



Efeito do tanino condensado da *Acácia mearnsii* sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de codornas de corte

[Effect of condensed tannin from *Acacia mearnsii* on the productive and reproductive performance of meat-type quail breeders]

Daniela Keley Custódio*¹ , Felipe Santos Dalólio² , Ana Fabrícia Braga Magalhães¹ , Bruna Poletti³ ,
Kátira de Oliveira Souza¹ , Rafael de Sousa Ferreira⁴ , Sandra Regina Freitas Pinheiro¹ 

1 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, Minas Gerais, Brasil 

2 INBRA Nutrição Animal, Jaguariúna, São Paulo, Brasil

3 TANAC, Montenegro, Rio Grande do Sul, Brasil

4 Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil 

*autor correspondente: dk.custodio@unesp.br

Recebido: 22 de novembro de 2025. Aceito: 06 de abril de 2026. Publicado: 20 de maio de 2026.

Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: O estudo avaliou os efeitos do tanino condensado de *Acacia mearnsii* sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de codornas de corte ao longo de três ciclos de 28 dias. Foram utilizadas 140 matrizes *Coturnix coturnix*, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, composto por quatro tratamentos, com sete repetições de cinco aves em cada unidade experimental, totalizando 28 parcelas. Os tratamentos foram: T1: Dieta basal (controle negativo) sem adição de aditivos; T2: Dieta basal + antibiótico bacitracina de zinco em 22 ppm/ton (controle positivo); T3: Dieta basal + tanino condensado em 1.000 g/ton e T4: Dieta basal + tanino condensado 750 g/ton. Foram analisados consumo de ração (CR), produção e massa de ovos (TPO e MO), peso dos ovos (POI), conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/dz), taxa de eclosão (TE), peso dos pintinhos (PP) e excreção de nitrogênio. O desempenho variou entre os ciclos, com CR e MO no segundo ciclo e melhor CA/dz no terceiro ($p < 0,05$). A suplementação com 750 g/ton de tanino promoveu maior TPO e MO e melhor CA/dz, enquanto 1.000 g/ton não apresentou benefícios adicionais ($p > 0,05$). A TE foi superior nas dietas sem aditivos ($p < 0,05$). O teor de nitrogênio das excretas foi reduzido por influência das dietas ($p < 0,05$), e observou-se interação entre dieta e ciclo para matéria seca ($p < 0,05$). Nenhum efeito foi constatado na matéria mineral ($p > 0,05$). Conclui-se que a inclusão moderada de taninos condensados de *Acacia mearnsii* (750 g/ton) melhora a CA/dz, a utilização de nutrientes e o desempenho reprodutivo, especialmente em ciclos mais avançados, além de reduzir a excreção de nitrogênio. Esses resultados indicam o potencial dos taninos como aditivos fitogênicos sustentáveis e substitutos naturais aos antibióticos promotores de crescimento.

Palavras-chave: aditivo fitogênico; antimicrobiano; eficiência alimentar; metabolismo e sustentabilidade ambiental.

Abstract: This study evaluated the effects of condensed tannins from *Acacia mearnsii* on the productive and reproductive performance of broiler quail breeders over three 28-day cycles. In total, 140 *Coturnix coturnix* breeders were used, distributed in a completely randomized design in a split-plot arrangement, consisting of 4 treatments with 7 replicates of 5 birds per experimental unit, totaling



28 plots. The treatments were: T1, basal diet (negative control) without additives; T2, basal diet + zinc bacitracin at 22 ppm/ton (positive control); T3, basal diet + condensed tannin at 1.000 g/ton; and T4, basal diet + condensed tannin at 750 g/ton. Feed intake, egg production and mass, egg weight, feed conversion ratio per dozen eggs, hatchability, chick weight, and nitrogen excretion were evaluated. Performance varied among cycles, with higher feed intake and egg mass in the second cycle and better feed conversion in the third ($p < 0.05$). Supplementation with 750 g/ton of tannin promoted higher egg production and mass and (CA/dz), whereas 1.000 g/ton did not provide additional benefits ($p > 0.05$). Hatchability was higher in diets without additives ($p < 0.05$). Excreta nitrogen content was reduced by dietary treatments ($p < 0.05$), and an interaction between diet and cycle was observed for dry matter ($p < 0.05$). No effect was observed on mineral matter ($p > 0.05$). It can be concluded that moderate inclusion of condensed tannins from *A. mearnsii* (750 g/ton) (CA/dz), nutrient utilization, and reproductive performance, particularly in later cycles, in addition to reducing nitrogen excretion. These results indicate the potential of tannins as sustainable phytogetic additives and natural alternatives to antibiotic growth promoters.

