



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**TANINO HIDROLISÁVEL EM DIETAS DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE  
DE POSTURA**

DEYVID RICARDO SCHMIDT PAZUCH

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Dourados – MS

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**TANINO HIDROLISÁVEL EM DIETAS DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE  
DE POSTURA**

DEYVID RICARDO SCHMIDT PAZUCH

Médico Veterinário

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Marie Komiyama

Co-orientadores: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda Castro Burbarelli

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS

2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P348t Pazuch, Deyvid Ricardo Schmidt

Tanino hidrolisável em dietas de codornas japonesas em fase de postura: Extrato a base de ácido tânico na dieta de codornas japonesas melhora o perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos / Deyvid Ricardo Schmidt Pazuch. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Claudia Marie Komiyama.

Coorientadores: Rodrigo Garófallo Garcia, Maria Fernanda Castro

Burbarelli. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2023. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Antioxidantes naturais. 2. Coturnix coturnix japonica. 3. Ovos. 4. Perfil lipídico. 5. Tanino hidrolisável. I. Komiyama, Claudia Marie. II. Garcia, Rodrigo Garófallo. III. Burbarelli, Maria Fernanda Castro. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

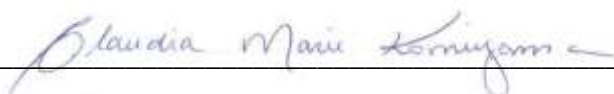
**TANINO HIDROLISÁVEL EM DIETAS DE CODORNAS JAPONESAS EM FASE  
DE POSTURA**

por

**DEYVID RICARDO SCHMIDT PAZUCH**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 29 de setembro de 2023



---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Claudia Marie Komiyama

Orientadora – UFGD



---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara

UFGD



---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Paula Silva Ton

UFMT, Campus Sinop

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida que ele me concedeu até o presente momento.

Agradeço aos meus pais Sirlene Schmidt Pazuch e Eloir Pazuch, por todo o esforço que dedicaram na minha criação, educação e acima de tudo todo o apoio que sempre propuseram a meu dispor, a minha irmã Jaqueline Thais Schmidt Pazuch Castro, ao meu cunhado Junior Castro e aos meus sobrinhos Julia Manuela Pazuch Castro e Emanuel Pazuch Castro, que apesar de todas as lutas diárias enfrentadas durante o período do curso, sempre nos mantivemos em pé e cada vez mais unidos nos fortalecendo.

A minha noiva Ludimila Pereira Meireles que sempre esteve ao meu lado durante todo o meu percurso no mestrado, no qual nunca mediu esforços nenhum para estar junto comigo me ajudando, apoiando, incentivando, dando amor, carinho, atenção da melhor maneira possível, sem contar todo zelo e cuidado que teve com os animais.

Sou grato a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Claudia Marie Komiyama pela confiança depositada em mim e por todo ensinamento a mim prestado durante o percurso seguido, obrigado por me manter motivado durante todo o processo. Agradeço ao meu co-orientador Prof. Dr. Rodrigo Garofallo Garcia pela oportunidade, incentivo e ensinamentos prestados, e a co-orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Fernanda de Castro Burbarelli pelo auxílio durante o trabalho e pesquisa realizada.

Aos meus amigos e colegas Andreza Aparecida Ferreira da Silva, Camille Pietra de Jesus Ferreira, Carolina Gonzalez Aquino, Cassia Regina Teodoro, Daniely Pereira Gonçalves, Eduardo Pereira da Souza, Elivelton de Salles da Silveira, Felipe Cardoso Serpa, Flavia Alessandra de Moraes, Franklin Leandro de Melo, Henrique Kasiorowski Verissimo, Jean Kaique Valentim, João Pedro Parreira Santos (*in memoriam*), Joyce Zanella, Luana Gaudino Lopes, Rafael Lima de Carvalho, Tamiris Alves de Almeida, Thais Caroline Subtil Gosliski, e Vivian Aparecida Rios de Castilho Heiss. Amizades ali fundadas que sempre estiveram presentes ajudando de tal forma importantíssima para execução da pesquisa.

Agradecer a empresa Granja Faria em especial ao ex-gerente Douglas de Castro, pelo incentivo a busca pelo mestrado, assim aprimorando cada vez mais meu conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida nesse um ano.

Por último, quero agradecer também à Universidade Federal da Grande Dourados e todo o seu corpo docente.

A todos o meu singelo muito obrigado de coração!

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Deyvid Ricardo Schmidt Pazuch, nascido em 03 de dezembro do ano de 1997, filho de Sirlene Schmidt Pazuch e Eloir Pazuch, irmão de Jaqueline Thais Schmidt Pazuch Castro, natural de Bom Jesus do Sul – Paraná, cidade na qual me orgulho muito, pois me possibilitou passar toda minha infância da melhor forma possível e podendo ali iniciar aprendizados e interesse pela área das agrárias.

Em fevereiro de 2012, iniciou o curso Técnico em Agropecuária no Colégio Centro Estadual de Educação Profissional Assis Brasil, em Clevelândia – Paraná, finalizado no ano de 2014. No ano seguinte em 2015 iniciou o curso de Medicina Veterinária pela Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, Campus de São Miguel do Oeste – Santa Catarina, finalizado o curso em 2019. Começou atuar como Médico Veterinário no ano de 2020 até 2022.

Em 2021 ingressou no curso de mestrado *Stricto sensu* em Zootecnia da UFGD, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Marie Komiyama, na qual cursou disciplinas obrigatórias e optativas, conduziu a pesquisa de campo como parte da exigência do curso de pós-graduação em Zootecnia da UFGD. Foi bolsista de mestrado, tendo recebido bolsa CAPES entre os anos de 2022 a 2023, o que possibilitou ter dedicação integral a pesquisa neste período. Em 26 de Janeiro do ano de 2023 foi aprovado no exame de qualificação. Defendeu sua dissertação de mestrado no dia 29 de setembro de 2023, obtendo o título de Mestre em Zootecnia.

## SUMÁRIO

<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
1. Aditivos alimentares na nutrição de aves.....	15
2. Aditivos fitogênicos: polifenóis e taninos.....	16
3. Taninos como antioxidantes naturais.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
<b>CAPÍTULO 2 – EXTRATO A BASE DE ÁCIDO TÂNICO NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS MELHORA O PERFIL LIPÍDICO E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DA GEMA DOS OVOS .....</b>	<b>35</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>36</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>37</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
Local.....	40
Animais experimentais.....	40
Temperatura, umidade e iluminação .....	41
Delineamento experimental .....	41
Avaliação do desempenho produtivo .....	43
Qualidade dos ovos .....	44
Perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos.....	45
Biometria das codornas e dos órgãos e análise bioquímica sanguínea .....	46
Histomorfometria intestinal .....	47
Avaliação do Armazenamento dos ovos: qualidade dos ovos, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema.....	48
Análise estatística.....	48
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
Desempenho e qualidade dos ovos .....	49
Biometria, histomorfometria intestinal e perfil bioquímico do sangue.....	54
Armazenamento dos ovos de codorna.....	56
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>64</b>
Desempenho, biometria dos órgãos, histomorfometria intestinal e perfil bioquímico do sangue, qualidade dos ovos e potencial antioxidante da gema .....	64
Perfil lipídico da gema dos ovos .....	67
Armazenamento dos ovos .....	69
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>79</b>

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Composição das dietas fornecidas às codornas .....	42
Tabela 2 - Efeito da inclusão dietética de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável sobre os parâmetros produtivos das codornas japonesas na fase de postura.....	49
Tabela 3 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável em dietas de codornas japonesas sobre a qualidade de ovos .....	50
Tabela 4 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino em dietas de codornas japonesas sobre o perfil lipídico .....	52
Tabela 5 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre o peso vivo e biometria dos órgãos .....	55
Tabela 6 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre a morfometria intestinal.....	55
Tabela 7 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre o perfil bioquímico sanguíneo .....	56
Tabela 8. Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre a qualidade dos ovos armazenados por zero, 7, 14, 21, e 28 dias ....	57
Tabela 9. Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre o perfil lipídico da gema dos ovos armazenados por zero, 7, 14, 21, e 28 dias .....	62



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Estrutura química do tanino condensado ..... 19
- Figura 2.** Estrutura química do tanino hidrolisável ..... 20
- Figura 3.** Interação do tanino com molécula de proteína via ponte de hidrogênio .. 22

### CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Unidade Haugh de ovos de codornas alimentadas com dietas com inclusão de extratos vegetal a base de tanino hidrolisável ..... 51
- Figura 2.** Potencial antioxidante analisado pelo método de inibir DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) em gema de ovos frescos oriundos de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal à base de taninos hidrolisáveis. .... 54
- Figura 3.** Parâmetros de qualidade de ovos armazenados por diferentes períodos (0, 7, 14, 21 e 28 dias) oriundos de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal à base de tanino hidrolisável..... 59
- Figura 4.** Potencial antioxidante analisado pelo método de inibir DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) em gema de ovos armazenados por diferentes períodos (0, 7, 14, 21 e 28 dias) oriundos de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal à base de taninos hidrolisáveis. .... 64

## RESUMO

A presente dissertação é apresentada em 2 capítulos, sendo uma revisão de literatura e uma pesquisa de campo. **CAPÍTULO 1:** O objetivo da revisão bibliográfica foi elucidar os principais avanços relacionados à utilização de aditivos zootécnicos naturais, incluindo os taninos, elencando a capacidade de promover absorção de nutrientes, melhora nas vilosidades intestinais e estado imunológico das aves, contribuindo para a produção e qualidade dos ovos. Esses compostos naturais podem desempenhar um papel crucial na melhoria do desempenho e na saúde das aves. Além disso, os taninos atuam como antioxidantes naturais, protegendo as biomoléculas contra os danos causados pelos radicais livres. Essa ação antioxidante é fundamental para prevenir a oxidação lipídica, que é uma das principais causas da perda de qualidade em produtos avícolas. **CAPÍTULO 2:** O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de extrato vegetal à base de tanino hidrolisável na dieta sobre o desempenho, a qualidade dos ovos, saúde intestinal, o perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos de codornas japonesas. Além disso, avaliar os efeitos do extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na qualidade de ovos, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos de codornas armazenados por até 28 dias. O estudo foi realizado no aviário experimental de aves de poedeiras, nas instalações destinadas a coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, com duração de 56 dias, utilizando um plantel de 324 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) no pico de postura. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com a inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável em seis níveis: Controle, 250, 500, 750, 1.000 e 1.250 g/ton, com nove repetições e 6 codornas por unidade experimental. Foram avaliados o desempenho produtivo, qualidade dos ovos, biometria de órgãos, perfil bioquímico sanguíneo, histomorfometria intestinal, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema. Foi realizado ensaio de armazenamento dos ovos por 28 dias, avaliados semanalmente. A suplementação de tanino hidrolisável à base de ácido tânico não afetou o desempenho, a saúde dos órgãos, os parâmetros bioquímicos no sangue ou a morfometria intestinal das codornas japonesas do estudo. A qualidade dos ovos não foi prejudicada pela inclusão de 250 g/ton de tanino hidrolisável, e mesmo com a inclusão máxima, a qualidade dos ovos permaneceu satisfatória. A adição de tanino hidrolisável resultou em um aumento dos ácidos graxos insaturados e melhorou a relação entre ácidos graxos insaturados e saturados na gema dos ovos. Isso contribuiu para um perfil lipídico mais saudável nos ovos. Além disso, a inclusão de tanino hidrolisável aumentou o potencial antioxidante da gema dos ovos, sugerindo benefícios para a estabilidade lipídica e a saúde dos consumidores.

**Palavras-chaves:** Antioxidantes naturais, *Coturnix coturnix japonica*, ovos, perfil lipídico, polifenóis.

## ABSTRACT

This dissertation is presented in 2 chapters, being a literature review and field research. Chapter 1: The objective of the literature review was to elucidate the main advances related to the use of natural zootechnical additives, including tannins, listing the ability to promote nutrient absorption, improvement in intestinal villi and immune status of birds, contributing to production and quality of eggs. These natural compounds can play a crucial role in improving bird performance and health. Furthermore, tannins act as natural antioxidants, protecting biomolecules against damage caused by free radicals. This antioxidant action is essential to prevent lipid oxidation, which is one of the main causes of quality loss in poultry products. Chapter 2: The study was conducted with the objective of evaluating the effect of different levels of plant extract based on hydrolyzable tannin in the diet on performance, egg quality, intestinal health, lipid profile and antioxidant potential of egg yolks. Japanese quails. Furthermore, evaluate the effects of the plant extract based on hydrolysable tannin on egg quality, lipid profile and antioxidant potential of the yolk of quail eggs stored for up to 28 days. The study was carried out in the experimental aviary for laying birds, in the facilities intended for coturniculture at the Faculty of Agricultural Sciences of UFGD, in the municipality of Dourados, Mato Grosso do Sul, lasting 56 days, using a flock of 324 Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) at peak laying. The birds were distributed in a completely randomized design into six treatments with the inclusion of plant extract based on hydrolyzable tannin at six levels: Control, 250, 500, 750, 1,000 and 1,250 g/ton, with nine replications and 6 quails per experimental unit. . Productive performance, egg quality, organ biometry, blood biochemical profile, intestinal histomorphometry, lipid profile and antioxidant potential of the yolk were evaluated. An egg storage test was carried out for 28 days, evaluated weekly. Tannic acid-based hydrolyzable tannin supplementation did not affect the performance, organ health, blood biochemical parameters or intestinal morphometry of Japanese quails in the study. Egg quality was not harmed by the inclusion of 250 g/ton of hydrolyzable tannin, and even with maximum inclusion, egg quality remained satisfactory. The addition of hydrolyzable tannin resulted in an increase in unsaturated fatty acids and improved the ratio between unsaturated and saturated fatty acids in egg yolk. This contributed to a healthier lipid profile in eggs. Furthermore, the inclusion of hydrolyzable tannin increased the antioxidant potential of egg yolks, suggesting benefits for lipid stability and consumer health.

**Keywords:** *Coturnix coturnix japonica*, eggs, lipid profile, natural antioxidants, polyphenols

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura é uma atividade de grande importância no agronegócio, responsável pela produção de proteína de origem animal de qualidade, como carne e ovos. Uma das espécies de aves poedeiras utilizada no Brasil é a codorna doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) (Santos et al., 2021). No Brasil, a atividade de coturnicultura teve um passo importante no final da década de 1980, a partir da implantação do primeiro criatório no Sul do Brasil, culminando com o desenvolvimento da atividade (Pastore et al., 2012). Em levantamento realizado pelo IBGE (2022), a criação de codornas teve um crescimento nos últimos 10 anos no Brasil, com um total de 14,0 milhões de aves e uma produção de 229,2 milhões de dúzias de ovos de codorna no ano de 2022.

A criação de codornas se torna uma alternativa interessante, principalmente para pequenos produtores pelo fato de possuir investimento e manutenção de baixo custo em relação às outras criações, apresentando rápido retorno do investimento, além da atividade contribuir para o fortalecimento da economia do agronegócio por meio da geração de renda (Silva et al., 2018).

As codornas japonesas têm sido melhoradas para alta produção de ovos, e ovos mais nutritivos e com melhor qualidade (Minvielle et al., 2002). Portanto, novas pesquisas na área de nutrição de codornas, têm sido feitas para atender as demandas de animais mais produtivos. Na medida em que a nutrição evolui, as dietas são formuladas com um custo cada vez menor e com máximo retorno econômico (Silva et al., 2006).

Uma alternativa de grande importância é a utilização de ingredientes associados com extratos e óleos naturais de plantas que tem papel importante como fonte antioxidante natural (Hayat et al., 2010; Luna et al., 2010; Botsoglou et al., 2012). Algumas fontes vegetais com atividade antioxidante têm sido utilizadas na alimentação de aves poedeiras, na busca pela melhoria do desempenho das aves e da qualidade dos ovos (Botsoglou et al., 2012), podendo melhorar o desempenho produtivo dos animais, beneficiar a estabilidade oxidativa dos ovos e reduzir a oxidação dos lipídios da gema durante o armazenamento.

Os taninos, durante muito tempo, eram conhecidos apenas por suas propriedades antinutricionais para aves. Sua função na forma não oxidada reage com as proteínas por meio de pontes de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas. Quando oxidados, os taninos se transformam em quinonas, as quais interagem por ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas (Sgarbieri, 1996).

No entanto, deve-se atentar ao fato que os taninos podem ser classificados em taninos condensados e hidrolisáveis. Para Van Soest (2018), os taninos condensados são moléculas grandes, constituídas por polímeros de flavonoides covalentemente ligados, que quando ingeridos podem afetar na digestibilidade dos alimentos. Esse efeito ocorre especialmente nas proteínas, mas também pode ocorrer em outros componentes como amido, minerais e vitaminas, dando-lhe a esse composto propriedades antinutricionais.

Os taninos hidrolisáveis são constituídos de ésteres de ácidos gálicos e elágicos glicosilados, formados a partir do chiquimato (Heldt, 1997). Os taninos elágicos são muito mais frequentes que os gálicos, e é provável que o sistema bifenílico do ácido hexaidroxidifenílico seja resultante da ligação oxidativa entre dois ácidos, sendo prontamente hidrolisáveis, em condições ácidas ou básicas (Bruneton et al., 1991). Apresenta efeito antioxidante no qual pode auxiliar na conservação dos ovos, com sua redução dos radicais livres, conseqüentemente reduzindo o estresse oxidativo, e ainda apresenta atividade antimicrobiana e anti-inflamatória (Santos et al., 2021).

Conhecendo a qualidade dos taninos e seus efeitos benéficos sobre a saúde das aves e em decorrência da falta de informação científica sobre o uso deste, vislumbrou-se sobre a utilização deste na alimentação de codornas japonesas, com o intuito de melhora no desenvolvimento, desempenho animal e qualidade dos ovos.

A dissertação encontra-se dividida em dois capítulos, sendo que no Capítulo 1 consta a Revisão de Literatura com o objetivo de compilar informações da literatura sobre a caracterização, funções e aplicabilidade dos taninos na dieta de aves de postura. E no capítulo 2 intitulado “Extrato a base de ácido tânico na dieta de codornas japonesas melhora o perfil lipídico e o potencial antioxidante da gema dos ovos” objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de extrato vegetal à base de tanino hidrolisável na dieta sobre o desempenho, a qualidade dos ovos, saúde intestinal, e o perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos de codornas japonesas armazenados por até 28 dias. Ambos os Capítulos foram redigidos e formatados nas normas da Revista Brasileira de Zootecnia (ISSN: 1806-9290, Fator de impacto: 1,000, Percentil: 52% (Scopus) e Qualis: A2).

## **CAPÍTULO 1**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

(Redigido de acordo com as normas do periódico “Revista Brasileira de Zootecnia”)

Fator de impacto: 1,000, Percentil: 52% (Scopus), Qualis: A2

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1. Aditivos alimentares na nutrição de aves

A Instrução Normativa 44 de 15 de dezembro de 2015 (MAPA, 2015), define que aditivos são produtos destinados à alimentação animal que devem ser substâncias, microrganismos ou produtos formulados, inseridos intencionalmente aos alimentos, que não são utilizados comumente como ingredientes, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos de origem animal, assim aumentando a produtividade dos animais.

