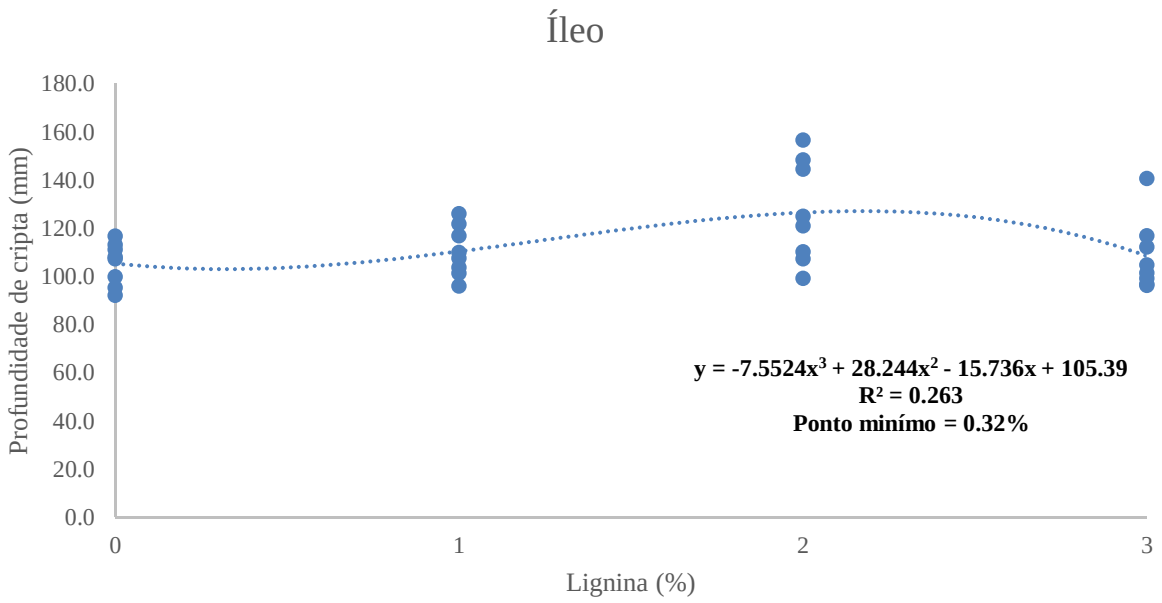


Gráfico 17. Relação altura da vilosidade: profundidade de cripta ileais de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta aos 42 dias

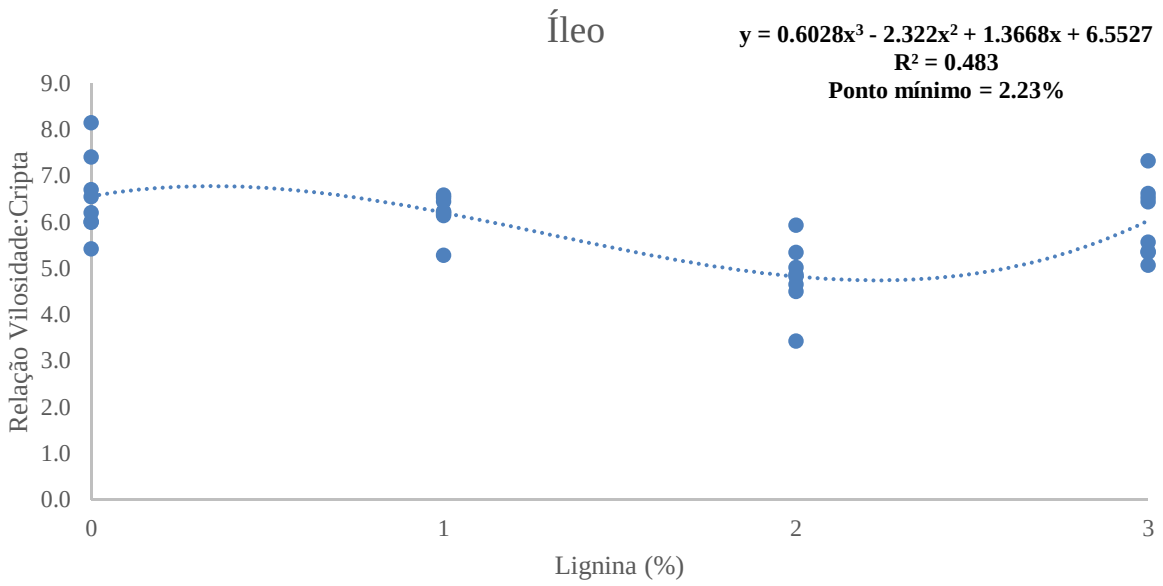


Gráfico 18. Peso de carcaça quente de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