Keywords: antimicrobial; environmental sustainability; feed efficiency; metabolism; phytogetic additive.

1. Introdução

Na produção industrial de aves, a eficiência alimentar é essencial para manter o desempenho produtivo e é frequentemente aprimorada pela inclusão de aditivos dietéticos. Esses compostos podem promover a saúde intestinal e imunológica, melhorar a qualidade do produto e incentivar o uso de ingredientes alternativos na ração ⁽¹⁾. No entanto, as crescentes restrições ao uso de antibióticos intensificaram a busca por alternativas naturais que garantam o desempenho, ao mesmo tempo que protegem a saúde animal e pública ⁽²⁾.

Aditivos fitogênicos, particularmente polifenóis como taninos condensados, surgiram como substitutos promissores para antibióticos promotores de crescimento. Antes considerados antinutricionais, os taninos são agora reconhecidos por suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e moduladoras da microbiota intestinal ^(3, 4). Extratos de *Acacia mearnsii* têm sido associados à melhoria do equilíbrio da microbiota intestinal, redução dos processos oxidativos e melhor utilização de nutrientes ⁽⁵⁾.

Na avicultura, os taninos dietéticos têm demonstrado efeitos benéficos no desempenho e na qualidade do produto. Estudos em galinhas poedeiras relatam melhorias na qualidade dos ovos, estabilidade lipídica e saúde intestinal ⁽⁶⁾, enquanto pesquisas em frangos de corte demonstram efeitos positivos no ganho de peso, conversão alimentar e resistência a desafios de saúde ^(7, 8). Esses resultados sugerem que os taninos podem atuar como aditivos multifuncionais capazes de substituir parcial ou totalmente os antibióticos em dietas para aves.

Apesar desses avanços, os estudos com matrizes de codornas de corte ainda são escassos. Considerando a importância reprodutiva da espécie e as potenciais diferenças na resposta aos taninos na dieta, são necessários mais estudos para definir os níveis adequados de suplementação. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão dietética de taninos condensados de *A. mearnsii* (750 e 1.000 g/ton) no desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de codornas de corte, em comparação com a bacitracina de zinco como promotor de desempenho convencional.

2. Material e métodos

2.1 Animais e dietas experimentais

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Animais Monogástricos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus JK, localizado na MGT 367 – Km 583, nº 5000, distrito de Alto da Jacuba, Diamantina, Minas Gerais, Brasil (18°12'S, 43°34'W; aproximadamente 1.250 m acima do nível do mar).

Codornas reprodutoras de corte (*Coturnix coturnix*) da linhagem LF2 foram obtidas de um incubatório especializado associado ao programa de melhoramento genético animal. A pesquisa foi realizada ao longo de três ciclos experimentais de 28 dias cada, correspondentes a: ciclo I (62–90 dias de idade), ciclo II (91–118 dias de idade) e ciclo III (119–146 dias de idade). O projeto foi submetido, revisado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) sob o número de protocolo 3920240323.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em um arranjo de parcelas subdivididas, com três ciclos de produção como parcelas principais e quatro tratamentos dietéticos como subparcelas. Cada tratamento teve sete repetições com cinco aves por unidade experimental, totalizando 140 codornas.

Os tratamentos experimentais foram os seguintes: T1 – dieta basal (controle negativo, CN) sem aditivos; T2 – dieta basal suplementada com 22 ppm/ton de bacitracina de zinco (controle positivo, PC); T3 – dieta basal suplementada com 1.000 g/ton de tanino condensado; e T4 – dieta basal suplementada com 750 g/ton de tanino condensado. As dietas experimentais foram formuladas para serem isoenergéticas e isoproteicas, atendendo às recomendações nutricionais para codornas de corte descritas por Silva et al. ⁽⁹⁾ e foram fornecidas dos 62 aos 146 dias de idade (Tabela 1). As dietas destinadas exclusivamente aos machos reprodutores, foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 2).