De acordo com Butolo (2010), de maneira geral, os aditivos utilizados na alimentação animal não podem ter efeito adverso sobre a saúde animal, humana e ao meio ambiente, não devem ser apresentados de forma que possa induzir o utilizador ao erro, ou seja, os aditivos empregados na alimentação animal devem melhorar as características dos alimentos. Além disso, devem alterar positivamente as características dos produtos de origem animal, influenciando favoravelmente a produção e qualidade, o rendimento ou o bem-estar dos animais, particularmente a flora gastrointestinal ou a digestibilidade dos alimentos.

De acordo com a IN 44 de 15 de dezembro de 2015 (MAPA, 2015), existem algumas categorias de aditivos conhecidos na produção animal, entre esses os tecnológicos (aglutinantes, antioxidantes e adsorventes); os sensoriais (corantes, pigmentantes, palatabilizantes e aromatizantes); os profiláticos (anticoccidianos); nutricionais (vitaminas, aminoácidos e microminerais); e por último os aditivos zootécnicos

(promotores de crescimento, probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgânicos e extratos naturais).

Segundo Iqbal et al. (2015), os aditivos zootécnicos atuam principalmente melhorando as condições estruturais da mucosa intestinal, assim promovendo melhor absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, melhorando o desempenho, a absorção dos nutrientes e, conseqüentemente a qualidade de ovos, o que é o desejado para o plantel de aves de postura.

A saúde intestinal das aves de produção constitui uma importante característica a ser preservada e observada na produção avícola. É necessário manter o intestino saudável para que a ave possa realizar adequadamente os processos fisiológicos inerentes ao seu organismo e expressar o seu potencial produtivo (Souza et al., 2020). Desta forma, a procura por aditivos zootécnicos naturais que possam melhorar a qualidade intestinal e conseqüentemente o desempenho das aves é crescente na avicultura.

## **2. Aditivos fitogênicos: Taninos**

A utilização de compostos de plantas na alimentação animal tem se expandido. Nomeados de fitogênicos, são definidos como produtos compostos por óleos essenciais e/ou extratos vegetais que podem ser adicionados nas rações para melhorar o desempenho animal, sem ação de medicamento. Os aditivos fitogênicos são classificados como ervas, quando se utiliza a planta toda ou em partes, e em botânicos, quando se utiliza extratos e óleos essenciais (Silva et al., 2012).



Segundo Lillehoj et al. (2011), os aditivos fitogênicos têm sido testados na forma de extrato seco ou aquoso (brutos ou concentrados), ou por meio de óleos essenciais e oleoresinas, dependendo do processo usado para derivar os ingredientes ativos.

Os princípios ativos contidos em extratos vegetais são produzidos e armazenados pela planta em sua fase de crescimento e os grupos mais importantes são: alcaloides (álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, ésteres, lactonas), glucosídeos, saponinas, mucilagens, flavonoides, terpenóides (mono e sesquiterpênicos e esteroides) e compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos, também conhecidos como polifenóis, formam uma importante família de compostos orgânicos naturais. Estão presentes nos vegetais, originários do metabolismo bioquímico secundário. Possuem função importantíssima de conservação do alimento, ação antioxidante (Guerra et al., 2012), antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora (Rosa et al., 2010).

Os polifenóis apresentam funções diversas nos vegetais como de lignificação, crescimento, atrativo para polinização, pigmentação e resistência contra ação de predadores e patógenos (Özek et al., 2011). Sabe-se que devido à atividade antimicrobiana, por conta da sua capacidade hidrofóbica, os polifenóis podem promover o rompimento da membrana celular de bactérias, desintegrando suas estruturas, com consequente liberação de íons, resultando na morte da célula (Aksit et al., 2006).

Os polifenóis podem ser utilizados como aditivos antioxidantes em dietas de codornas japonesas, pois podem atuar melhorando o desempenho produtivo com maior taxa de postura, isso porque os polifenóis promovem aumento da altura de vilosidades intestinais e melhoria do estado imunológico das aves. A maior altura das vilosidades está associada a maior área de superfície intestinal e maior capacidade de absorção de

nutrientes e esse aumento nas vilosidades duodenais contribui para coeficientes de digestibilidade mais elevados (Mehaisen et al., 2017; Pieroni et al., 2020).

Os taninos são um grupo de polifenóis oriundos do metabolismo secundário das plantas. Conforme a espécie vegetal, o teor de tanino varia, não só de um vegetal para outro como também de uma parte para outra do mesmo vegetal e, como principais características dessa classe de compostos são: solubilidade em água, exceto os de elevado peso molecular; possuem a habilidade de ligar-se a proteínas e combinar-se com a celulose e a pectina para formar complexos insolúveis (Battestin, 2008). É importante salientar que o tanino pode ser tóxico ou benéfico ao animal. Isso dependerá do tipo de tanino, estrutura química, espécie vegetal da qual é extraído, espécie animal, particularidade de cada indivíduo e a quantidade ingerida (Cordão et al., 2010).

Em relação aos taninos, estes são tradicionalmente divididos em duas categorias: taninos condensáveis e hidrolisáveis, cujas estruturas são distintas (Naumann et al., 2017). Mas também podem ser classificados, segundo Zeng et al. (2023), com base nas diferenças nas estruturas químicas em taninos hidrolisáveis, florotaninos e taninos condensados.

Os taninos classificados como condensados recebem esse nome devido a sua estrutura química condensada, o que confere maior resistência à degradação, diferente do que ocorre com os hidrolisáveis, que são sensíveis às substâncias básicas, ácidas e esterases (Addisu, 2016; Naumann et al., 2017).

Os taninos condensáveis (Figura 1) são polifenóis de peso molecular variável, constituídos de unidades flavonoides com vários graus de condensação e estando associados a seus precursores, outros flavonoides análogos, carboidratos e traços de

grupo amino e aminoácidos (Pizzi e Mittal, 1983). Alguns alimentos utilizados na produção animal contêm taninos condensáveis, tais como a soja, o sorgo, a canola e o girassol que podem ser utilizados na fórmula ou como suplemento alimentar de animais monogástricos (Pinto et al., 2004).

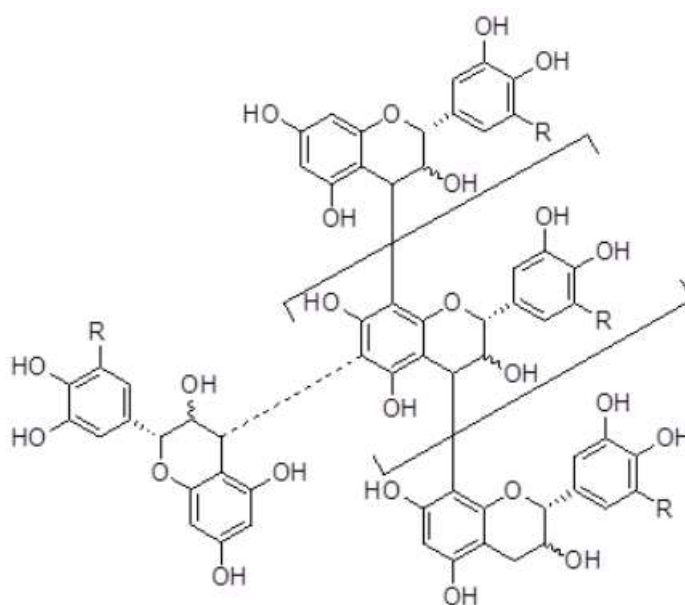


Figura 1. Estrutura química do tanino condensado (FONTE: Olivas et al., 2015)

Os taninos condensados estão amplamente presentes em gimnospermas e angiospermas, principalmente em plantas lenhosas e em outras classes de vegetais muito utilizados para a alimentação humana e animal (Kadam et al., 1990). Eles perfazem, aproximadamente, a metade da matéria seca da casca de muitas árvores, além de constituírem a segunda fonte de polifenóis do reino vegetal, atrás apenas da lignina (Queiroz et al., 2002).

Já os taninos hidrolisáveis (Figura 2), são uma mistura de ácido gálico, pirogálico e ésteres de açúcares, glicose com ácidos gálico e digálico e como o próprio nome indica,

são degradados por hidrólise química ou enzimática, nas várias estruturas das quais são compostos. São formados normalmente por uma glicose, mas também o ácido chiquímico, outros fenóis e outros glicosídeos e por uma parte fenólica ligada por meio de uma ligação éster (Yagüe et al., 1969). O ácido chiquímico é precursor de taninos hidrolisáveis, cumarinas, alcalóides derivados dos aminoácidos e fenilpropanóides, compostos que têm em comum a presença de um anel aromático na sua constituição (Pereira et al., 2012).

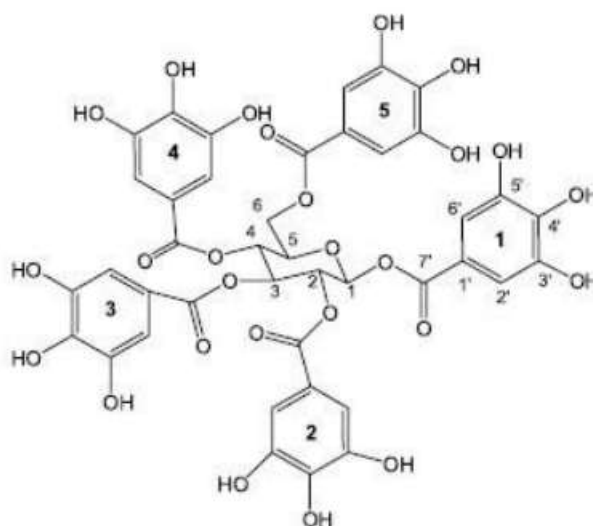


Figura 2. Estrutura química do tanino hidrolisável (FONTE: Olivas et al., 2015)

Em termos gerais, as ligações entre os taninos condensados e hidrolisáveis e as proteínas são feitas por pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas, no caso de ligações reversíveis (Figura 3) (Olivas et al., 2015). Isto ocorre entre os grupos hidroxifenóis dos taninos e os grupos carbonila das ligações peptídicas e uma vez complexados, o aproveitamento da proteína é diminuído, com maior efeito em taninos condensados.

A grande tendência dos taninos condensados para formar complexos com proteínas ao invés de carboidratos e outros polímeros, pode explicar a baixa digestibilidade das proteínas de leguminosa, inibição do crescimento e aumento da excreção de nitrogênio fecal em animais (Kaur e Kapoor, 1992), podendo também afetar a digestibilidade dos carboidratos e absorção de algumas vitaminas e minerais. As interações hidrofóbicas ocorrem entre os núcleos aromáticos dos taninos e as cadeias laterais alifáticas ou aromáticas dos aminoácidos (Luck et al., 1994).

Quando ingerido taninos em quantidades acima do recomendado, pode ser tóxico reduzindo a taxa de crescimento e desempenho animal, uma vez que diminui o aproveitamento de proteínas, vitaminas e minerais da dieta levando a maior excreção de nitrogênio nas excretas como resultado da interação tanino-proteínas. Além disso, também causam necrose e distorção nos vilos da mucosa intestinal e aumento no número de células caliciformes (Mitjavila et al., 1977; Chang et al., 1994; Ortiz et al., 1994).

Nunes et al. (2001) observaram que o excesso de taninos condensados na dieta de aves pode ocasionar atrofia na mucosa do íleo e encurtamento das vilosidades, resultando em uma distorção de sua arquitetura, edema no tecido conectivo das vilosidades, hiperplasia e hipertrofia das células caliciformes (secreção de muco).

Essas alterações na vilosidade intestinal ocorrem quando o intestino responde a algum agente com um desequilíbrio no processo de renovação celular (proliferação e diferenciação), resultante das divisões mitóticas sofridas por células totipotentes (*stem cells*) localizadas na cripta e ao longo dos vilos, e perda de células (extrusão), que ocorre normalmente no ápice dos vilos, podendo modificar a altura dos vilos (Campos et al., 2007).

A manutenção da mucosa intestinal em condições fisiológicas normais tem custo energético elevado para as aves. Quando ocorrem lesões, além da redução da quantidade de substrato digerido e absorvido, há ainda o custo da restauração desse epitélio. Assim, o rendimento econômico do lote estará seriamente comprometido quando existirem afecções na mucosa do trato gastrointestinal (Maiorka et al., 2002).

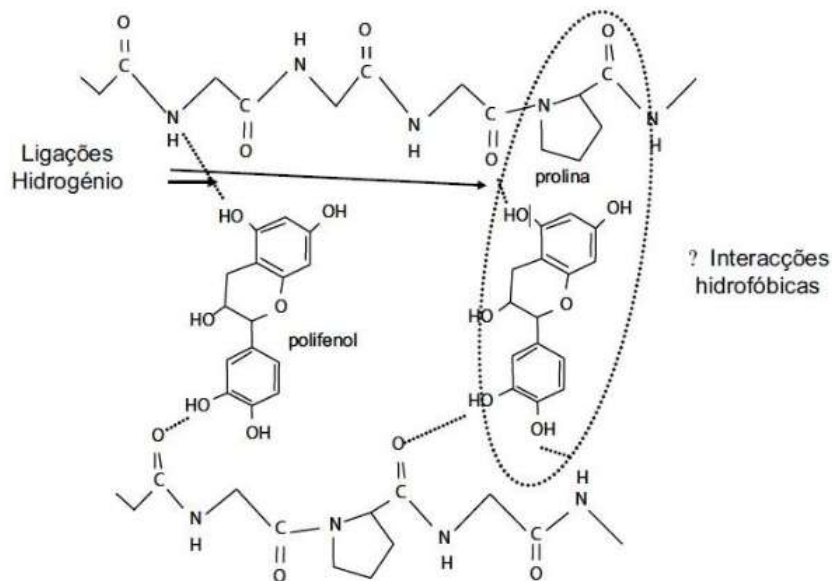


Figura 3. Interação do tanino com molécula de proteína via ponte de hidrogênio (FONTE: Olivas et al., 2015)

Os complexos dos taninos condensados com as proteínas podem ser reversíveis ou irreversíveis. Os reversíveis são estabelecidos por pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas, enquanto os irreversíveis ocorrem em condições oxidativas via ligações covalentes. As interações hidrofóbicas atuam como forças de atração inicial na complexação em meio aquoso entre taninos condensados e proteínas (Mello et al., 2001). O tanino condensado geralmente não é absorvido no trato digestivo dos animais, provavelmente devido ao seu alto peso molecular, assim seu efeito é restrito apenas ao

aparelho digestivo. Jimenez-Ramsey et al. (1994), alimentando pintos de corte com dietas contendo frações fenólicas marcadas, extraídas de vários cultivares de sorgo, observaram que apenas os fenóis de baixo peso molecular (taninos hidrolisáveis) foram absorvidos.

Apesar de o tanino condensado possuir algumas ações negativas no valor nutritivo de certos vegetais, por exemplo, a redução de digestibilidade de proteínas, a inibição da ação de enzimas digestivas e interferência na absorção de ferro, é interessante considerar que o tanino hidrolisável apresenta ação antioxidante sistêmico, tornando seu uso interessante na produção animal (Okuda, 2005).

Segundo Cunha (2009) o ácido gálico que faz parte dos taninos hidrolisáveis, apresenta uma esterificação deste ácido onde conduz a formação da  $\beta$ -glucogalina que constitui o primeiro intermediário na biossíntese dos taninos hidrolisáveis. Ao atuar como receptor e como principal doador de grupos de ácido gálico a  $\beta$ -glucogalina, vai sendo sequencialmente esterificada e origina por fim o 1,2,3,4,6-penta-O-galoil- $\beta$ -D-glucose, que é um precursor da maioria dos taninos hidrolisáveis.

Os taninos hidrolisáveis apresentam três propostas de biossíntese após sua absorção no organismo. A primeira via conduz à formação de galotaninos, que resultam da auto-esterificação das moléculas de ácido gálico. A segunda via apresenta a formação de elagitaninos por acoplamento oxidativo entre dois ou quatro grupos galoil vicinais, ligados na sua conformação mais estável. A terceira via ocorre num grupo muito restrito de plantas, que corresponde a uma variante metabólica em que a D-glicopiranosose tem uma conformação em cadeira pouco estável, com substituintes em posição axial, dando origem a sua complexação com íons metálicos, atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres (Haslam, 1989).

### **3. Taninos como antioxidantes naturais**

A oxidação é um processo natural que ocorre em decorrência da atividade metabólica normal do organismo, induzida pelos radicais livres, que são espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, altamente instáveis, e por serem reativos são capazes de danificar biomoléculas importantes, como DNA, proteínas, carboidratos e lipídios (Isolauri et al., 2001). Esses danos contribuem para o envelhecimento e o aparecimento de doenças cardiovasculares, artrite reumática, entre outras (Furlan et al., 2007).

Entre os danos oxidativos causados por radicais livres, a oxidação lipídica é a mais preocupante, pois é considerada a principal responsável pela perda de qualidade dos alimentos, além de produzir substâncias potencialmente tóxicas, como malonaldeídos e óxidos de colesterol (Gray et al., 1996). A oxidação lipídica é caracterizada pela deterioração dos lipídios, induzida por oxigênio na presença de catalisadores, como calor, luz, pigmentos e íons metálicos (Ayres et al., 1997).

Desta forma, o estresse oxidativo é causado pela produção excessiva de grupos oxidantes que superam a competência das resistências antioxidantes, causando danos a biomoléculas de lipídios e proteínas (Beckman e Bruce, 1998). Animais mantidos em sistema de produção intensivo estão mais susceptíveis ao estresse oxidativo. Isso se deve a diversos fatores, como genéticos, ambientais e de manejo, que podem afetar diretamente no seu desempenho, qualidade e produção (Edens e Sefton., 2016).

Nesse sentido, existe uma grande diversidade de estruturas dos compostos tânicos que estão presentes em plantas com reconhecidas atividades terapêuticas,



associada à sua capacidade de complexação com diferentes compostos (Monteiro et al., 2005), sendo uma delas a atividade antioxidante e neutralizadora de radicais livres, podendo otimizar o desempenho dos animais.

Como descreveu Okuda (2005), os íons metálicos como  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  foram reduzidos a  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Cu}^+$ , respectivamente, quando postos em contato com soluções de taninos hidrolisáveis a temperatura ambiente. Nesse sentido, esses taninos estão entre os aditivos alternativos estudados com potencial antioxidante.

Além dos possíveis efeitos antioxidantes dos taninos hidrolisáveis no organismo animal, tem-se a ação nos produtos advindos desses animais, como por exemplo, os ovos. Tendo o conhecimento dos efeitos causados pela oxidação lipídica nos ovos, Hayat et al. (2010), testaram a utilização de antioxidantes sintético (hidroxitolueno butilato - BHT) e natural ( $\alpha$ -tocoferol) na alimentação das aves, sendo que já existem relatos de uma provável ação carcinogênica, o que acaba se tornando um produto rejeitado por alguns consumidores (Luna et al., 2010).