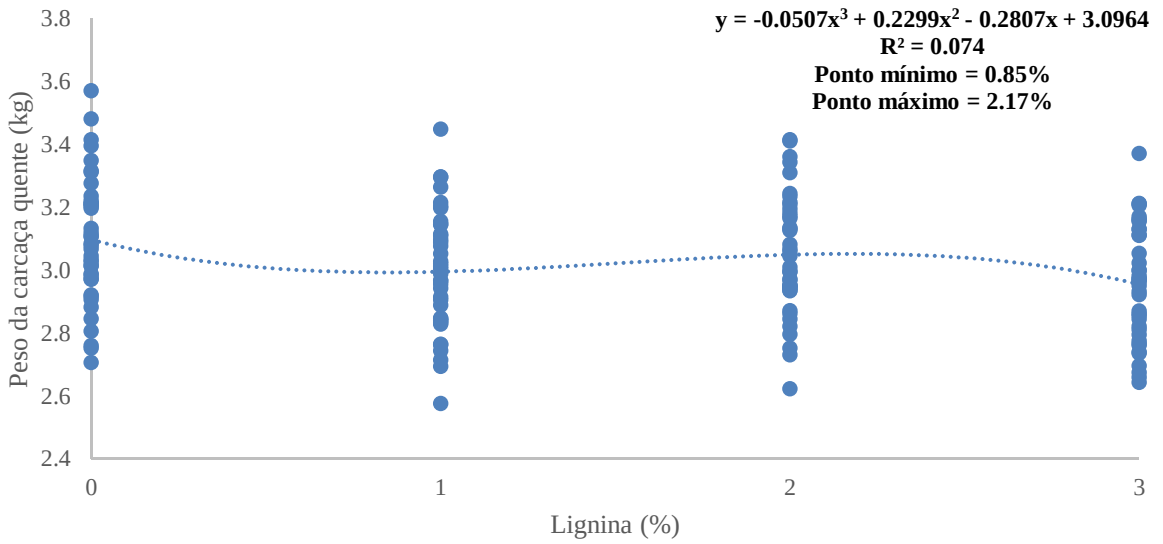


Gráfico 19. Peso de carcaça fria de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

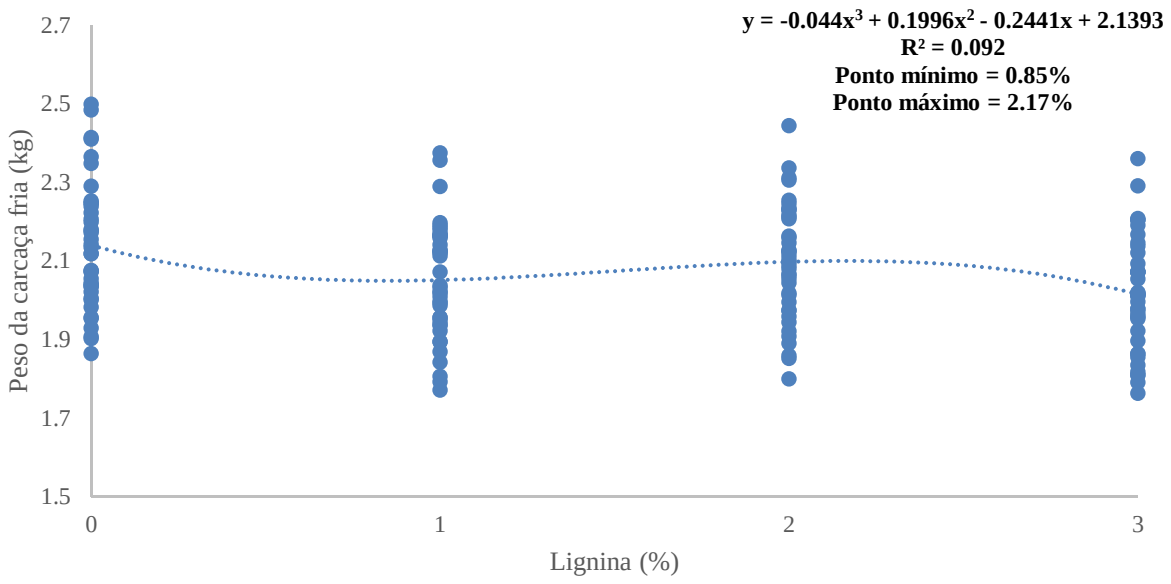


Gráfico 20. Deposição de gordura abdominal de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta

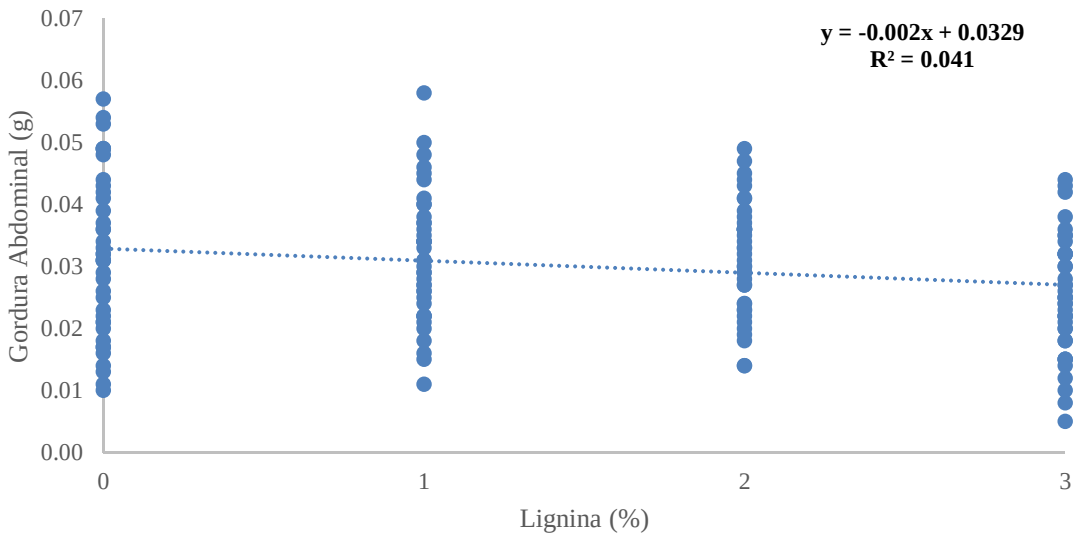


Gráfico 21. Oxidação lipídica da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no primeiro dia de armazenamento

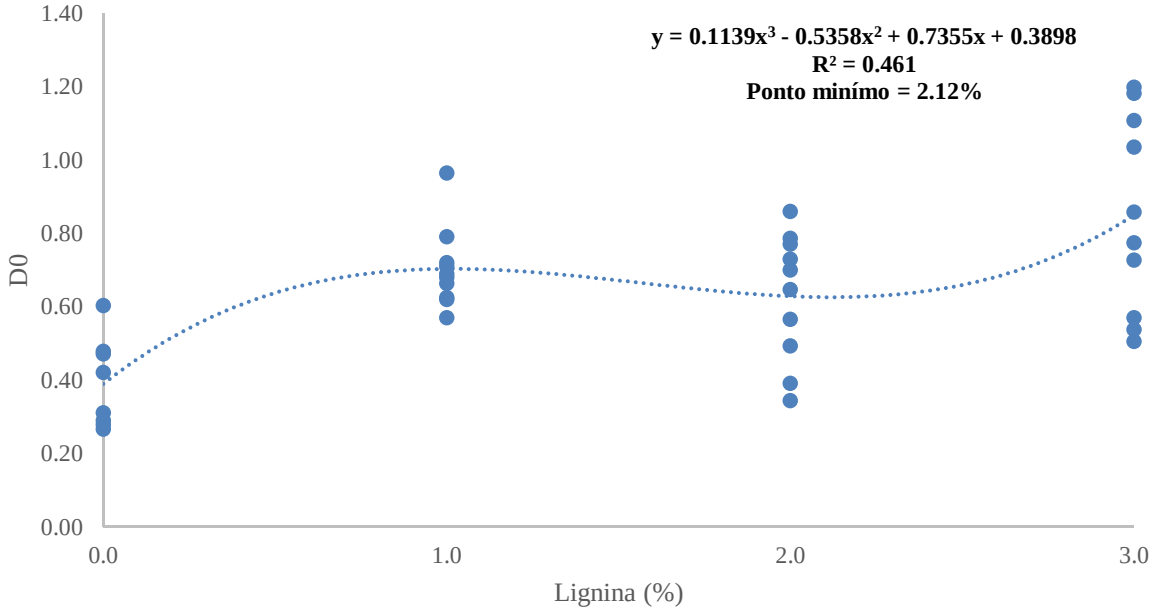


Gráfico 22. Oxidação lipídica da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no sétimo dia de armazenamento