Tabela 1. Percentagem e composição calculada das dietas para matrizes de codornas de corte durante a fase de postura (62-146 dias de idade).

Ingredientes	T1	T2	T3	T4
Milho (7,92 %)	44,426	44,426	44,426	44,426
Farelo de Soja (45 %)	38,998	38,998	38,998	38,998
Óleo de Soja	4,550	4,550	4,550	4,550
Sal	0,531	0,531	0,531	0,531
L-Treonina (98,5 %)	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Lisina HCl (98,5 %)	0,088	0,088	0,088	0,088
DL-Metionina(99 %)	0,278	0,278	0,278	0,278
L-Valina (100 %)	0,187	0,187	0,187	0,187
Premix Mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix Vitamínico ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Fosfato Bicálcico	1,637	1,637	1,637	1,637
Calcário Calcítico	7,940	7,940	7,940	7,940
Amido de Milho	1,000	1,003	1,100	1,200
Bacitracina de Zinco	0,000	0,147	0,000	0,000
Tanino Condensado (<i>Acacia mearnsii</i>)	0,000	0,000	0,100	0,075
Inert ³	0,300	0,150	0,100	0,025
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada				
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2787	2787	2790	2794
Proteína Bruta (%)	21,47	21,47	21,47	21,47
Fósforo disponível (%)	0,42	0,42	0,42	0,42
Cálcio (%)	3,50	3,50	3,50	3,50
Sódio (%)	0,23	0,23	0,23	0,23
Metionina + Cistina digestível (%)	0,84	0,84	0,84	0,84
Lisina digestível (%)	1,15	1,15	1,15	1,15
Treonina digestível (%)	0,81	0,81	0,81	0,81
Triptofano digestível(%)	0,303	0,331	0,36	0,389
Valina digestível (%)	1,280	1,380	1,480	1,575

¹ Mineral pré-mistura (quantia por kg de dieta): manganês – 80,0 mg; ferro – 50,0 mg; zinco – 50,0 mg; cobre – 10,0 mg; iodo – 1,0 mg; selênio – 0,300 mg; cobalto – 1,0 mg. ² Vitamina pré-mistura (quantidade por kg de dieta): vitamina UM – 12.000 UI; vitamina D 3 – 2.500 UI; vitamina E – 30,0 UI; v itamina B 1 –2,0 mg; vitamina B6 – 3,00 mg; ácido pantotênico – 10,0 mg; biotina – 0,07 mg; vitamina K3 – 3,0 mg; ácido fólico – 1,0 mg; ácido nicotínico – 35,0 mg; vitamina B12 – 15 µ g; cloreto de colina (60%) – 100,0 mg. ³ Areia lavada.

Tabela 2 – Composição percentual das dietas para machos reprodutores durante as fases de crescimento e final (35–146 dias).

Ingredientes	Crescimento/Final
Milho (7,92 %)	54,745
Farelo de Soja (45 %)	38,435
Óleo de Soja	4,023
Calcário	1,058
Fosfato Dicálcico	0,794
Sal	0,323
Premix Mineral ¹	0,100
Premix Vitamínico ²	0,200
DL-Metionina (98 %)	0,213
L-Treonina (99 %)	0,049
Antioxidantes ³	0,010
Coccidiostático ⁴	0,050
Total	100,00

¹Por quilograma de produto: cobre – 2500,00 mg; colina – 27,00 mg; ferro – 12,5 mg; iodo – 250,00 mg; manganês – 7,5 mg; metionina – 130,00 g; selênio – 20,00 mg; sódio – 120,00 g; zinco – 4500,00 mg. ²Por quilograma de produto: ácido fólico – 175,00 mg; ácido nicotínico – 28000,00 mg; ácido pantotênico – 2500,00 mg; bacitracina de zinco – 5100,00 mg; BHA – 500,00 mg; BHT – 500,00 mg; biotina – 12,50 mg; vitamina A – 500.000,00 UI; vitamina B1 – 150,00 mg; Vitamina B12 – 2500,00 mg; vitamina B2 – 800,00 mg; vitamina B6 – 250,00 mg; vitamina D3 – 170.000,00 UI; vitamina E – 2100,00 UI; vitamina K3 – 400,00 mg; salinomicina – 12500,00 mg/kg; ³Butil-hidroxitolueno; ⁴Coxistac.