A relação dos taninos com efeitos antioxidantes é de grande importância na nutrição animal. Os taninos condensados e hidrolisáveis, presentes em extratos de plantas, possuem ação antioxidante, protegendo as biomoléculas do organismo contra danos oxidativos causados por radicais livres (Botsoglou et al., 2012). Essa capacidade de neutralizar os radicais livres pode contribuir para a melhoria do desempenho e qualidade dos ovos das aves.

Além disso, os taninos têm a capacidade de complexar com íons metálicos, reduzindo sua atividade pró-oxidantes. O uso de antioxidantes naturais, como os

extratos de taninos, apresenta potencial na alimentação animal, proporcionando benefícios sem os riscos associados aos antioxidantes sintéticos.

Assim os antioxidantes naturais como extratos e óleos se tornam interessantes, apresentando grande potencial para serem utilizados na alimentação das aves, em busca de melhorias no desempenho das aves e qualidade dos ovos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addisu, Shewangzaw. 2016. "Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review." *Online J. Anim. Feed Res* 6.2: 45-56.

Aksit, M.; Goksoy, E.; Kok, F.; Ozdemir, D. E. M. İ. R. and Ozdogan, M. 2006. The impacts of organic acid and essential oil supplementations to diets on the microbiological quality of chicken carcasses. *Archiv fur Geflugelkunde*, 70(4), 168-173.

Ayres, M. P.; Clausen, T. P.; MacLean J. S. F.; Redman, A. M. and Reichardt, P. B. 1997. Diversity of structure and antiherbivore activity in condensed tannins. *Ecology*, 78(6), 1696-1712. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[1696:DOSAAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[1696:DOSAAA]2.0.CO;2).

Battestin, V.; Matsuda, L. K. and Macedo, G. A. 2008. Sources and applications of tannins and tannases in foods. *Food Nutr. Araraquara*, 15: 63-72.

Beckman, K. B. and Bruce N. A. 1998. The free radical theory of aging matures. *Physiological Reviews*, 78; 547-581. <https://doi.org/10.1152/physrev.1998.78.2.547>

Botsoglou, E.; Govaris, A.; Fletouris, D. and Iliadis, S. 2012. Olive leaves (*Olea europea L.*) and  $\alpha$ -tocopheryl acetate as feed antioxidants for improving the oxidative stability of

$\alpha$ -linolenic acid-enriched eggs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.97, p.740-753. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01316>

Bruneton, J. 1991. *Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia*, Ed. Acribia, SA: Espanha.

Butolo, J. E. 2010. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Quality of ingredients in animal feed. Campinas, São Paulo: CBNA.*

Campos, D. M. B.; Faria Filho, D. E.; Torres, K. A. A.; Furlan, R. L. and Macari, L. 2007. Development of the intestinal mucosa and the replacement of corn by sorghum in the diet of broiler chicks. *Essays and Science*, 5(5): 44-48.

Chang, M. C. J.; Bailey, J. W. and Collins, J. L. 1994. Dietary tannins from cowpeas and tea transiently alter apparent calcium absorption and utilization of protein in rats. *Journal Nutrition*, 124: 283-88. <https://doi.org/10.1093/jn/124.2.283>

Cordão, M. A.; Pereira Filho, J. M.; Bakke, O. A. and Bakke, I. A. 2010. Taninos e seus efeitos na alimentação animal: Revisão bibliográfica. *Pubvet*, 4(32). <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2481>

Cunha, A. P. D. 2009. *Farmacognosia e Fitoquímica*. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, Portugal; ISBN 9789723111422

Edens, F. W. and Sefton, A. E. 2016. *Journal of Applied Animal Nutrition*. Cambridge University Press and *Journal of Applied Animal Nutrition Ltd*, 4: 9: 1-14. <https://doi.org/10.1017/jan.2016.5>

Furlan, L. R.; Ferraz, A. L. J. e Bortolossi, J. C. 2007. A genômica funcional no âmbito da produção animal: estado da arte e perspectivas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36

(Suplemento Especial): 331- 341. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000030>

Gray, J. I.; Goma, E. A. e Buckley, D. J. 1996. Qualidade oxidativa e vida útil de carnes. *Ciência da carne*, 43, 111-123. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00059-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00059-9)

Guerra, C. C. 2012. Polifenóis da uva e do vinho. *Rev. Bras. Vitic. Enol.*, n. 4: 90-100. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/942664>

Hayat, Z.; Cherian, G.; Pasha, T. N.; Khattak, F. M. and Jabbar, M. A. 2010. Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: effect of dietary antioxidants and storage. *Poultry Science*, v.89, 1285-1292. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00256>

Haslam, E. 1989. *Plant polyphenols-vegetable tannins revisited*. Cambridge: Cambridge University Press.

Heldt, H. 1997. *Plant Biochemistry and Molecular Biology*, University Press: Oxford.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022. *Produção da Pecuária Municipal*. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2019\\_v47\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v47_br_informativo.pdf) Acesso em: 03.maio.2023

Iqbal, M. A.; Roohi, N.; Akram, M. and Khan, O. 2015. Egg quality and egg geometry influenced by mannan-oligosaccharides (MOS), a prebiotic supplementation in four close bred flocks of Japanese quail breeders (*Coturnix coturnix japonica*). *Pakistan J. Zool*, 47(3), 641-648.

Isolauri, E.; Sütas, Y.; Kankaanpää, P.; Arvilommi, H. and Salminen, S. 2001. Probióticos: efeitos na imunidade. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2): 444-450.

Jimenez-Ramsey, L. M.; Rogler, J. C.; Housley, T. L.; Butler, L. G. and Elkin, R. G. 1994. Absorption and distribution of <sup>14</sup>C-labeled condensed tannins and related sorghum phenolics in chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4), 963-967.

<https://doi.org/10.1021/jf00040a024>

Kadam, S. S.; Salunkhe, D. K. and Chavan, J. K. 1990. *Dietary tannins: consequences and remedies*. Boca Raton: CRC Press, p.200.

Kaur, D. and Kapoor, A. C. 1992. Nutrient composition and antinutritional factors of rice and bean (*Vigna umbellata*). *Food Chem.*, 43(22): 119-124.

[https://doi.org/10.1016/0308-8146\(92\)90224-P](https://doi.org/10.1016/0308-8146(92)90224-P)

Lillehoj, H. S.; Kim, D. K.; Bravo, D. M. and Lee, S. H. 2011. Effects of dietary plant-derived phytonutrients on the genome-wide profiles and coccidiosis resistance in the broiler chickens. In *BMC proceedings*, 5(4): 1-8. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-S4-S34>

Luck, G.; Liao, H.; Murray, N. J.; Grimmer, H. R.; Warminski, E. E.; Williamson, MP. and Haslam, E. 1994. Polyphenols, astringency and proline-rich proteins. *Phytochemistry*, 37(2), 357-371. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)85061-5](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)85061-5)

Luna, A.; Labaque, M. C.; Zygadlo, J. A. and Marin, R. H. 2010. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poultry Science*: 89, 366-370. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00130>

Maiorka, A.; Boleli, I. C. and Macari, M. 2002. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: *Fisiologia Aviária: Aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP, (2):113-123.

Mehaisen, G. M.; Ibrahim, R. M.; Desoky, A. A.; Safaa, H. M.; El-Sayed, O. A. and Abass, A. O. 2017. The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. *PLoS ONE* 12:e0186907. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186907>.

Mello, J. P. C. and Santos, S. C. 2001. Taninos: In: *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 3<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Ed. UFSC.

Mitjavila, S.; Lacombe, C.; Carrera, G. and Derache, R. 1977. Tannic acid and oxidized tannic acid on the functional state of rat intestinal epithelium. *The Journal of nutrition*, 107(12), 2113-2121.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2015). Secretaria de Defesa Agropecuária. Disponível em: *instrucao-normativa-sda-mapa-ndeg*. Acesso em 20 jun 2022, 5(10): 2016.

Minvielle, F. and Oguz, Y. 2002. Effect of genetics and breeding on egg quality of Japanese quail. *World's Poultry Science Journal*, v.58, p.291-295. <https://doi.org/10.1079/WPS20020022>

Monteiro, J. M.; Albuquerque, U. P. D.; Araújo, E. D. L. and Amorim, E. L. C. D. 2005. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*, 28: 892-896. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500029>

Naumann, H. D.; Tedeschi, L. O.; Zeller, W. E. and Huntley, N. F. 2017. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46: 929-949. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200009>

Nunes, R. V.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Gomes, P. C. and Nascimento, A. H. D. 2001. Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros e equações de predição dos aminoácidos digestíveis do grão e de subprodutos do trigo para aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30: 774-784. DOI: [10.1590/S1516-35982001000300024](https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000300024)

Okuda, T. 2005. Sistemática e efeitos na saúde de taninos quimicamente distintos em plantas medicinais. *Fitoquímica*, 66-17, 2012-2031. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.04.023>

Olivas-Aguirre, F. J.; Wall-Medrano, A.; González-Aguilar, G. A.; López-Díaz, J. A.; Álvarez-Parrilla, E.; Rosa, L. A. and Ramos-Jimenez, A. 2015. Taninos hidrolizables: bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición hospitalaria*, 31(1): 55-66. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>

Ortiz, L. T.; Alzueta, C.; Trevino, J. and Castano, M. 1994. Effects of faba bean tannins on the growth and histological structure of the intestinal tract and liver of chicks and rats. *British Poultry Science*, 35(5): 743-754. <https://doi.org/10.1080/00071669408417739>

Özek, K.; Wellmann, K. T.; Ertekin, B. and Tarım, B. 2011. Effects of dietary herbal essential oil mixture and organic acid preparation on laying traits, gastrointestinal tract characteristics, blood parameters and immune response of laying hens in a hot summer season. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(4): 575-586. <https://doi.org/10.22358/jafs/66216/2011>

Pastore, S. M.; Oliveira, W. P. e Muniz, J. C. L. 2012. Panorama da coturnicultura no Brasil. *Revista eletrônica nutritime*. 9(6): 2041-2049.

Pereira, R. J. e das Graças Cardoso, M. 2012. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. *Journal of biotechnology and biodiversity*, 3(4).

Pieroni, C. A.; Oliveira, M. C. D.; Santos, W. L. R. D.; Mascarenhas, L. B. and Oliveira, M. A. D. 2020. Effect of green propolis on the productivity, nutrient utilization, and intestinal morphology of Japanese laying quail. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49: 20: 190-198.  
<https://doi.org/10.37496/rbz4920190198>

Pinto, L. G. Q.; Pezzato, L. E.; de Miranda, E. C.; Barros, M. M. and Furuya, W. M. 2004. Effect of tannin on the digestibility of feed nutrients by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26(2): 181-186.  
<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v26i2.1863>

Pizzi, A. and Mittal k. L. 1983. *Wood adhesives: Chemistry and technology*. New York: Marcell Dekker, 364.

Queiroz, C. R. A. D. A.; Morais, S. A. L. D. and Nascimento, E. A. D. 2002. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). *Revista Árvore*, 26: 485-492.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400011>

Rosa, E. A.; Silva, B. C.; Silva, F. M.; Tanaka, C. M. A.; Peralta, R. M.; Oliveira, C. M. A.; Kato, K. Ferreira, H. D.; Silva, C. C. 2010. Flavonoides e atividade antioxidante em *Palicourea rígida* Kunth, Rubiaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*.; v.20(4): p. 484- 488.  
<https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000400004>

Sgarbieri, V. C. 1996. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações. São Paulo, Varela, *Deterioração e modificações químicas, físicas e enzimáticas de proteínas*. Cap. 5: 71-76.



Santos, W. M.; dos Santos, S. M.; Rebello, F. K.; dos Santos, M. A. S.; Soares, B. C. e de Loureiro, J. P. B. 2021. Conjuntura da produção de ovos de codorna no Estado do Pará. *Research, Society and Development*, 10(14), e253101421873-e253101421873.

<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21873>

Silva, E. L. D.; Silva, J. H. V. D.; Jordão Filho, J.; Ribeiro, M. L. G.; Costa, F. G. P. e Rodrigues, P. B. 2006. Redução dos níveis de proteína e suplementação aminoacídica em rações para codornas européias (*Coturnix coturnix coturnix*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.822-829. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000300027>

Silva, J. D. T.; Matos, A. D. S.; Hada, F. H.; Gravena, R. A.; Marques, R. H. e Moraes, V. M. B. 2012. Simbiótico e extratos naturais na dieta de codornas japonesas na fase de postura. *Ciência Animal Brasileira*, 13: 1-7. <http://dx.doi.org/10.5216/cab.v13i1.5547>

Silva, A. F.; Sgavioli, S.; Domingues, C. H. F. e Garcia, R. G. 2018. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*: 70(3), 913-920. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10065>

Souza, C. S.; Christofoli, M.; Costa, T. F.; Alexandrino, S. L. D. S. A.; de Faria, P. P.; Minafrarezende, C. S. and Pereira, P. S. 2020. Importância da saúde intestinal em frango de corte. *Research, Society and Development*, 9(3): 1-18. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3667>

Van Soest, P. J. 2018. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd. ed. Ithaca: Cornell University Press. 488p.

Yagüe, G. Á.; Gaviña, M. D. e Torner O. J. 1969. Los taninos vegetales. *Poultry Science*, v.89, 1399-1402.

Zeng, X.; Jiang, W.; Du, Z. and Kokini, J. L. 2023. Encapsulation of tannins and tannin-rich plant extracts by complex coacervation to improve their physicochemical properties and biological activities: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(18), 3005-3018. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2075313>

## **CAPÍTULO 2**

### **EXTRATO A BASE DE ÁCIDO TÂNICO NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS MELHORA O PERFIL LIPÍDICO E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DA GEMA DOS OVOS**

(Redigido de acordo com as normas do periódico “Revista Brasileira de Zootecnia”)

Fator de impacto: 1,0, Percentil 52% (Scopus), Qualis: A2

Projeto aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais UFGD (Protocolo 20/2022)

## EXTRATO A BASE DE ÁCIDO TÂNICO NA DIETA DE CODORNAS JAPONESAS MELHORA O PERFIL LIPÍDICO E O POTENCIAL ANTIOXIDANTE DA GEMA DOS OVOS

Deyvid Ricardo Schmidt Pazuch<sup>1</sup>

1 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS.

### RESUMO

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de extrato vegetal à base de ácido tânico na dieta de codornas japonesas em fase de postura sobre o desempenho, a qualidade dos ovos, a saúde intestinal, o perfil lipídico e o potencial antioxidante da gema dos ovos frescos e armazenados por até 28 dias. O estudo foi realizado em aviário experimental de aves de poedeiras, com duração de 56 dias, utilizando um plantel de 324 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) no pico de postura divididas, em um delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com a inclusão de extratos vegetal a base de ácido tânico em seis níveis: Controle (sem a adição), 250, 500, 750, 1.000 e 1.250 g/ton, com nove repetições, e 6 codornas por unidade experimental. Foram avaliados o desempenho produtivo, qualidade dos ovos, biometria de órgãos, perfil bioquímico sanguíneo, histomorfometria intestinal, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema. Foi realizado ensaio de armazenamento dos ovos por 28 dias, sendo avaliado a qualidade dos ovos, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos semanalmente. A suplementação de extrato à base de ácido tânico não alterou o desempenho, a saúde dos órgãos, os parâmetros bioquímicos no sangue ou a morfologia intestinal das codornas japonesas em estudo. A qualidade do albúmen dos ovos permaneceu inalterada pela inclusão de até 250 g/ton de ácido tânico, e mesmo com a inclusão máxima, a qualidade dos ovos permaneceu satisfatória. A adição de tanino hidrolisável resultou em um aumento dos ácidos graxos insaturados e melhorou a relação entre ácidos graxos insaturados e saturados na gema dos ovos. Além disso, a inclusão de tanino hidrolisável aumentou o potencial antioxidante da gema dos ovos, sugerindo benefícios para a estabilidade lipídica e a saúde dos consumidores.

**Palavras-chaves:** Antioxidante natural, armazenamento de ovos, *Coturnix coturnix japonica*, perfil lipídico, polifenóis, tanino hidrolisável.

## ABSTRACT

The present study was conducted with the objective of evaluating the effect of different levels of tannic acid-based plant extract in the diet of Japanese quails in the laying phase on performance, egg quality, intestinal health, lipid profile and antioxidant potential of fresh egg yolks stored for up to 28 days. The study was carried out in an experimental aviary of laying birds, lasting 56 days, using a flock of 324 Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) at peak laying divided, in a completely randomized design in six treatments with the inclusion of plant extracts based on tannic acid at six levels: Control (without addition), 250, 500, 750, 1,000 and 1,250 g/ton, with nine replications, and 6 quails per experimental unit. Productive performance, egg quality, organ biometry, blood biochemical profile, intestinal histomorphometry, lipid profile and antioxidant potential of the yolk were evaluated. An egg storage test was carried out for 28 days, and the quality of the eggs, lipid profile and antioxidant potential of the egg yolk were evaluated weekly. Tannic acid-based extract supplementation did not alter the performance, organ health, biochemical parameters in the blood or intestinal morphology of the Japanese quails under study. Egg albumen quality remained unaffected by the inclusion of up to 250 g/ton of tannic acid, and even with maximum inclusion, egg quality remained satisfactory. The addition of hydrolyzable tannin resulted in an increase in unsaturated fatty acids and improved the ratio between unsaturated and saturated fatty acids in egg yolk. Furthermore, the inclusion of hydrolyzable tannin increased the antioxidant potential of egg yolks, suggesting benefits for lipid stability and consumer health.

**Keywords:** *Coturnix coturnix japonica*, hydrolysable tannin, lipids profile, natural antioxidant, storage eggs.

## INTRODUÇÃO

Na avicultura, a utilização de extratos naturais de plantas e compostos bioativos como os polifenóis, tem sido explorada como uma abordagem promissora para aprimorar a saúde e a produtividade de aves poedeiras, com possíveis impactos na qualidade dos ovos e no desempenho animal (Christaki et al., 2012; Abudabos et al., 2016; Kiczorowska et al., 2017; Ahsan et al., 2018; Khoobani et al., 2019).

Tradicionalmente vistos como antinutricionais para animais monogástricos, estudos recentes apontam os impactos positivos dos taninos como aditivos alimentares. Pesquisas mostram que, quando usados adequadamente, podem melhorar o ecossistema microbiano e a saúde intestinal, levando a um aumento no desempenho produtivo (Baliyan et al., 2022). Além disso, esses compostos têm sido investigados como moduladores da flora microbiana intestinal servindo como alternativa aos antibióticos promotores de crescimento (Medugu et al., 2012; Baliyan et al., 2022). Adicionalmente, os extratos vegetais à base de taninos têm recebido atenção especial devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antibacterianas (Espitia-Hernández et al., 2022).