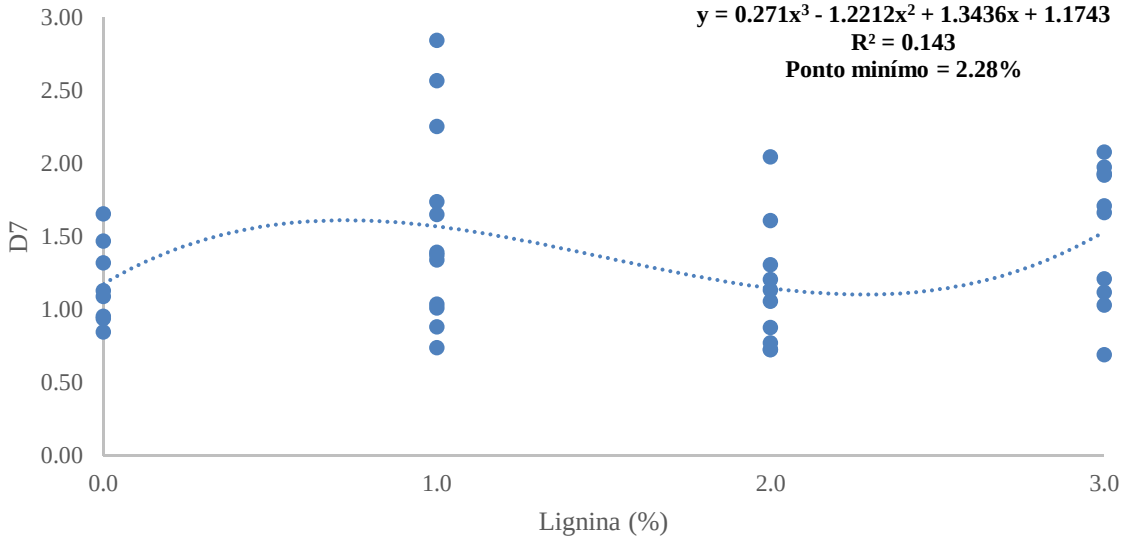
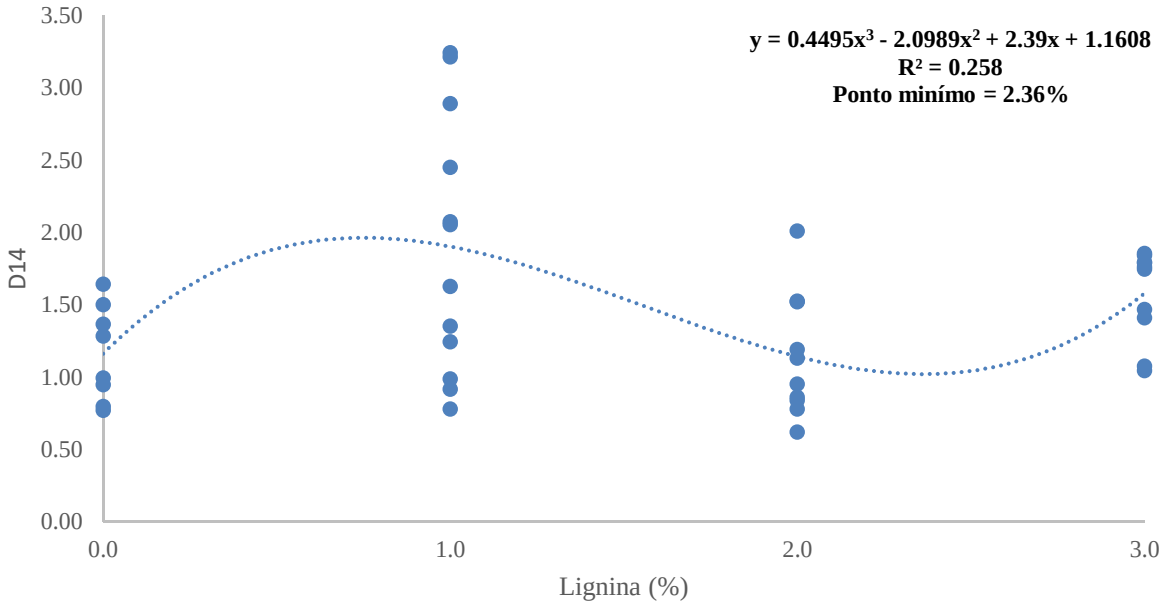



Gráfico 23. Oxidação lipídica da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de lignina na dieta no décimo quarto dia de armazenamento