2.2 Condições e instalações experimentais

Durante os primeiros 34 dias de vida, as aves foram mantidas em piso de concreto coberto com maravalha, equipado com comedouros automáticos e bebedouros de pressão, e receberam ração comercial formulada para atender às necessidades nutricionais da fase inicial.

Aos 35 dias de idade, as aves foram sexadas, pesadas e alojadas em gaiolas metálicas empilhadas (60 × 60 × 35 cm), com densidade de 720 cm²/ave, contendo comedouros tipo calha, bebedouros de pressão e piso ripado. Bandejas metálicas revestidas com plástico foram colocadas sob as gaiolas para coleta de excrementos. A partir desse momento, as aves começaram a receber as dietas experimentais. Água e ração foram fornecidas *ad libitum*, e os machos foram alojados em gaiolas individuais.

As temperaturas médias do ambiente (máxima e mínima), bem como a umidade relativa, foram medidas diariamente no início do manejo de rotina, utilizando dois termômetros digitais posicionados em diferentes pontos da sala experimental.

2.3 Desafio sanitário

Para promover um desafio imunológico, apenas as codornas reprodutoras foram submetidas a condições específicas de manejo sanitário, sem a limpeza regular dos bebedouros e bandejas de excretas. Os bebedouros foram limpos três vezes por semana e as bandejas, apenas uma vez por semana. Além disso, essas aves receberam água contaminada com cama de frango, preparada pela diluição de 1.000 g de cama de frango em 5 L de água, que foi fornecida nos bebedouros e consumida ao longo de 5 dias em cada período experimental. Os machos não foram submetidos a esse desafio imunológico.

2.4 Manejo reprodutivo

O manejo reprodutivo foi realizado em cada período experimental, alocando-se um macho para cada cinco fêmeas, distribuídas em 28 gaiolas experimentais. Os machos foram introduzidos nas gaiolas aos 64 dias de idade e permaneceram com as fêmeas por 8 dias consecutivos. Destes, os primeiros 3 dias foram destinados à adaptação dos machos ao grupo de fêmeas, sem coleta de ovos para incubação, enquanto os 5 dias subsequentes foram utilizados para a coleta de ovos destinados à incubação. Durante esta fase, os ovos produzidos foram coletados, pesados, identificados, armazenados e posteriormente enviados para uma incubadora especializada. Ao final do ciclo de acasalamento, os machos foram devolvidos às suas gaiolas individuais.

Os ovos férteis foram mantidos em uma incubadora com demanda bioquímica de oxigênio (DBO) a temperaturas entre 20°C e 25°C para evitar a deterioração microbiana até a incubação. A incubação foi programada e realizada em uma incubadora COPEMARQ (modelo Labo 13), com capacidade para 4.000 ovos e equipada com controle automático de temperatura, umidade e viragem dos ovos. Os ovos permaneceram em incubação por 15 dias e foram transferidos para a nascedouro no 16º dia, onde permaneceram até o 19º dia (dia estimado da eclosão).

No momento da transferência para a nascedouro, os ovos foram colocados em sacos de tecido devidamente identificados para controle e análise dos pintinhos. Após a eclosão, os pintinhos foram pesados individualmente.

2.5 Características de desempenho e reprodução

As variáveis de desempenho avaliadas entre 62 e 146 dias de idade incluíram consumo de ração (CR, g/ave), massa de ovos (MO, g), peso de ovos (PO, g), taxa de produção de ovos (TPO, %/ave/dia), conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/dz, g/dz), conversão alimentar por massa de ovos (CA/MO, g/g), taxa de eclosão (TE, %), peso do ovo incubado (POI, g) e peso do pintinho (PP, g). O CR foi corrigido com base nos dados de mortalidade, conforme descrito por Sakomura e Rostagno ⁽¹⁰⁾, considerando também os dias em que os machos permaneceram com as matrizes. A mortalidade foi registrada diariamente e utilizada para ajustar os cálculos de CR.