Conforme relatado por Zeng et al. (2023), com base nas diferenças nas estruturas químicas, os taninos podem ser classificados em três categorias: taninos hidrolisáveis, florotaninos e taninos condensados. Os taninos classificados como condensados recebem esse nome devido a sua estrutura química condensada, o que confere maior resistência ao processo digestivo, diferente do que ocorre com os hidrolisáveis, que são sensíveis às substâncias básicas, ácidas e esterases (Addisu, 2016; Naumann et al., 2017). Os taninos hidrolisáveis são ainda divididos em galotaninos e elagitaninos de acordo com os grupos fenólicos que são esterificados nos grupos hidroxila da glicose:

ácido gálico em galotaninos e ácido hexahidroxi-difênico (HHDP) em elagitaninos (Bar-Ya'akov et al., 2019).

O ácido tânico é pertencente ao grupo dos taninos hidrolisáveis e é um composto de alto peso molecular (50 a 3.000 Da) com a ação de remover e prevenir a formação de radicais livres (Gülçin et al., 2010) e agir de forma sistêmica.

Desta forma, a hipótese da presente pesquisa se baseia na premissa de que a suplementação da dieta de codornas japonesas com extrato vegetal à base de taninos hidrolisáveis, especificamente o ácido tânico, proporciona efeito antioxidante sistêmico e pode melhorar o desempenho produtivo das aves, a saúde intestinal e a qualidade e o perfil lipídico dos ovos. Adicionalmente, tem-se a hipótese de que os efeitos antioxidantes do tanino hidrolisável podem preservar a qualidade dos ovos e o perfil lipídico da gema durante o tempo de armazenamento da postura do ovo até o seu consumo.

Ao investigar esses aspectos, busca-se fornecer informações relevantes para aprimorar a criação de codornas japonesas, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias nutricionais mais eficientes e sustentáveis na avicultura, além de produzir ovos de qualidade superior e com características funcionais ao consumidor final.

Assim, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de extrato vegetal à base de tanino hidrolisável na dieta de codornas japonesas em fase de postura sobre o desempenho, a qualidade dos ovos, a saúde intestinal, o perfil lipídico e o potencial antioxidante da gema dos ovos frescos e armazenados por até 28 dias.

## MATERIAL E MÉTODOS

Todas as práticas realizadas durante a execução desse experimento foram realizadas de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e aprovadas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal da Grande Dourados (CEUA-UFGD), sob protocolo 20/2022.

### **Local**

O experimento foi conduzido no Aviário Experimental de Aves Poedeiras, nas instalações destinadas a coturnicultura, da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA-UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. A altitude do município é de 430 m, a latitude de 22° 13' S e longitude 54° 48' W.

Foram utilizadas gaiolas metálicas em sistema piramidal, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50 cm, totalizando 1.250 cm<sup>2</sup>, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple e controle de iluminação e ambiente.

### **Animais experimentais**

Para realização da pesquisa foram utilizadas 324 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), em fase de postura com 50 dias de idade, peso médio de 176,0 gramas e desvio de 5 % da média. Os animais foram adquiridos de uma empresa comercial, sendo o período experimental composto de dois ciclos produtivos de 28 dias cada, totalizando 56 dias experimentais.



## **Temperatura, umidade e iluminação**

Durante todo o período experimental, as aves receberam iluminação por meio de lâmpadas de LED, com oferta de 16 horas diárias de luz entre às 6:00 e às 22:00 horas, controlada por relógio timer. Para manter o ambiente climatizado, foram utilizados aparelhos climatizadores evaporativos. A temperatura e a umidade relativa do ar do interior do aviário foram aferidas diariamente com o uso de termohigrômetros digitais, localizados na altura média das gaiolas e no centro do aviário. A temperatura média no período experimento foi de  $22,2^{\circ}\text{C} \pm 3,21$  e a média da umidade relativa do ar foi de  $71\% \pm 16,9$ .

## **Delineamento experimental**

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com a inclusão do extrato vegetal à base de tanino: Controle (sem inclusão), 250, 500, 750, 1.000 e 1.250 g/ton, com nove repetições, e 6 codornas por unidade experimental. O extrato de taninos utilizado foi obtido da castanheira *Castanea sativa*, por extração por água quente e liofilizada, fornecido por uma empresa privada. O produto é composto por: 70% de ácido tânico, 3% de lignina, 6% de celulose, 12% de hemicelulose e 9% de umidade.

A ração experimental foi formulada a base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações e composições nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2017) (Tabela 1), e fornecidas à vontade, duas vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas. O comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*.

Tabela 1 – Composição das dietas fornecidas às codornas na fase de postura.

Ingredientes	Extrato de tanino Hidrolisável nas rações experimentais (%)						
	Controle	250 (g/ton)	500 (g/ton)	750 (g/ton)	1.000 (g/ton)	1.250 (g/ton)	
Milho	56,29	56,29	56,29	56,29	56,29	56,29	
Farelo Soja	30,71	30,71	30,71	30,71	30,71	30,71	
Calcário	6,96	6,96	6,96	6,96	6,96	6,96	
Óleo soja	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	
Fosfato bicálcico	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
DL metionina	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	
L Lisina	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
Sal comum	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	
Premix mineral <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Premix vitamínico <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Tanino hidrolisável	0	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	
Inerte	1,06	1,035	1,010	0,985	0,960	0,935	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Composição nutricional calculada							
Energia Metabolizável (kcal/kg)							2.800
Proteína Bruta (%)							19,920
Fibra Bruta (%)							2,460
Lisina Digestível (%)							1,149
Metionina+Cisteína (%)							0,942
Metionina digestível (%)							0,656
Cálcio (%)							2,990
Fósforo disponível (%)							0,282
Sódio (%)							0,147

<sup>1</sup>Suplemento mineral Agrocere Optmix® (por quilo do produto): Cobre (mín.) 6.300,00 mg; Ferro (mín.) 52,50 g; Iodo (mín.) 1.260,00 mg; Manganês (mín.) 70,00 g; Selênio (mín.) 300,00 mg; Zinco (mín.) 63,00 g.

<sup>2</sup>Suplemento vitamínico Agrocere Optmix® (por quilo do produto): Ácido fólico (mín.) 750,000 mg; Ácido pantotênico (mín.) 10,00 g; Biotina (mín.) 80,00 mg; Niacina (mín.) 40,000 g; Vitamina A (mín.) 8.000.000,00 UI; Vitamina B1 (mín.) 3.000,00 mg; Vitamina B12 (mín.) 18.000,00 µg; Vitamina B2 (mín.) 6.000,00 mg; Vitamina B6 (mín.) 3.250,00 mg; Vitamina D3 (mín.) 2.500.000,00 UI; Vitamina E (mín.) 15.000,00 UI; Vitamina K3 (mín.) 2.500,00 mg.

O manejo diário consistiu em recolher e contabilizar os ovos, sendo computados o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca, fornecer a ração e higienizar os aparadores de ovos.

Foram avaliados o desempenho produtivo, a qualidade de ovos, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema ao final de cada ciclo de 28 dias. Ao final do segundo ciclo produtivo, uma ave por unidade experimental foi abatida para a avaliação do peso da carcaça e biometria dos órgãos, histomorfometria dos seguimentos do intestino delgado e perfil bioquímico sanguíneo. Foram avaliadas a qualidade de ovos, perfil lipídico e atividade antioxidante da gema de ovos submetidos ao armazenamento de zero, 7, 14, 21 e 28 dias.

### **Avaliação do desempenho produtivo**

As variáveis de desempenho foram avaliadas semanalmente e são descritas abaixo:

Para a produção de ovos (ovos/ave/dia), os ovos foram coletados e anotados em planilhas uma vez ao dia, incluindo ovos íntegros e não íntegros (quebrados, trincados e deformados). Ao final do experimento foi feita uma média geral semanal da produção de ovos.

Para o cálculo do consumo de ração (g/ave/dia), a ração pesada foi armazenada em recipientes fechados para sua respectiva parcela e ao final de cada semana foi pesada a sobra para a obtenção do consumo médio de ração/ave/dia. O Peso médio dos ovos (g) foi calculado ao final de cada semana, todos os ovos íntegros produzidos no dia foram pesados para obtenção do peso médio (balança digital 0,05g).

A Conversão alimentar por massa foi calculada por meio da divisão do consumo médio de ração (g) pela massa média de ovos produzidos (g), sendo expressa em gramas de ração consumida por grama de ovo produzido. A Conversão alimentar por dúzia foi calculada por meio da divisão do consumo médio de ração (g) pelo número de dúzias produzidas.

## Qualidade dos ovos

Para a avaliação da qualidade dos ovos, foram coletados quatro ovos por unidade experimental ao final de cada período experimental no período da manhã, totalizando 216 ovos. Os ovos foram enviados e analisados no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários da FCA/UFGD.

Os ovos foram pesados individualmente em balança semi analítica com precisão de 0,01g, e após, realizada a análise de gravidade específica por meio da imersão dos ovos em recipientes com diferentes soluções salinas (NaCl), cujas as densidades variam de 1,065 a 1,100, com intervalos de 0,005, aferidas com o auxílio de um densímetro. Os ovos foram submergidos em cada recipiente, em ordem crescente de gravidade, iniciando-se na solução de menor densidade e assim sucessivamente, até a flutuação dos ovos, conforme a metodologia descrita por Bittencourt et al. (2019). A gravidade específica foi representada pela solução de menor densidade em que o ovo emergiu.

Os ovos foram quebrados e separados as cascas, a gema e albúmen em uma superfície plana. Primeiramente foi realizada a avaliação da altura da gema e albúmen e diâmetro da gema que foram aferidos com auxílio de paquímetro digital e de tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura do albúmen ao lado da gema. O índice de gema foi calculado pela relação entre a altura e a largura da gema como.

A avaliação da coloração da gema foi realizada por colorímetro portátil modelo Minolta CR 410, avaliando-se os parâmetros L\*(luminosidade), a\* (vermelho) e b\* (amarelo), com as leituras feitas na superfície da gema.

Em seguida, os constituintes dos ovos foram pesados em balança digital com precisão de 0,01g para a avaliação de porcentagem de casca, gema e albúmen, levando em consideração o peso total do ovo. As cascas foram lavadas e secas em estufa de

ventilação forçada à 65°C por 72 horas, em seguida foram pesadas em balança semi analítica e calculada a porcentagem de casca em relação ao peso total dos ovos. Foi mensurada a espessura da casca com auxílio de paquímetro em três diferentes pontos da região equatorial da casca do ovo.

A unidade *Haugh* foi calculada por meio do modelo matemático, segundo metodologia de Alleoni e Antunes (2001):

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$$

Onde: H = altura do albúmen denso (mm); W = peso do ovo (g).

### **Perfil lipídico e potencial antioxidante da gema dos ovos**

As gemas utilizadas para as análises de qualidade dos ovos foram devidamente identificadas e congeladas à temperatura de -18°C para posterior processo de liofilização. Após as gemas serem liofilizadas, foram submetidas à análise de composição de ácidos graxos por meio da técnica de cromatografia gasosa e potencial antioxidante pela análise de inibição do DPPH.

O cromatógrafo gasoso é equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar CP-Sil 88 (comprimento 60 m, diâmetro interno 0,25 mm, espessura do filme 0,25  $\mu$ m). As condições operacionais foram as seguintes: hélio foi o gás de arraste a uma taxa de fluxo de 0,9 ml/ min, detector FID a 280 °C, injetor (razão de divisão 1: 100) a 250 °C e volume de injeção de 1  $\mu$ L.

A temperatura programada da coluna começou em 175 °C por 8 min, seguido por 2,0 °C / min até 180 °C por 28 min e, em seguida, 2,0 °C / min até 250 °C por 10 min. Os picos de ácidos graxos individuais foram identificados comparando os tempos de retenção com os ácidos graxos padrão analisados nas mesmas condições operacionais. Os resultados foram expressos como porcentagens relativas de ácidos graxos totais, as

análises foram realizadas em triplicata e a composição dos ácidos graxos foi determinada com base no método de Rodrigues et al. (2010).

Para avaliação do potencial antioxidante, 1 g de amostra de gema liofilizada e triturada foi extraído com 5 ml de hexano por 30 minutos em ultrassom. Após esse período, realizou-se a filtração e o extrato hexânico foi seco em capela de exaustão. O resíduo sólido da amostra foi extraído pelo mesmo método empregando acetato de etila e posteriormente etanol.

Após a secagem, todos os filtrados foram unidos, obtendo-se uma amostra única. Tal amostra foi solubilizada em etanol e submetida a análise de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). Para analisar a capacidade de inibir DPPH, foram adicionados 3 mL de DPPH 0,1 mM em diferentes concentrações das amostras em triplicata. A absorbância a 517 nm foi determinada em espectrofotômetro. A porcentagem de inibição foi calculada conforme descrito por Kumaran e Karunakaran (2006).

### **Biometria das codornas e dos órgãos e análise bioquímica sanguínea**

Ao final do segundo período experimental, uma ave de cada unidade experimental foi selecionada baseada no peso médio dos animais (179,0 gramas e desvio de 10% da média), identificada conforme o tratamento e repetição pertencente e mantida por 8 horas em jejum. As aves foram pesadas para obtenção do peso vivo (g) e realizada a punção intracardíaca para obtenção de sangue para avaliações bioquímicas. Em seguida, foram eutanasiadas por meio de deslocamento cervical, sangradas, escaldadas e depenadas manualmente.

As carcaças foram pesadas novamente depois de retirada a cabeça, pescoço e pés em balança semi-analítica, em seguida as vísceras foram removidas e pesadas (coração, intestinos, fígado, moela, pró-ventrículo e trato reprodutivo).

Para aferição do peso da moela, foi retirado o alimento que estava no órgão, mantendo a membrana coelínea. Já o proventrículo, duodeno, jejuno, íleo e ceco foram pesados individualmente.

Amostras do sangue para análise de perfil bioquímico, foram coletadas em tubos com heparina, sendo imediatamente centrifugadas para a separação do soro (4.000 rpm por 10 minutos), e então, congeladas a -80 °C em criotubos até o momento das análises. O soro foi analisado utilizando-se a espectrometria (BioPlus 200) de acordo com o indicado pelo fabricante dos kits comerciais (GoldAnalisa®) para a determinação de aspartato transaminase (AST), glicose, colesterol total, albumina e triglicérides.

### **Histomorfometria intestinal**

Após o processo de biometria intestinal foram coletados segmentos de 2,0 cm do duodeno, do jejuno e do íleo, e fixados em solução tamponada de formaldeído a 10%. Após a fixação, as amostras foram desidratadas em uma série crescente de concentrações de álcoois e diafanizada em xilol para serem incluídas em parafina. Os blocos foram submetidos a cortes em micrótomo na espessura de 5 µm e corados pela técnica de Hematoxilina e Eosina (HE) para verificação da morfometria das estruturas intestinais.

Foram realizadas imagens referentes às lâminas microscópicas confeccionadas com o auxílio de microscópio Leica DM 4000B acoplado a um microcomputador e analisadas com o auxílio do software Image Proplus, no qual foram mensuradas as estruturas da mucosa intestinal dos três segmentos do intestino delgado (µm), sendo elas: Altura e largura das vilosidades intestinais e profundidade e largura das Criptas de Lieberkühn. Além disso, a partir das medidas realizadas foram calculadas a relação vilosidade:cripta. Para isso, considerou-se as medidas em 10 vilosidades distintas.

## **Avaliação do Armazenamento dos ovos: qualidade dos ovos, perfil lipídico e potencial antioxidante da gema**

Nos cinco dias finais do segundo período produtivo foram coletados 24 ovos por dia por tratamento, totalizando 144 ovos por coleta, sendo cada coleta para um tempo de armazenamento: zero (ovos frescos), 7, 14, 21 e 28 dias. Os ovos foram embalados em bandejas plásticas transparentes devidamente identificados com o tratamento de origem e armazenados em uma câmara incubadora B.O.D. (Biological Oxygen Demand), em ambiente controlado com temperatura média de 15,7°C e umidade média de 45%, livre de incidência solar direta durante o período de armazenamento.

Ao final de cada período de armazenamento, os ovos foram avaliados quanto as seguintes análises de qualidade: gravidade específica, coloração da gema, altura de gema e albúmen, peso da casca, medida da espessura da casca, peso de gema, porcentagem de gema, albúmen e casca, índice e diâmetro de gema, e unidade de Haugh. Para as avaliações do perfil lipídico e antioxidante da gema, as gemas utilizadas para as análises de qualidade dos ovos foram devidamente identificadas e congeladas à temperatura de -18°C para posterior processo de liofilização. Após as gemas serem liofilizadas, foram submetidas à análise de composição de ácidos graxos por meio da técnica de cromatografia gasosa e potencial antioxidante pela análise de inibição do DPPH.

### **Análise estatística**

Foram verificadas as premissas estatísticas de normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias dos dados de desempenho produtivo e qualidade de ovos com uso testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Os resultados foram posteriormente submetidos a análise de variância utilizando-se o procedimento MIXED do SAS (SAS, versão 9.4, SAS Institute Inc, Cary, NC, EUA). Quando o modelo foi



significativo, a estimativa das diferentes inclusões do extrato vegetal a base de tanino hidrolisável foi submetida a análise de regressão polinomial. Para todas as análises foi considerado o nível de 5% de significância.

## RESULTADOS

### *Desempenho e qualidade de ovos*

Não foi observada diferença significativa no desempenho das codornas em fase de postura alimentadas com os diferentes níveis de extrato a base de tanino hidrolisável, no período de 56 dias do experimento (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito da inclusão dietética de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável sobre os parâmetros produtivos das codornas japonesas na fase de postura.

Variável	Extrato vegetal a base de Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	Controle	250	500	750	1.000	1.250		
Produção Ovos (%)	96,18	96,79	95,46	96,07	95,96	95,91	0,896	0,9821
Peso Ovos (g)	11,12	11,35	11,27	11,36	11,32	11,32	0,221	0,5449
Massa Ovos (g)	10,89	11,16	10,94	10,86	11,05	11,04	0,254	0,7571
Viabilidade (%)	99,06	100,00	100,00	99,06	98,11	100,00	0,759	0,4039
CR <sup>3</sup> (g/ave/dia)	29,38	29,57	29,47	28,69	29,16	28,91	0,670	0,6177
CA/ DZ <sup>4</sup>	2,556	2,525	2,564	2,543	2,560	2,498	0,067	0,9225
CA/ MO <sup>5</sup> (g/g)	2,721	2,671	2,717	2,665	2,662	2,635	0,094	0,8244
Comercializáveis <sup>6</sup> (%)	95,78	96,38	94,89	95,65	95,57	95,49	0,941	0,9761

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ . <sup>3</sup>consumo de ração; <sup>4</sup>CA (DZ): conversão alimentar por dúzia de ovos; <sup>5</sup>CA (MO): conversão alimentar por massa de ovos; <sup>6</sup>Comercializáveis: % de ovos comercializáveis.

As variáveis altura de albúmen e unidade Haugh, apresentaram equações de regressão polinomial com resultados significativos com efeitos lineares decrescentes (Tabela 3 e Figuras 1).

Tabela 3 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável em dietas de codornas japonesas sobre a qualidade de ovos.

Variável	Extrato Vegetal a Base de Tanino hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	0	250	500	750	1.000	1.250		
Peso ovo (g)	11,23	11,22	11,36	11,26	11,206	11,25	0,238	0,9047
Peso gema (g)	3,66	3,63	3,78	3,71	3,73	3,67	0,111	0,5015
Peso albúmen (g)	6,57	6,70	6,74	6,65	6,63	6,65	0,081	0,7885
Peso casca (g)	0,89	0,92	0,94	0,91	0,89	0,90	0,009	0,0282
Albúmen (%)	59,06	59,42	59,57	58,77	58,92	58,83	0,929	0,8162
Gema (%)	32,16	31,89	32,73	32,53	32,89	32,37	0,446	0,6454
Casca (%)	7,977	8,175	8,25	8,13	7,96	8,06	0,082	0,1156
GE <sup>3</sup>	1,069	1,070	1,070	1,070	1,069	1,070	0,001	0,6455
Altura albúmen (mm)	4,68	4,62	4,19	4,08	3,89	3,77	0,187	<0,0001
Altura gema (mm)	10,67	10,75	10,62	10,50	10,63	10,73	0,146	0,2889
Diâmetro Gema (mm)	19,59	19,66	19,94	19,82	20,15	19,88	0,318	0,4103
Unidade Haugh	90,59	90,24	87,68	87,09	85,94	85,14	0,955	<0,0001
Índice de gema	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,54	0,010	0,1279
L*	54,72	54,47	54,12	54,31	54,35	55,33	0,257	0,0220
a*	-2,01	-2,23	-2,04	-1,97	-2,15	-2,02	0,257	0,7359
b*	37,79	37,16	37,57	37,44	36,61	38,18	0,803	0,2672
Espessura casca (mm)	0,36	0,34	0,33	0,34	0,36	0,33	0,009	0,0116

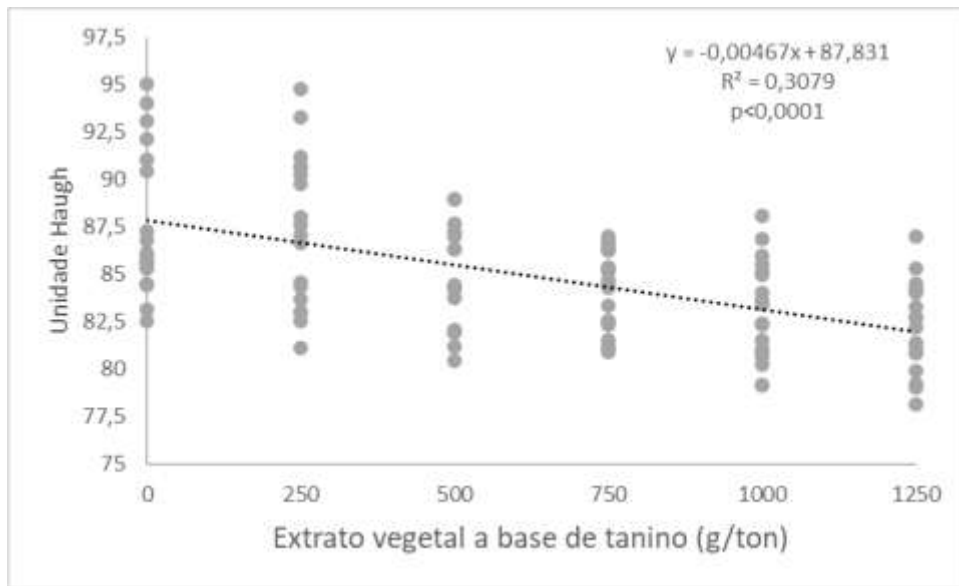
  

Regressões polinomiais				
Variável	p-Valor	Efeito	Equações	R <sup>2</sup>
Peso casca (g)	0,0231	Quadrático	$y=-0,00000006x^2+0,00006x+0,8992$	0,0472
Altura albúmen (mm)	<0,0001	Linear	$y=-0,00078x+4,168$	0,3050
Unidade Haugh	<0,0001	Linear	$y=-0,00467x+87,831$	0,3079
L*	0,0015	Quadrático	$y=0,0000022x^2-0,00241x+54,791$	0,1075
Espessura casca (mm)	0,0008	Linear	$y=-0,00001603x+0,266$	0,0546

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ .

<sup>3</sup>GE: gravidade específica.

Ao analisar a unidade Haugh, foi possível observar que o menor nível de inclusão do extrato a base de tanino hidrolisável (250 g/ton) não diferiu do tratamento controle (sem inclusão de tanino).



**Figura 1.** Unidade Haugh de ovos de codornas alimentadas com dietas com inclusão de extratos vegetal a base de tanino hidrolisável.

Houve efeito quadrático ( $P > 0,05$ ) para peso da casca e valor  $L^*$ , com estimativas de máximas de 0,94 e 54,71 e níveis de tanino de 500,0 e 547,72 respectivamente. E houve efeito linear decrescente para a espessura de casca conforme o aumento dos níveis de tanino hidrolisável na dieta, porém com coeficientes de determinação baixos.

O ácido graxo 13,16-Docosadienóico (C22:2) apresentou comportamento linear decrescente, conforme o aumento do nível de inclusão do extrato a base de tanino hidrolisável (Tabela 4).

Tabela 4 - Perfil lipídico da gema de ovos de codornas japonesas suplementadas com diferentes níveis de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta.

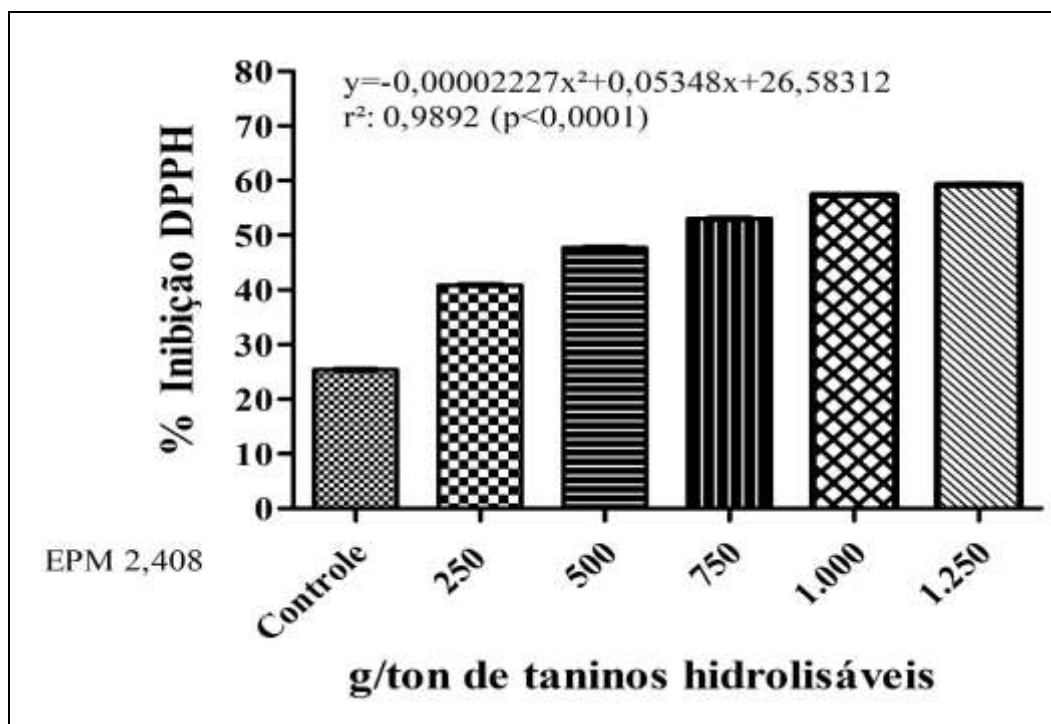
Perfil de Ácidos Graxos, %	Extrato Vegetal a Base de Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	Controle	250	500	750	1.000	1.250		
Esteárico (C18:0)	10,352	10,355	10,452	10,397	10,362	10,542	0,025	0,2152
Palmitoleico(C16:1)	4,592	4,620	4,720	4,435	4,667	4,627	0,028	0,0751
Margárico (C17:0)	0,152	0,137	0,125	0,132	0,132	0,125	0,002	0,0085
Palmítico (C16:0)	25,325	24,945	25,0125	24,937	24,870	24,922	0,040	0,0026
Oleico (C18:1)	43,362	43,690	43,645	43,902	43,525	43,465	0,047	0,0054
Oleico (C18:1 C11)	1,757	1,812	1,795	1,770	1,822	1,742	0,012	0,3451
Oleico (C18:1 T11)	0,155	0,177	0,177	0,167	0,177	0,160	0,002	0,0044
Linoleico (C18:2 C9 C12)	10,735	10,735	10,560	10,760	10,767	10,935	0,071	0,8358
α linolênico (C18:3w3)	0,170	0,170	0,170	0,165	0,162	0,147	0,002	0,0084
Linoleico Conj. <sup>3</sup> (C18:2 C9 T11)	0,337	0,337	0,337	0,337	0,472	0,337	0,033	0,8463
Ácido araquídico (C20:0)	0,107	0,107	0,107	0,107	0,102	0,105	0,001	0,6560
Docosatetraenoico (C20:4)	0,172	0,172	0,172	0,172	0,200	0,172	0,006	0,7982
Eicosapentaenóico (C20:5 w3)	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,001	1,0000
Docosapentaenóico (C22:5 w3)	0,705	0,707	0,740	0,757	0,707	0,717	0,009	0,6100
Lignocérico (C24:0)	1,107	1,120	1,130	1,125	1,122	1,142	0,003	0,1765
13,16 Docosadienoico (C22:2)	0,352	0,347	0,320	0,305	0,347	0,310	0,004	0,0010
Eicosenoico (C20:1)	0,360	0,342	0,317	0,305	0,332	0,325	0,004	0,0050
13,16 Docosahexaenóico (C22:6)	0,150	0,117	0,112	0,117	0,122	0,117	0,003	0,0040
Total saturados	37,045	36,660	36,820	36,700	36,590	36,830	0,039	0,0023
Total insaturados	62,955	63,335	63,172	63,300	63,410	63,162	0,039	0,0023
Monoinsaturados	50,227	50,642	50,655	50,580	50,525	50,320	0,053	0,0849
Polinsaturados	12,727	12,692	12,517	12,720	12,885	12,842	0,049	0,3451
Total ômega 3	1,130	1,100	1,127	1,145	1,097	1,087	0,053	0,5718
Total ômega 6	11,597	11,592	11,390	11,575	11,787	11,755	0,010	0,2268
Total ômega 9	50,227	50,642	50,655	50,580	50,525	50,320	0,049	0,0849
Insaturados/Saturados	1,700	1,725*	1,712	1,722	1,732*	1,715	0,002	0,0052
Ômega 6/ Ômega 3	10,282	10,557	10,110	10,110	10,745	10,865	0,116	0,2632
<b>Regressões polinomiais</b>								
Variável	P	Efeito	Equações				<sup>5</sup> R <sup>2</sup>	
C17:0	0,0022	<sup>3</sup> lin	$y = -0,00001657x + 0,14452$				0,3176	
C16:0	0,0195	<sup>4</sup> quad	$y = 0,0000004635714x^2 - 0,00084375x + 25,26384$				0,4867	
C18:1	0,0006	quad	$y = -0,000000933571x^2 + 0,00120x + 43,384$				0,4052	
C18:1 T11	0,0009	quad	$y = -0,000000457143x^2 + 0,00005886x + 0,15857$				0,3641	
C18:3w3	0,0390	quad	$y = -0,0000000242857x^2 + 0,00001436x + 0,16911$				0,526	
c22:2	0,0035	lin	$y = -0,000026x + 0,34667$				0,2159	
c20:1	0,0043	quad	$y = 0,00000007428571x^2 + -0,00011771x + 0,36143$				0,4592	
c22:6	0,0046	quad	$y = 0,00000005071429x^2 - 0,00007968x + 0,143$				0,4226	
Total saturados	0,0038	quad	$y = 0,000000585x^2 - 0,00089011x + 36,99866$				0,3635	
Total insaturados	0,0038	quad	$y = -0,000000585x^2 + 0,00089011x + 63,00134$				0,3635	
Insat/Sat	0,0186	quad	$y = -0,0000000357143x^2 + 0,00005607x + 1,70345$				0,2779	

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ ; <sup>3</sup>Lin: Linear; <sup>4</sup>Quad: Quadrático; <sup>5</sup>R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para o ácido graxo palmítico (C16:0), Eicosenoico (C20:1) e 13,16-Docosahexaenóico (C22:6), apresentando estimativas mínima de 25,456; 0,36138 e 0,143 % de ácido graxo, com a inclusão de 910,07; 792,27; 785,57 g/ton de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável, respectivamente. Enquanto o ácido graxo oleico (C18:1 e C18:1 T11) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3w3) apresentaram estimativas de máxima concentração de ácido graxo 43,770; 0,177 e 0,1712%, com a inclusão de 642,12; 644,07 e 295,679 g/ton de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável, respectivamente.

O total de ácidos graxos saturados apresentou redução linear à medida que aumentou a inclusão de tanino hidrolisável na dieta das codornas. O total de ácidos graxos insaturados e a relação de ácidos graxos insaturados/saturados apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), com pontos de máxima inclusão de 760,77 e 1.246,00 g/ton de extrato de tanino hidrolisável e estimativa de 63,015 % e 1,703 destes ácidos graxos, respectivamente.

O potencial antioxidante da gema, analisado pelo método de inibir DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) apresentou efeito quadrático com ponto de máxima de 1.200,36 g/ton de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável e 58,742 % (Figura 2).



**Figura 2.** Potencial antioxidante analisado pelo método de inibir DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) em gema de ovos frescos oriundos de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal à base de taninos hidrolisáveis.

### ***Biometria, histomorfometria intestinal e Perfil bioquímico do sangue***

Não foram encontradas diferenças ( $P > 0,05$ ) nas variáveis analisadas de biometria, histomorfometria intestinal e perfil bioquímico do sangue de codornas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 5 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre o peso vivo e biometria dos órgãos.

Variável	Extrato vegetal a base de Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	Controle	250	500	750	1.000	1.250		
Peso Vivo (g)	181,80	176,00	170,60	178,10	176,80	178,80	0,003	0,5054
Carcaça (g)	112,90	106,30	104,90	108,00	105,60	107,60	0,003	0,5352
Rendimento (%)	62,15	60,13	61,45	61,24	59,68	60,21	1,017	0,5216
Fígado (g)	4,59	4,69	4,71	4,59	4,85	4,84	0,300	0,9809
Coração (g)	1,57	1,42	1,33	1,44	1,52	1,39	0,069	0,1723
Moela (g)	4,45	4,23	4,09	4,20	4,63	4,33	0,201	0,4702
Proventrículo (g)	0,87	0,86	0,90	0,84	0,88	0,85	0,04	0,9235
Oviduto (cm)	26,06	27,17	27,89	26,00	26,39	25,44	1,697	0,9293
Intestino (cm)	57,25	62,33	60,19	58,78	61,83	58,89	1,749	0,3277
Duodeno (cm)	10,88	10,94	10,72	10,94	11,50	11,16	0,58	0,9522
Jejuno +Íleo (cm)	40,75	45,56	44,67	42,72	43,61	43,06	1,344	0,2241

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ .

Tabela 6 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre a morfometria intestinal.

Morfometria intestinal ( $\mu\text{m}$ )		Extrato vegetal a base de Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
		Controle	250	500	750	1.000	1.250		
Duodeno	Altura Vilosidade	365,81	396,44	389,73	401,46	357,52	364,68	14,578	0,9410
	Largura Vilosidade	71,77	58,89	66,48	63,86	62,96	71,99	2,336	0,5799
	Profundidade Cripta	52,80	54,39	54,52	53,21	53,29	55,63	0,568	0,7268
	Vilo:Cripta	6,95	7,33	7,18	7,55	6,71	6,53	0,271	0,9017
Jejuno	Altura Vilosidade	349,46	303,02	329,23	299,68	340,57	265,25	15,919	0,7753
	Largura Vilosidade	50,98	55,79	54,20	53,53	51,01	51,69	1,218	0,8931
	Profundidade Cripta	51,60	50,74	52,83	53,90	49,17	51,70	0,719	0,5002
	Vilo:Cripta	6,77	6,01	6,28	5,54	6,94	5,14	0,318	0,6498
Íleo	Altura Vilosidade	224,80	176,05	163,76	241,60	218,58	159,38	10,180	0,0659
	Largura Vilosidade	45,59	49,04	45,93	43,79	45,72	45,43	1,520	0,9744
	Profundidade Cripta	51,31	48,34	52,54	53,53	50,66	47,64	0,674	0,0723
	Vilo:Cripta	4,37	3,65	3,12	4,51	4,31	3,41	0,192	0,1672

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ .

Tabela 7 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre o perfil bioquímico sanguíneo.

Bioquímica sérica	Extrato vegetal a base de Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	Controle	250	500	750	1.000	1.250		
AST <sup>3</sup> (U/L)	350,11	319,78	377,89	346,67	344,89	311,11	15,926	0,8802
Glicose (U/L)	258,89	252,00	265,11	251,89	274,89	260,00	5,073	0,8022
Colesterol (U/L)	97,44	98,00	97,62	88,44	98,25	78,00	4,290	0,6903
Triglicerídeos (U/L)	664,11	792,78	790,00	585,67	607,11	543,89	33,540	0,1327
Albumina (U/L)	1,26	1,32	1,19	1,66	1,17	1,08	0,035	0,5297

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ ;

<sup>3</sup>Aspartato transferase.

### ***Armazenamento dos ovos de codornas***

Houve interação entre a inclusão do extrato vegetal a base de tanino hidrolisável e o tempo de armazenamento dos ovos para a porcentagem de albúmen e de gema, altura de albúmen e unidade Haugh (Tabela 8 e Figura 3).

A altura de albúmen e a unidade Haugh foram influenciados pela interação ( $P < 0,05$ ) da inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável e pelo tempo de armazenamento de forma linear decrescente ( $< 0,05$ ). A exceção foi observada para o tratamento controle, quando avaliado a altura de albúmen, que apresentou comportamento cúbico no decorrer do tempo de armazenagem.



Tabela 8. Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre a qualidade dos ovos armazenados por zero, 7, 14, 21, e 28 dias.

Armazenamento	Extrato vegetal a base Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>		
	Controle	250	500	750	1.000	1.250		Tanino	TEMPO	T*T
Peso gema (g)	3,88	3,83	3,84	3,82	3,83	3,80	0,096	0,9938	<0,0001	0,3671
Peso albúmen (g)	6,04	6,11	6,20	5,98	6,13	5,98	0,100	0,5586	<0,0001	0,2301
% Gema	35,83	35,30	35,05	35,65	35,33	35,58	0,343	0,4666	<0,0001	0,0331
% Albúmen	55,80	56,40	56,63	55,93	56,40	56,05	0,333	0,3031	<0,0001	0,0354
% Casca	8,43	8,35	8,37	8,42	8,33	8,42	0,181	0,9980	<0,0001	0,6354
Espessura casca	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,006	0,7538	<0,0001	0,0529
Alt. Albúmen (mm) <sup>3</sup>	4,03	3,46	3,25	3,10	3,12	2,94	0,113	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Alt. Gema (mm) <sup>4</sup>	10,03	9,87	9,75	9,73	9,60	9,65	0,060	<0,0001	<0,0001	0,1615
Diâm. Gema (mm) <sup>5</sup>	22,95	22,48	22,11	22,38	22,55	22,43	0,277	0,4408	<0,0001	0,0582
UH <sup>6</sup>	87,28	83,94	82,43	81,79	81,71	80,67	0,738	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<i>L</i> <sup>*</sup>	55,37	56,06	55,99	56,25	55,48	56,16	1,008	0,9295	<0,0001	0,4721
<i>a</i> <sup>*</sup>	-1,69	-1,51	-1,32	-1,26	-1,27	-1,40	0,209	0,6786	0,0021	0,9571
<i>b</i> <sup>*</sup>	4330	44,23	44,85	44,70	43,84	43,95	0,715	0,6082	<0,0001	0,2616
GE <sup>7</sup>	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	0,000	0,9259	<0,0001	0,5758

#### Regressões polinomiais

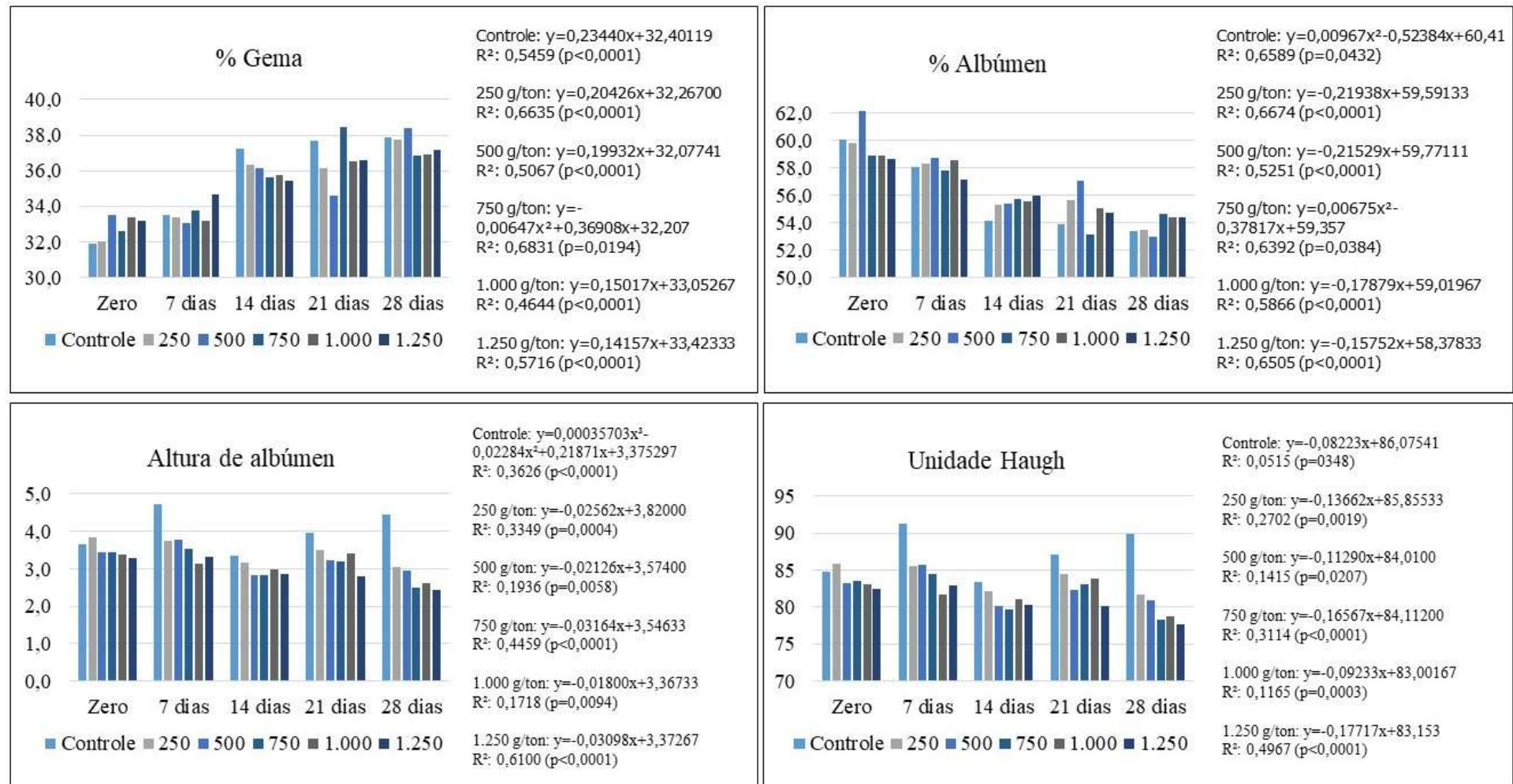
Variável	Efeito	P	Equação	R <sup>2</sup>
Peso ovo	Lin	<0,0001	$y = -0,03315x + 11,215$	0,4418
peso gema	Lin	<0,0001	$y = 0,00884x + 3,66338$	0,1444
peso albúmen	Quad	0,0206	$y = 0,00065129x^2 - 0,05777x + 6,68893$	0,6272
% gema (0)	Lin	<0,0001	$y = 0,23440x + 32,40119$	0,5459
% gema (250)	Lin	<0,0001	$y = 0,20426x + 32,26700$	0,6635
% gema (500)	Lin	<0,0001	$y = 0,19932x + 32,07741$	0,5067
% gema (750)	Quad	0,0194	$y = -0,00647x^2 + 0,36908x + 32,20738$	0,6831
% gema (1000)	Lin	<0,0001	$y = 0,15017x + 33,05267$	0,4644
% gema (1250)	Lin	<0,0001	$y = 0,14157x + 33,42333$	0,5716
% albúmen (0)	Quad	0,0432	$y = 0,00967x^2 - 0,52384x + 60,41253$	0,6589
% albúmen (250)	Lin	<0,0001	$y = -0,21938x + 59,59133$	0,6674
% albúmen (500)	Lin	<0,0001	$y = -0,21529x + 59,77111$	0,5251
% albúmen (750)	Quad	0,0384	$y = 0,00675x^2 - 0,37817x + 59,35776$	0,6392
% albúmen (1000)	Lin	<0,0001	$y = -0,17879x + 59,01967$	0,5866
% albúmen (1250)	Lin	<0,0001	$y = -0,15752x + 58,37833$	0,6505
% casca	Lin	<0,0001	$y = 0,01820x + 8,13195$	0,1674
Espessura casca	Quad	0,0001	$y = -0,00005966x^2 + 0,00120x + 0,23155$	0,1361
Altura albúmen (0)	Cub	<0,0001	$y = 0,00035703x^3 - 0,02284x^2 + 0,21871x + 3,375297$	0,3626
Altura albúmen (250)	Lin	0,0004	$y = -0,02562x + 3,82000$	0,3349
Altura albúmen (500)	Lin	0,0058	$y = -0,02126x + 3,57400$	0,1916
Altura albúmen (750)	Lin	<0,0001	$y = -0,03164x + 3,54633$	0,4459
Altura albúmen (1000)	Lin	0,0094	$y = -0,01800x + 3,36733$	0,1718
Altura albúmen (1250)	Lin	<0,0001	$y = -0,03098x + 3,37267$	0,6100
Altura de gema (trat)	Lin	<0,0041	$y = -0,00031952x + 9,97543$	0,0460

Altura de gema (tempo)	Lin	<0,0001	$y=-0,03732x+10,29448$	0,3408
Diâmetro Gema	Quad	<0,0001	$y=0,00313x^2-0,00401x+21,61752$	0,4130
Unidade Haugh (0)	Lin	0,0348	$y=-0,08223x+86,07541$	0,0515
Unidade Haugh (250)	Lin	0,0019	$y=-0,13662x+85,85533$	0,2702
Unidade Haugh (500)	Lin	0,00207	$y=-0,11290x+84,0100$	0,1415
Unidade Haugh (750)	Lin	<0,0001	$y=-0,16567x+84,11200$	0,3114
Unidade Haugh (1000)	Lin	0,0003	$y=-0,09233x+83,00167$	0,1165
Unidade Haugh (1250)	Lin	<0,0001	$y=-0,17717x+83,153$	0,4967
L*	Quad	0,0003	$y=-0,00537x^2+0,20570x+54,40112$	0,1657
a*	Lin	<0,0001	$y=0,0185x-1,66634$	0,0861
b*	Quad	0,0001	$y=0,00616x^2+0,41778x+39,76191$	0,6765
Gravidade específica	Quad	<0,0001	$y=0,00001624x^2-0,00061613x+1,07001$	0,7044

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ ; <sup>3</sup>Alt. Albúmen: Altura de albúmen; <sup>4</sup>Alt. Gema: Altura de gema; <sup>5</sup>Diâm. Gema: Diâmetro de gema; <sup>6</sup>UH: Unidade Haugh; <sup>7</sup>GE: Gravidade específica; <sup>8</sup>Lin: Linear; <sup>9</sup>Quad: Quadrático; <sup>10</sup>Cub: Cúbico;  $R^2$ : Coeficiente de determinação.

A porcentagem de gema, apresentou aumento linear ( $P < 0,05$ ) com o aumento do tempo de armazenamento para os ovos advindos do tratamento controle (sem inclusão) e 250, 500, 1.000 e 1.250 g/ton. No entanto, o nível de 750 g/ton da inclusão do extrato de tanino hidrolisável, apresentou efeito quadrático em função do período de armazenamento, sendo que o valor máximo de porcentagem de gema de 35,55 % foi obtido aos 28 dias de armazenamento.

A porcentagem de albúmen mostrou efeito linear decrescente para os níveis 250, 500, 1.000 e 1.250 g/ton do extrato a medida que aumentou o tempo de armazenamento. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para o tratamento controle (sem inclusão) e para o nível de 750 g/ton, sendo estimada a menor porcentagem de albúmen obtida aos 27 e 28 dias com valor mínimo de 48,01% e 52,74%, respectivamente (controle e 750 g/ton de extrato de tanino). Foi observado efeito do nível de tanino hidrolisável sobre a altura de gema com comportamento linear decrescente com o tempo de armazenamento dos ovos.



**Figura 3.** Parâmetros de qualidade de ovos armazenados por diferentes períodos (0, 7, 14, 21 e 28 dias) oriundos de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal à base de tanino hidrolisável.

Houve interação entre a inclusão de extrato a base de tanino hidrolisável e tempo de armazenamento dos ovos para o ácido graxo palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2 C9 C12) (Tabela 9). Para o ácido palmitoleico, houve ajuste de equação de regressão apenas para os níveis 500 g/ton e 750 g/ton, sendo que a inclusão de 500 g/ton de extrato de tanino hidrolisável apresentou equação de regressão com comportamento linear decrescente, ou seja, o aumento do tempo de armazenamento dos ovos conduziu a diminuição deste ácido graxo. No entanto, a inclusão de 750g/ton de extrato teve comportamento linear crescente, com aumento do ácido palmitoleico da gema com o aumento do tempo de armazenamento dos ovos.

Quando se avaliou a concentração de ácido graxo oleico, as gemas advindas de ovos de codornas sem a inclusão e com inclusão de extrato de tanino hidrolisável em 250g/ton, apresentaram comportamento quadrático negativo, com ponto de máxima em 54,27 % e 19 dias de tempo de armazenamento, respectivamente. Os níveis de inclusão de 500, 1.000 e 1.250 g/ton apresentaram equações de regressão com comportamento linear crescente, com aumento da concentração deste ácido graxo com o aumento do tempo de armazenamento. No entanto, o nível de 750 g/ton de extrato vegetal apresentou comportamento linear decrescente, sendo que conforme aumentou o tempo de armazenamento dos ovos.

Para o ácido graxo linoleico (C18:2 C9 C12), este ácido graxo da gema dos ovos provenientes de aves sem a inclusão de extrato vegetal apresentou comportamento cúbico. E quando se utilizou 1.250 g/ton de extrato na dieta de codornas, a equação de regressão apresentou o comportamento quadrático com ponto de mínima em 10,64 % e 17 dias de armazenamento dos ovos. Os demais níveis de inclusão não foram significativos ( $P>0,05$ ).

Foi observado efeito da inclusão de extratos de tanino hidrolisável no perfil lipídico da gema dos ovos, sendo que os ácidos graxos esteárico e linoleico (C18:2 C9 T11) apresentaram comportamento linear crescente ( $P < 0,05$ ). No entanto, o ácido graxo oleico (C18:1 T11) e Araquídico (C20:0) apresentaram efeito contrário (linear decrescente), com diminuição dos teores destes ácidos graxos com o aumento da inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável.

Para os ácidos graxos Heptadecanoico (C17:0), Eicosenoico (C20:1) e 13,16-Docosahexaenóico (C22:6) foram observadas equações com comportamento quadrático, com ponto de mínima com 757,03; 759,46; 766,87 g/ton de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável e valores de 0,043; 0,348 e 0,142 % de ácidos graxos, respectivamente.

O ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3w3) apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima de 296,74 g/ton de extrato com 0,171 % de ácido  $\alpha$ -linolênico na gema dos ovos. Os demais ácidos graxos, mesmo tendo significância estatística ( $P < 0,05$ ), não apresentaram ajuste de equação ou os valores do coeficiente de determinação foram muito baixos.

Houve efeito da interação ( $P < 0,05$ ) entre os níveis de taninos e o tempo de armazenamento dos ovos de codornas para os totais de ácidos graxos monoinsaturados, poli-insaturados, ômega 6 e ômega 9 da gema. Em se tratando do total de ácidos graxos monoinsaturados, houve ajuste de equação de regressão com comportamento quadrático negativo para o tratamento controle com ponto de máxima de 0,500 g/ton em 14,47 dias de armazenamento e comportamento cúbico para o nível de 1.250 g/ton. Os demais níveis utilizados não apresentaram ajuste de equação ou o coeficiente de determinação foram baixos.

O total de ácidos graxos poliinsaturados e de ômega 6 apresentaram coeficientes de determinação baixos, obtendo efeito somente no tratamento controle (sem adição de tanino) com comportamento linear decrescente com o avançar do período de armazenamento. O ácido graxo ômega 9 apresentou ajuste de equação quadrática negativa com ponto de máxima para 0,500 g/ton em 14,47 dias de armazenamento quando não se utilizou tanino (controle) ou incluiu 250 g/ton de extrato vegetal á base de taninos hidrolisáveis na dieta das codornas, respectivamente.

Foi observado efeito dos níveis de tanino na dieta de codornas nos totais de ácidos graxos saturados, insaturados e relação insaturado/ saturado e ômega 6/ômega 3, porém com equação com coeficientes de determinação muito baixos.

Com relação ao potencial antioxidante (DPPH), houve interação entre o nível de inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável e o tempo de armazenamento, sendo que os ovos sem a adição de extrato e com a adição de 250, 750 e 1.250 g/ton apresentaram equação de regressão linear crescente, ou seja, conforme aumentou o tempo de armazenamento dos ovos, aumentou o potencial antioxidante na gema dos ovos (Figura 4).

No entanto, o nível de inclusão de 500 g/ton de extrato vegetal mostrou comportamento quadrático, porém o ponto de máxima foi estimado fora do período de armazenamento dos ovos. Porém, a inclusão de 1.000 g/ton de extrato de tanino apresentou equação de regressão com ponto de mínimo de 57,303  $\mu\text{g/ml}$  de DPPH com 2 dias de armazenamento.

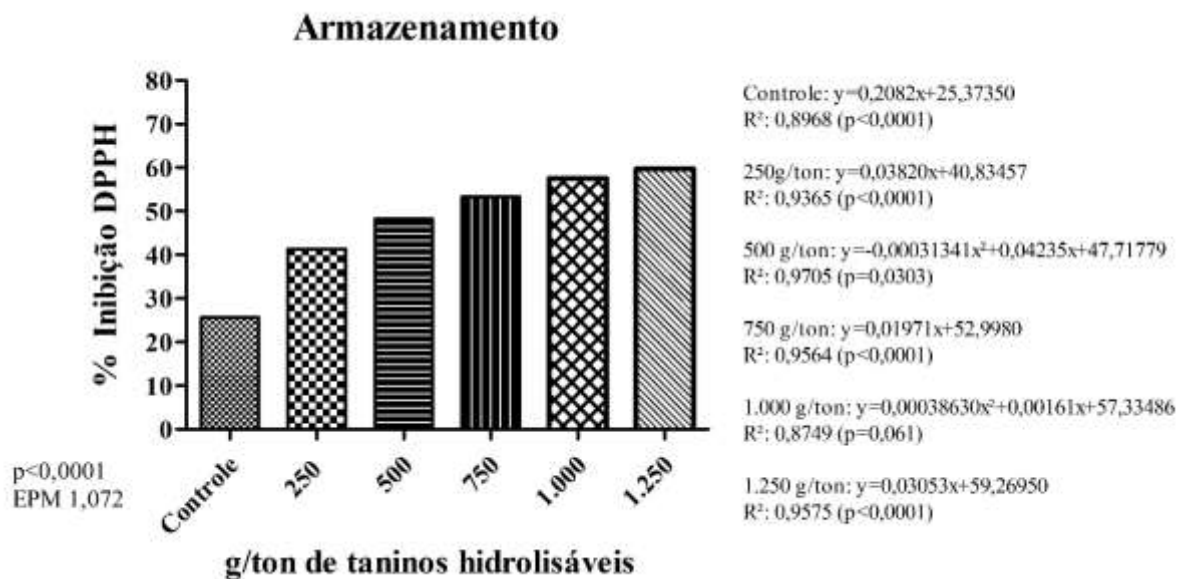
Tabela 9 - Inclusão de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável na dieta de codornas sobre o perfil lipídico da gema dos ovos armazenados por zero, 7, 14, 21, e 28 dias.

Ácidos Graxos, %	Extrato vegetal a base Tanino Hidrolisável (g/ton)						EPM <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>		
	0	250	500	750	1.000	1.250		Tanino (T)	Tempo (Tem)	T*Tem
Esteárico (C18:0)	10,469	10,454	10,491	10,535	10,558	10,577	0,001	0,0002	<0,0001	0,2527
Palmitoleico (C16:1)	4,574	4,674	4,607	4,491	4,649	4,637	0,001	<0,0001	0,1718	0,0068
Heptadecanoico (C17:0)	0,144	0,135	0,130	0,132	0,136	0,134	0,021	<0,0001	<0,0001	0,0581
Palmítico (C16:0)	25,038	24,857	24,905	24,887	24,690	24,835	0,019	<0,0001	<0,0001	0,0729
Oleico (C18:1)	43,810	43,799	43,694	43,784	43,651	43,591	0,020	<0,0001	0,0002	<0,0001
Oleico (C18:1 C11)	1,788	1,788	1,779	1,168	1,830	1,832	0,006	0,0022	<0,0001	0,2698
Oleico (C18:1 T11)	0,173	0,174	0,173	0,171	0,174	0,167	0,000	0,0023	0,2262	0,4392
Linoleico (C18:2 C9 C12)	10,310	10,548	10,61	10,611	10,700	10,749	0,023	<0,0001	<0,0001	<0,0001
α-linolênico (C18:3w3)	0,165	0,168	0,165	0,163	0,161	0,152	0,001	<0,0001	0,5767	0,4202
Linoleico Conjugado (C18:2 C9 T11)	0,441	0,446	0,450	0,448	0,467	0,447	0,002	0,0376	0,0177	0,8950
Araquídico (C20:0)	0,105	0,104	0,104	0,104	0,099	0,101	0,001	0,0015	0,9936	1,0000
Araquidônico (C20:4)	0,158	0,156	0,152	0,160	0,179	0,155	0,002	0,0253	0,0587	0,9995
Eicosapentanoico (C20:5 w3)	0,109	0,107	0,105	0,105	0,105	0,105	0,001	0,8140	0,8702	1,0000
Docosapentaenóico (C22:5 w3)	0,718	0,726	0,745	0,743	0,715	0,769	0,003	0,3716	0,8820	0,3934
Lignocérico (C24:0)	1,125	1,118	1,124	1,12	1,125	1,126	0,001	0,3458	<0,0001	0,0866
13,16Docosadienoico (C22:2)	0,348	0,344	0,318	0,315	0,345	0,319	0,001	<0,0001	0,0090	0,2799
Eicosenoico (C20:1)	0,356	0,334	0,321	0,315	0,332	0,329	0,001	<0,0001	0,3744	0,6004
13,16-Docosahexaenóico (C22:6)	0,15	0,119	0,118	0,118	0,127	0,121	0,001	<0,0001	0,8921	0,1897
Total saturados	36,849	36,620	36,729	36,753	36,582	36,713	0,019	<0,0001	0,4266	0,0638
Total insaturados	63,150	63,739	63,270	63,246	63,417	63,286	0,019	<0,0001	0,4266	0,0638
Monoinsaturados	50,648	50,750	50,552	50,507	50,582	50,464	0,023	<0,0001	0,0037	0,0002
Polinsaturados	12,433	12,596	12,685	12,707	12,802	12,79	0,023	<0,0001	<0,0001	0,0102
Total ômega 3	1,138	1,122	1,129	1,127	1,097	1,125	0,004	0,1010	0,3703	0,6935
Total ômega 6	11,291	11,471	11,552	11,576	11,701	11,661	0,023	<0,0001	<0,0001	0,0080
Total ômega 9	50,684	50,75	50,552	50,507	50,582	50,464	0,023	<0,0001	0,0037	0,0002
Insaturados/Saturados	1,712	1,73	1,722	1,722	1,734	1,724	0,001	<0,0001	<0,0001	0,0863
Ômega 6/ Ômega 3	9,936	10,246	10,233	10,281	10,678	10,398	0,047	0,0004	0,5152	0,3910

<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>Resultados foram considerados estatisticamente significativos a um nível de  $p < 0,05$ ; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação. Interação: Yc16:1(500)=-0,00886x+4,731 (P=<0,0001; R<sup>2</sup>=0,4937); Yc16:1(750)=0,00661x+4,399 (P=<0,0001; R<sup>2</sup>=0,3260); Yc18:1(0)=-0,00132x<sup>2</sup>+0,05358x+43,46571 (P=0,0018; R<sup>2</sup>=0,4595); Yc18:1(250)=-

$0,00160x^2+0,04377x+43,66657$  ( $P=<0,0001$ ;  $R^2=0,5936$ );  $Yc18:1(500)=0,00889x+43,58050$  ( $P=0,0302$ ;  $R^2=0,2069$ );  $Yc18:1(750)=-0,00654x+43,887$  ( $P=0,0409$ ;  $R^2=0,1143$ );  $Yc18:1(1.000)=0,00604x+43,5775$  ( $P=0,0482$ ;  $R^2=0,1532$ );  $Yc18:1(1.250)=0,01186x+43,436$  ( $P=0,0125$ ;  $R^2=0,2460$ );  $Yc18:2c9c12(0)=-0,00026430x^3+0,01107x^2-0,11996x+10,55137$  ( $P=0,0056$ ;  $R^2=0,3453$ );  $Yc18:2c9c12(1.250)=0,00099125x^2-0,033718x+10,97864$  ( $P=0,0253$ ;  $R^2=0,3801$ ); Tanino:  $Yc18:0(tanino)=0,00010223x+10,45152$  ( $P=0,0002$ ;  $R^2=0,1142$ );  $Yc17:0(tanino)=0,00000002014286x^2-0,00003049x+0,14127$  ( $P=0,0068$ ;  $R^2=0,1551$ );  $Yc16:0(tanino)=0,000000226557x^2-0,00044569x+25,02476$  ( $P=0,0388$ ;  $R^2=0,1388$ );  $Yc18:1c11(tanino)=0,00000009153957x^2-0,00007288x+1,76324$  ( $P=0,0252$ ;  $R^2=0,1038$ );  $Yc18:1t11(tanino)=-0,00000335x+0,017797$  ( $P=0,0036$ ;  $R^2=0,0649$ );  $Yc18:3w3=-0,0000000158571x^2+0,00000942x+0,1677$  ( $P=0,0014$ ;  $R^2=0,2825$ );  $Yc18:2c9t11(tanino)=0,00001089x+0,433368$  ( $P=0,0595$ ;  $R^2=0,0331$ );  $Yc20:0=-0,00000383x+0,10881$  ( $P=0,0001$ ;  $R^2=0,1162$ );  $Yc22:2(tanino)=0,00000003385714x^2-0,00005906x+0,34327$  ( $P=0,0003$ ;  $R^2=0,1825$ );  $Yc20:1(tanino)=y=0,00000006271429x^2-0,00009536x+0,34859$  ( $P=<0,0001$ ;  $R^2=0,3392$ );  $Yc22:6(tanino)=y=0,00000004764421x^2-0,00007313x+0,14178$  ( $P=<0,0001$ ;  $R^2=0,3733$ ); Y monoinsat (0)  $=-0,00099854x^2+0,04539x+50,34264$  ( $P=0,0002$ ;  $R^2=0,4238$ ); Y monoinsat (250)  $=0,00062682x^2-0,01769x+50,61593$  ( $P=0,0149$ ;  $R^2=0,0787$ ); Y monoinsat (1.250)  $=-0,00030430x^3+0,0116x^2-0,08591x+50,33311$  ( $P=0,0053$ ;  $R^2=0,5191$ ); Y Poliinsat (0)  $=-0,01339x+12,617$  ( $P=0,0148$ ;  $R^2=0,1715$ ); Y  $\delta$ omega 6(0)  $=-0,01318x+11,476$  ( $P=0,0176$ ;  $R^2=0,1654$ ); Y  $\delta$ omega 9(0)  $=-0,00099854x^2+0,04539x+50,34264$  ( $P=0,0362$ ;  $R^2=0,4238$ ); y  $\delta$ omega 9 (250)  $=-0,00121x^2+0,03503x+50,61429$  ( $P=0,0149$ ;  $R^2=0,2954$ ); y  $\delta$ omega 9 (1.250)  $=-0,00030430x^3+0,01164x^2-0,08591x+50,33311$  ( $P=0,0053$ ;  $R^2=0,5191$ ); Y saturado (tanino)  $=-0,00008829x+36,79960$  ( $P=0,0453$ ;  $R^2=0,0501$ ); Y insaturado (tanino)  $=0,00008829x+63,25555833$  ( $P=0,0453$ ;  $R^2=0,0501$ ); Y Insaturado/Saturado (tanino)  $=0,000008x+1,71633$  ( $P=0,0198$ ;  $R^2=0,041$ ); Y  $\delta$ omega 6/  $\delta$ omega 3 (tanino)  $=0,000141737x+10,03464$  ( $P=<0,0001$ ;  $R^2=0,1181$ ).





**Figura 4.** Potencial antioxidante analisado pelo método de inibir DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) em gema de ovos armazenados por diferentes períodos (0, 7, 14, 21 e 28 dias) oriundos de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de extrato vegetal à base de tanino hidrolisável.

DDPH: 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (potencial antioxidante da substância).

## DISCUSSÃO

### **Desempenho, biometria dos órgãos, histomorfometria intestinal e perfil bioquímico sanguíneo, qualidade dos ovos e potencial antioxidante da gema**

Os resultados obtidos neste estudo sobre o uso de extrato vegetal a base de tanino hidrolisável, mais especificamente, ácido tânico em codornas japonesas na fase de postura indicou que não alterou desempenho, biometria dos órgãos, histomorfometria intestinal e perfil bioquímico sanguíneo das aves.

Resultados semelhantes foram reportados por Minieri et al. (2016), que trabalhando com poedeiras comerciais na fase de postura não verificam diferenças no desempenho produtivo das galinhas alimentadas ou não com taninos extraídos de castanheiras com alto teor de ácido tânico na dieta (peso vivo, produção de ovos e peso dos ovos), corroborando com os resultados do presente trabalho.

No presente trabalho foi observado que a suplementação com tanino hidrolisável influenciou a qualidade dos ovos, relacionados à altura de albúmen e na unidade Haugh, causando diminuição da qualidade nestes parâmetros quando a inclusão de extrato vegetal foi igual ou superior a 500 g/ton. Os efeitos observados na qualidade do ovo, especificamente em relação à altura de albúmen e à unidade Haugh, podem estar relacionados aos efeitos do extrato durante os processos primários de formação do albúmen do ovo.

A formação do albúmen denso é um processo complexo, influenciado por diversos fatores, como a disponibilidade de nutrientes e a formação adequada das proteínas estruturais pelo oviduto. Os taninos hidrolisáveis e, em particular o ácido tânico presente no extrato vegetal utilizado, podem interferir nesse processo, alterando a formação do albúmen denso do ovo e, conseqüentemente, afetando a altura de albúmen e a unidade Haugh destes ovos.

Isto pode ter acontecido, pois segundo Gülçin et al. (2010), a estrutura do ácido tânico é formada por uma molécula de glicose central ligada a radicais galoilas (estruturas fenólicas) que contém muitos terminais hidroxilas. Desta forma, os radicais hidroxilas tem forte afinidade de ligação com aminoácidos e íons metálicos, através de pontes de hidrogênio, indisponibilizando-os e diminuindo a absorção dos mesmos. Além disso, segundo Xiao et al. (2015), o ácido tânico apresenta efeito inibidor da tripsina, sendo a tripsina uma enzima pancreática responsável por clivar a ligação peptídica de lisina e arginina, sua inibição pode diminuir a disponibilidade destes aminoácidos às aves. Esses fatos relatados explicam os resultados do presente trabalho, uma vez que inclusões iguais ou superiores a 500 g/ton de extrato vegetal causaram diminuição na qualidade do albúmen.

Adicionalmente, Jing et al. (2022) descreveram que o ácido tânico possui efeito inibidor da alfa-amilase, o que pode diminuir a eficiência de digestão do amido. Desta forma, pressupõe-se que a inclusão de ácido tânico a partir de 500 g/ton pode diminuir a eficiência energética das aves, tendo em vista a diminuição da conversão do amido em glicose. Este fato também pode ter causado os efeitos na qualidade dos ovos observados no presente trabalho.

Em se tratando da unidade Haugh (UH), foi verificado na presente pesquisa que a introdução do tanino hidrolisável (ácido tânico) alterou este parâmetro de qualidade do ovo, no entanto, não houve prejuízo na qualidade dos ovos, pois de acordo com Oliveira e Oliveira (2013), podem ser considerados ovos de qualidade excelente, com valores de UH acima de 72, qualidade média entre 60 e 72 e qualidade baixa, com valores menores que 60. No atual trabalho, os valores de UH foram acima de 80 para todos os tratamentos, ou seja, independentemente do nível de inclusão de ácido tânico, os ovos foram classificados como de qualidade excelente.

Além disso, as codornas alimentadas com diferentes níveis de tanino hidrolisável apresentaram aumento do potencial antioxidante da gema dos ovos. O DPPH é um indicador do potencial antioxidante e utilizado para avaliar o potencial antioxidante de substâncias, como extratos vegetais, alimentos e compostos químicos (Nwachukwu et al., 2021). O radical DPPH é amplamente utilizado como uma sondagem para medir a capacidade de um composto em neutralizar os efeitos prejudiciais dos radicais livres, que estão associados ao estresse oxidativo e ao envelhecimento celular (Baliyan et al., 2022).

Nos resultados apresentados desta pesquisa, os valores de DPPH da gema dos ovos para diferentes níveis de inclusão de taninos hidrolisáveis na dieta das codornas japonesas obtiveram aumento linear à medida que a inclusão do extrato vegetal

aumentou, indicando o aumento na atividade antioxidante. Isso sugere que o extrato vegetal à base de ácido tânico possui propriedades antioxidantes capazes de neutralizar os radicais livres, contribuindo para a proteção das células contra danos oxidativos.

Portanto, os resultados do ensaio DPPH indicam que o tanino hidrolisável possui excelente potencial antioxidante, o que pode ser benéfico para a saúde e o bem-estar das codornas japonesas, sendo este um resultado promissor, pois foi depositado na gema dos ovos das codornas de forma crescente conforme aumentou os níveis de inclusão de taninos hidrolisáveis a dieta. Além disso, a inclusão do tanino hidrolisável promoveu a transferência do potencial antioxidante à gema dos ovos das codornas, o que agrega valor ao produto, podendo ser considerado como um alimento funcional para o consumo humano, com ação de combate aos radicais livres.

### **Perfil Lipídico da gema dos ovos**

Como evidenciado por estudos publicados anteriormente (Minieri et al., 2016; Liu et al., 2020), a composição lipídica também pode ser modificada pelos taninos dietéticos. Em ambos os trabalhos, tratou-se de taninos hidrolisáveis extraídos da madeira de castanheiro. No caso da nutrição de aves, faltam pesquisas que investiguem o efeito dos taninos hidrolisáveis na qualidade dos ovos quanto ao seu perfil lipídico, especialmente em codornas de postura.

A análise do perfil de ácidos graxos evidenciou que a inclusão do extrato vegetal a base de taninos hidrolisáveis teve impacto específico em determinados ácidos graxos. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas nos teores de alguns ácidos graxos, como o esteárico (C18:0), palmitoleico (C16:1) e araquídico (C20:0), outros ácidos graxos, como o palmítico (C16:0), oleico (C18:1) e outros, apresentaram variações significativas em relação à inclusão do extrato. Essas variações podem ser

atribuídas à interação entre os compostos do extrato e os processos metabólicos envolvidos na síntese de ácidos graxos no organismo animal e sua capacidade de assimilar os lipídeos dietéticos.

Minieri et al. (2016) supõem que o tanino hidrolisável poderia interferir na absorção seletiva de ácidos graxos na borda em escova no intestino, causando captação diferente de acordo com a estrutura molecular do ácido graxo. O efeito dos taninos hidrolisáveis na absorção intestinal de vários ácidos graxos foi descrito nos estudos de Zhao et al. (2014) e Minieri et al. (2016).

De acordo com Zheng et al. (2019), o extrato natural rico em ácido tânico possui a capacidade de se ligar *in vitro* a moléculas relacionadas ao nível de lipídios no sangue, incluindo gordura, colato e colesterol, o que pode ser a razão dos efeitos hipolipidêmicos dos taninos hidrolisáveis. No entanto, no presente trabalho não foi observado efeito do tanino hidrolisável nos teores de colesterol, triglicerídeos e albumina sanguínea.

De maneira geral, no presente trabalho a inclusão de tanino hidrolisável diminuiu a maioria dos ácidos graxos da gema, inclusive o total de ácidos graxos saturados com o aumento da inclusão do extrato a base de ácido tânico. No entanto, a inclusão de ácido tânico conduziu ao aumento do total de ácidos graxos insaturados até a inclusão de 760 g/ton e aumento da relação de ácidos graxos insaturados/saturados com o aumento da inclusão do extrato, fatos que mostram a eficiência da modulação causada pelo ácido tânico no perfil de ácidos graxos benéfico da gema do ovo e os efeitos positivos do consumo dos ovos à saúde do consumidor.

Além disso, conforme já mostrado, o aumento do potencial antioxidante da gema (DPPH) sugere um possível benefício à saúde associado ao consumo desses ovos e prevenção à peroxidação lipídica na gema. No entanto, mais pesquisas são necessárias

para compreender completamente os mecanismos subjacentes a essas observações e para avaliar os efeitos na saúde humana quando esses ovos são incorporados à dieta.

### **Armazenamento dos ovos**

A altura de albúmen, houve redução linear desta variável conforme o avançar dos dias de armazenamento dos ovos em todos os níveis de inclusão de taninos hidrolisáveis. A unidade Haugh apresentou o mesmo comportamento da altura do albúmen, diminuindo linearmente com o avançar do tempo de armazenamento em todos os níveis de inclusão de taninos hidrolisáveis.

Estas variáveis são utilizadas para verificar a qualidade dos ovos, pois, à medida que o ovo se deteriora, o albúmen se espalha, resultando num menor valor para esse índice, o que significa que o tempo é responsável pela diminuição da altura de albúmen (Harder et al., 2008). Isto ocorre devido à redução de água do albúmen, perdida por meio dos poros da casca durante o processo de trocas gasosas, transferindo a umidade do meio mais concentrado para o de menor concentração (saída de umidade e dióxido de carbono) que ocorre continuamente após a postura (Jones et al., 2002).

Desta forma, como a UH apresenta uma medida de qualidade do albúmen, ao final do período de armazenamento de 28 dias, os valores obtidos de UH foram superiores a 72, o que de acordo com a classificação preconizada por Oliveira e Oliveira (2013), os classificam como ovos de excelente qualidade de albúmen.

Foi observado diminuição da porcentagem de albúmen e aumento da porcentagem de gema em todos os tratamentos de inclusão de tanino hidrolisável com o aumento do tempo de armazenamento até 28 dias. Segundo Barbosa et al. (2009), os ovos armazenados apresentam alterações em sua estrutura. Essas alterações permitem a liquefação do albúmen e a liberação de água e de dióxido de carbono. A água e dióxido

de carbono propagam-se pelos poros da casca e conseqüentemente para o exterior, resultando em uma perda de qualidade do ovo com o aumento do tempo de armazenamento. Além disso, de acordo com Moura et al. (2008), devido à permeabilidade da membrana, a gema absorve parte da água do albúmen e conseqüentemente acarreta a mudança no seu conteúdo original.

Segundo Sauveur (1993), já na hora da postura existe um gradiente de pressão osmótica entre a clara e a gema, o que pode levar a alteração da porcentagem de gema, que com o passar dos dias vai evoluindo. A princípio, esse trânsito é lento (10 mg/dia a 10 °C). No entanto, dependendo da temperatura de armazenamento, a transferência leva 120 dias à 10 °C ou apenas 30 dias à 30 °C. No presente trabalho, os ovos foram conservados em ambiente controlado com média de temperatura de 15,7°C e umidade relativa do ar de 45 % para que a condição ambiental não tivesse influência pronunciada nas variáveis de qualidade dos ovos durante os 28 dias de armazenamento.

Quanto ao perfil de ácidos graxos da gema dos ovos, foi observado que apesar de apresentar interação entre os níveis de taninos na dieta e o tempo de armazenamento dos ovos, as equações não se ajustaram ao modelo ou os coeficientes de determinação das equações foram muito baixos, não permitindo concluir sobre os efeitos da interação dos tratamentos nesta variável. No entanto foi possível observar que a inclusão de tanino hidrolisável promoveu aumento linear na porcentagem de ácidos graxos esteárico (C18:0) e aumento de alfa-linolênico (C18:3 ômega 3) até a dosagem de 296 g/ton. No entanto, o tanino hidrolisável causou diminuição dos ácidos graxos eicosenóico (C20:1) até a dose de 759g/ton e do 13,16-Docosahexaenóico (C22:6) até a inclusão de 766 g/ton de extrato de tanino hidrolisável.

É relevante observar que os ácidos graxos da gema dos ovos são componentes importantes da dieta humana e desempenham um papel crucial na saúde cardiovascular

e metabólica (Santos et al., 2013). Portanto, as mudanças observadas nos ácidos graxos da gema, em resposta à inclusão do extrato, podem influenciar positivamente a qualidade nutricional dos ovos.

Para a saúde humana, os ácidos graxos essenciais como o ácido linoleico ( $\omega$ -6) e o alfa-linolênico ( $\omega$ -3) são fundamentais (Alagawany et al., 2019). Esses ácidos são essenciais para funções celulares, cerebrais e de transmissão nervosa (Zugno et al., 2014), além de participarem na síntese de hemoglobina, oxigenação do sangue e divisão celular. No atual trabalho, a inclusão de 296 g/ton de extrato a base de ácido tânico aumentou a porcentagem de ácido alfa-linolênico na gema dos ovos.

O tanino hidrolisável apresentou excelente potencial antioxidante, demonstrado pela porcentagem crescente do DPPH na gema dos ovos com o avançar do tempo de armazenamento em todos os níveis de inclusão de tanino hidrolisável utilizado, o que possibilita inferir que houve maior redução e estabilização dos radicais livres com o aumento dos dias de armazenamento dos ovos.

Antioxidantes redutores fortes, em particular o ácido tânico, também podem ter um efeito antinutriente ao se ligarem a proteínas e íons metálicos da dieta e dificultar a absorção destes nutrientes (Kayukawa et al., 2019; Bonelli et al., 2018; Girard et al., 2018; Kaspchak et al., 2018; Zhou e Elias, 2013). A atividade antioxidante ou pró-oxidante do ácido tânico parece ser determinada pela concentração, onde concentrações mais baixas de ácido tânico têm um efeito antioxidante positivo, mas concentrações mais altas atuam como um pró-oxidante, aumentando a oxidação e degradação (Bouki et al., 2013). No presente trabalho, não foi constatado o efeito pró-oxidante com as inclusões utilizadas até 1.250 g/ton de extrato de tanino hidrolisável.



## CONCLUSÃO

O potencial antioxidante e o percentual de ácido graxo alfa-linolênico aumentaram com a inclusão de extrato vegetal a base de ácido tânico, sendo indicado a dosagem de 250g/ton como excelente alternativa para melhorar a estabilidade lipídica e trazer benefícios a saúde do consumidor desses ovos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abudabos, A. M.; Alyemni, A. H.; Dafalla, Y. M. and Khan, R. U. 2016. The effect of phytogetic feed additives to substitute in-feed antibiotics on growth traits and blood biochemical parameters in broiler chicks challenged with *Salmonella typhimurium*. *Environmental Science and Pollution Research International*: 23(23) 24151-24157.

<https://doi.org/10.1007/s11356-016-7665-2>

Addisu, Shewangzaw. 2016. "Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review." *Online J. Anim. Feed Res* 6.2: 45-56.

Ahsan, U.; Kuter, E.; Raza, I.; Köksal, B. H.; Cengiz, Ö.; Yıldız, M. and Sevim, Ö. 2018. Dietary supplementation of different levels of phytogetic feed additive in broiler diets: the dynamics of growth performance, caecal microbiota, and intestinal morphometry. *Brazilian Journal of Poultry Science*, Campinas: 20, 737-746.

<https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0698>

Alagawany, M.; Elnesr, S. S. and Farag, M. R. 2019. Use of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) in poultry nutrition: Global impacts on performance, carcass and meat quality. *World's Poultry Science Journal*, 75(2), 293-304. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000059>

Alleoni, A. C. C. and Antunes, A. J. 2001. Haugh unit as a measure of the quality of hen eggs stored under refrigeration. *Scientia Agricola*, 58: 681-685. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400005>

Barbosa, N. A. A.; Sakomura, N. K.; Mendonça, M. D. O.; Freitas, E. R. e Fernandes, J. B. K. 2009. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. *Ars Veterinari*; 24: 2: 127-133. <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2008v24n2p127-133>

Bar-Ya'akov, I.; Tian, L.; Amir, R. e Holland, D. 2019. Metabólitos primários, antocianinas e taninos hidrolisáveis na fruta romã. *Fronteiras na ciência das plantas*, 10, 620. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00620>

Baliyan, S.; Mukherjee, R.; Priyadarshini, A.; Vibhuti, A.; Gupta, A.; Pandey, R. P. and Chang, C. M. 2022. Determination of antioxidants by DPPH radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, 27(4), 1326. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>

Bittencourt, T. M.; Valentim, J. K.; Lima, H. J. D. Á.; Tossué, F. J. M.; Lopes, Y. G. e da Costa Braga, J. D. 2019. Alimentos alternativos como indutor de muda forçada em codornas poedeiras. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 17, 1-7. DOI: 10.7213/1981-4178.2019.17011

Bonelli, F.; Turini, L.; Sarri, G.; Serra, A.; Buccioni, A. and Mele, M. 2018. Oral administration of chestnut tannins to reduce the duration of neonatal calf diarrhea. *BMC Veterinary Research*, 14, 1-6. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1549-2>

Bouki, E.; Dimitriadis, V. K.; Kaloyianni, M.; and Dailianis, S. 2013. Antioxidant and pro-oxidant challenge of tannic acid in mussel hemocytes exposed to cadmium. *Marine environmental research*, 85, 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.12.005>

Christaki, E.; Bonos, E.; Giannenas, I. and Florou-Paneri, P. 2012. Aromatic plants as a source of 483 bioactive compounds. *Agriculture*, 2: 228-243. <https://doi.org/10.3390/agriculture2030228>

Espitia-Hernández, P.; Chavez Gonzalez, M. L.; Ascacio-Valdés, J. A.; Dávila-Medina, D.; Flores-Naveda, A.; Silva, T. and Sepúlveda, L. 2022. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) as a potential source of bioactive substances and their biological properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8), 2269-2280. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1852389>

Girard, M.; Thanner, S.; Pradervand, N.; Hu, D.; Ollagnier, C. and Bee, G. 2018. Hydrolysable chestnut tannins for reduction of postweaning diarrhea: Efficacy on an experimental ETEC F4 model. *PLoS One*, 13(5), e0197878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197878>

Gülçin, İ.; Huyut, Z.; Elmastaş, M. and Aboul-Enein, H. Y. 2010. Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian journal of chemistry*, 3(1), 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2009.12.008>

Harder, M. N. C.; Brazaca, S. G. C.; Savino, V. J. M. e Coelho, A. A. D. 2008. Efeito de Bixa orellana na alteração de características de ovos de galinhas. *Ciência e Agrotecnologia*; 32: 1232-1237. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400030>

Jing, W.; Xiaolan, C.; Yu, C.; Feng, Q. and Haifeng, Y. 2022. Pharmacological effects and mechanisms of tannic acid. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 154, 113561. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113561>

Jones, D. R.; Tharrington, J. B.; Curtis, P. A.; Anderson, K. E.; Keener, K. M. and Jones, F. T. 2002. Effects of cryogenic cooling of shell eggs on egg quality. *Poultry Science*; 81: 5: 727-733. <https://doi.org/10.1093/ps/81.5.727>

Kaspchak, E.; Mafra, L. I. and Mafra, M. R. 2018. Effect of heating and ionic strength on the interaction of bovine serum albumin and the antinutrients tannic and phytic acids, and its influence on in vitro protein digestibility. *Food Chem*; 252: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.089>

Kayukawa, C. T. M.; de Oliveira, M. A. S.; Kaspchak, E.; Sanchuki, H. B. S.; Igarashi-Mafra, L. and Mafra, M. R. 2019. Effect of tannic acid on the structure and activity of *Kluyveromyces lactis*  $\beta$ -galactosidase. *Food chemistry*, 275, 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.107>

Khoobani, M.; Hasheminezhad, S. H.; Javandel, F.; Nosrati, M.; Seidavi, A.; Kadim, I. T. and Tufarelli, V. 2019. Effects of dietary chicory (*Chicorium intybus* L.) and probiotic blend as natural feed additives on performance traits, blood biochemistry, and gut microbiota of broiler chickens. *Antibiotics*: 9, 5. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9010005>

Kiczorowska, B.; Samolińska, W.; Al-Yasiry, A. R. M.; Kiczorowski, P. and Winiarska-Mieczan, A. 2017. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review. *Annals of Animal Science*: 17(3) 605-625. DOI: 10.1515/aoas-2016-0076

Kumaran, A. and Karunakaran, R. J. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*: 97: 109-114.

Liu, H. S.; Mahfuz, S. U.; Wu, D.; Shang, Q. H. and Piao, X. S. 2020. Effect of chestnut wood extract on performance, meat quality, antioxidant status, immune function and cholesterol metabolism in broiler chickens. 99(9):4488–4495. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.053>

Medugu, C. I.; Saleh, B.; Igwebuike, J. U. and Ndirmbita, R. L. 2012. Strategies to Improve the Utilization of Tannin-Rich Feed Materials by Poultry. *International Journal of Poultry Science*. 11: 417-423.

Minieri, S.; Buccioni, A.; Serra, A.; Galigani, I.; Pezzati, A.; Rapaccini, S. and Antongiovanni, M. 2016. Nutritional characteristics and quality of eggs from laying hens fed on a diet supplemented with chestnut tannin extract (*Castanea sativa* Miller). *British poultry science*, 57(6), 824-832. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1216944>

Moura, A. M. A. D.; Oliveira, N. T. E. D.; Thiebaut, J. T. L. and Melo, T. V. 2008. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*). *Ciência e Agrotecnologia*; 32: 578-583. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200036>

Naumann, H. D.; Tedeschi, L. O.; Zeller, W. E. and Huntley, N. F. 2017. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46: 929-949. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200009>

Nwachukwu, I. D.; Sarteshnizi, R. A.; Udenigwe, C. C. and Aluko, R. E. 2021. A concise review of current in vitro chemical and cell-based antioxidant assay methods. *Molecules*, 26(16), 4865. <https://doi.org/10.3390/molecules26164865>

Oliveira, B. D. e Oliveira, D. D. 2013. *Qualidade e tecnologia de ovos*. Lavras, Minas Gerais, Editora da Universidade Federal de Lavras (UFLA), 98.

Rodrigues, E. A.; Cancherini, L. C.; Junqueira, O. M.; de Laurentiz, A. C.; da Silva Filardi, R.; Duarte, K. F. e Casartelli, E. M. 2010. Desempenho, qualidade da casca e perfil lipídico de gemas de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja no segundo ciclo de postura. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27(2), 207-212. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i2.1223>

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. D.; Lopes, D. C. e Euclides, R. F. 2017. *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*, 2: 186.

Santos, R. D.; Gagliardi, A. C. M.; Xavier, H. T.; Magnoni, C. D.; Cassani, R.; Lottenberg, A. M. P. e Ramos, S. 2013. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 100, 1-40. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2013000900001>

Sauveur, B. E. 1993. *El huevo para consumo: bases productivas*. Barcelona: Aedos Editorial: 377.

Xiao, H.; Liu, B.; Mo, H. and Liang, G. 2015. Comparative evaluation of tannic acid inhibiting  $\alpha$ -glucosidase and trypsin. *Food Res Int* 76:605–610. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.029>

Zeng, X.; Jiang, W.; Du, Z. and Kokini, J. L. 2023. Encapsulation of tannins and tannin-rich plant extracts by complex coacervation to improve their physicochemical properties and biological activities: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(18), 3005-3018. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2075313>

Zhao, T.; Sun, Q.; del Rincon, S. V.; Lovato, A.; Marques, M. and Witcher, M. 2014. Gallotannin Imposes S-Phase Arrest in Breast Cancer Cells and Suppresses the Growth of Triple-Negative Tumors In Vivo. *PloS One*. 9:e92853. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092853>

Zheng, Q.; Kebede, M. T.; Kemeh, M. M.; Islam, S.; Lee, B.; Bleck, S. D. and Lazo, N. D. 2019. Inhibition of the self-assembly of A $\beta$  and of tau by polyphenols: Mechanistic studies. *Molecules*, 24(12), 2316. <https://doi.org/10.3390/molecules24122316>

Zhou, L. and Elias, R. J. 2013. Antioxidant and pro-oxidant activity of (-)-epigallocatechin-3-gallate in food emulsions: Influence of pH and phenolic concentration. *Food chemistry*, 138(2-3), 1503-1509. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.132>

Zugno, A. I.; Chipindo, H. L.; Volpato, A. M.; Budni, J.; Steckert, A. V.; De Oliveira, M. B. and Gama, C. S. 2014. Omega-3 prevents behavior response and brain oxidative damage in the ketamine model of schizophrenia. *Neuroscience*, 259, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.11.049>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo explorou a utilização de taninos hidrolisáveis como aditivos alimentares na alimentação de codornas japonesas. Inicialmente, observou-se que os aditivos alimentares desempenham um papel crucial na nutrição animal, pois têm o potencial de melhorar as características dos produtos destinados à alimentação animal, bem como a produção e qualidade dos produtos de origem animal.

Os polifenóis, especialmente os taninos condensados e hidrolisáveis, têm sido bastante estudados como aditivos fitogênicos na alimentação animal. Sua presença em extratos vegetais confere propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias, entre outras. No contexto deste estudo, os taninos hidrolisáveis mostraram-se promissores na melhoria da qualidade dos ovos de codornas japonesas ao longo do tempo de armazenamento.

Nesse sentido, é fundamental que futuras pesquisas aprofundem os estudos sobre as interações entre os taninos hidrolisáveis e o organismo animal, com o objetivo de compreender melhor os mecanismos de ação e os efeitos desses compostos na fisiologia e no metabolismo das aves. Além disso, é importante investigar a influência de diferentes espécies vegetais e extratos na resposta das aves, a fim de determinar as melhores fontes e dosagens de taninos hidrolisáveis para promover benefícios sem causar efeitos adversos.

É importante destacar o potencial antioxidante dos taninos hidrolisáveis, o que pode ter implicações significativas na saúde e no bem-estar das aves. A capacidade desses compostos em neutralizar os radicais livres e proteger as biomoléculas contra danos oxidativos pode contribuir para a melhoria do desempenho e qualidade dos ovos. No entanto, é fundamental investigar em maior profundidade os mecanismos de ação



antioxidante dos taninos hidrolisáveis e sua eficácia em diferentes condições de criação e dietas.

Além disso, foi notado que o potencial antioxidante avaliado pelo método DPPH foi considerado bom, o que comprova que os taninos hidrolisáveis podem ter propriedades antioxidantes. Essa capacidade antioxidante pode ser importante para a saúde e o bem-estar das codornas, ativando sistemas adaptativos no organismo das aves para compensar possíveis alterações no perfil lipídico.

Em conclusão, os estudos analisados forneceram insights interessantes sobre o uso de extratos ricos em polifenóis em codornas japonesas. No entanto, ainda existem lacunas de conhecimento que precisam ser preenchidas para uma compreensão mais completa dos mecanismos envolvidos. Recomenda-se a realização de pesquisas adicionais para explorar estratégias mais eficientes e seguras na utilização desses compostos como aditivos alimentares.

Esses estudos podem contribuir para o avanço da produção avícola e fornecer diretrizes para o uso adequado de extratos vegetais a base de tanino hidrolisável na alimentação de codornas japonesas. Com base nos resultados e nas informações apresentadas até o momento, algumas sugestões de novas abordagens para estudos futuros podem ser consideradas:

- Interação entre taninos hidrolisáveis e outros aditivos alimentares: Investigar a interação entre taninos hidrolisáveis e outros aditivos alimentares comumente utilizados na alimentação de aves, como probióticos, prebióticos e ácidos orgânicos. Avaliar se a combinação desses aditivos pode potencializar os efeitos benéficos dos taninos hidrolisáveis na saúde intestinal e no desempenho das aves.

- Estudo da biodisponibilidade dos taninos hidrolisáveis: Avaliar a biodisponibilidade dos taninos hidrolisáveis em aves, ou seja, a capacidade de absorção e utilização desses compostos pelo organismo. Investigar os fatores que influenciam a absorção desses taninos e sua distribuição nos tecidos, a fim de compreender melhor sua eficácia e potencial impacto na saúde das aves.
- Efeito dos taninos hidrolisáveis na microbiota intestinal: Investigar o efeito desses taninos na composição e atividade da microbiota intestinal das aves. Avaliar se esses taninos hidrolisáveis podem modular positivamente a microbiota, favorecendo o crescimento de bactérias benéficas e inibindo o crescimento de patógenos, contribuindo assim para a saúde intestinal e o desempenho das aves.
- Estudo da estabilidade dos taninos hidrolisáveis: Avaliar a estabilidade desses taninos durante o processamento e armazenamento de alimentos para aves. Investigar se a presença de taninos pode afetar a estabilidade de outros nutrientes ou aditivos na ração, bem como sua estabilidade ao longo do tempo e em diferentes condições de armazenamento.
- Avaliação do efeito dos taninos hidrolisáveis em diferentes fases de produção: Investigar se os efeitos dos taninos na saúde intestinal, desempenho e qualidade dos ovos variam em diferentes fases de produção, como fase inicial, crescimento e postura. Compreender se existe uma janela de tempo específica em que os taninos são mais eficazes e se ajustes nas dosagens ou estratégias de administração são necessários em cada fase.