2.6 Análise de excretas

Ao final de cada ciclo, os teores de matéria seca (MS, %), matéria mineral (MM, %) e nitrogênio (N, %) das excretas foram analisados de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz ⁽¹¹⁾. As excretas foram coletadas duas vezes por semana, às 8h, para evitar fermentação e perda de nutrientes. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos identificados e mantidas em freezer a -20 °C. Após o término do ciclo de coleta, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas, e uma alíquota foi retirada para análise.

2.7 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o software R ⁽¹²⁾, adotando um nível de significância de 5 %. Inicialmente, as premissas de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram verificadas utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Antes das análises, as observações identificadas como outliers por meio da análise exploratória de dados foram removidas quando consideradas inconsistentes com o padrão biológico do conjunto de dados. Os dados de MS, expressos em porcentagens, foram submetidos a uma transformação arco-seno da raiz quadrada para atender às premissas da análise de variância. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando os dados transformados; entretanto, para maior clareza e facilidade de interpretação, os resultados são apresentados como médias na escala percentual original.

O modelo estatístico incluiu os efeitos fixos de ciclo, tratamento e sua interação (ciclo × tratamento). Quando a interação não foi significativa, os efeitos principais foram interpretados. Quando efeitos significativos foram detectados, as médias foram comparadas usando o teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%. As análises foram realizadas utilizando o pacote ExpDes.pt⁽¹¹⁾ no R.

3. Resultados

3.1 Condições ambientais

As temperaturas médias registradas durante o primeiro período (62–90 dias) foram de 27,9 °C (máxima) e 16,5 °C (mínima), com umidade relativa de 79,1 %. No segundo período (91–118 dias), as temperaturas médias foram de 28,6 °C (máxima) e 16,5 °C (mínima), com umidade relativa de 79,7 %. No terceiro período (119–146 dias), as temperaturas máxima e mínima foi de 29,8 °C e 16,5 °C, respectivamente, e a umidade relativa foi de 81,4 %.

3.2 Desempenho da produção

Houve um efeito significativo do ciclo de produção sobre CR, CA/dz, CA/MO, TE, MO e PP ($p < 0,05$) (Tabelas 3 e 4). As dietas influenciaram TPO, CA/dz, CA/MO e TE ($p < 0,05$). Nenhuma interação significativa entre dieta e ciclo foi observada para nenhuma das variáveis avaliadas. O CR variou entre os ciclos de produção ($p < 0,05$), com maior ingestão no segundo ciclo (35,61 g/ave) do que no primeiro (30,24 g/ave) e terceiro ciclos (24,08 g/ave). No entanto, o CR não foi afetado pelos tratamentos dietéticos ($p > 0,05$). A CA/dz foi afetada tanto pelo ciclo quanto pela dieta ($p < 0,01$). As aves do segundo ciclo apresentaram pior conversão alimentar (0,474 g/dz) do que as aves do terceiro ciclo (0,347 g/dz). Dentre as dietas, a inclusão de tanino condensado a 1000 g/ton resultou em pior CA/dz (0,446 g/dz) do que a inclusão de bacitracina de zinco (0,386 g/dz).

Da mesma forma, a (CA/MO) foi influenciada por ambos os fatores ($p < 0,05$), os piores valores foram observados no segundo ciclo de produção e em aves alimentadas com 0,10 g/ton de tanino condensado (2,65 g/g), enquanto aquelas que receberam 750 g/ton de tanino apresentaram melhor CA/ dz (2,26 g/g). O PO diferiu entre os ciclos de produção ($p = 0,019$), com médias mais altas registradas no segundo ciclo (14,52 g) e mais baixas no terceiro (13,37 g). Nenhum efeito da dieta foi detectado sobre o PO ($p > 0,05$). A MO também variou de acordo com o ciclo ($p = 0,021$), com médias mais altas observadas durante o primeiro (12,61 g) e o segundo ciclos (13,13 g) do que durante o terceiro (11,39 g). As dietas não afetaram significativamente a MO ($p > 0,05$).

3.3 Composição das excretas

Não foi observado efeito significativo no teor de matéria mineral (MM) das excretas ($p > 0,05$). No entanto, o teor de nitrogênio (N) foi influenciado pelas dietas avaliadas ($p < 0,05$). Em relação à matéria seca (MS) das excretas, houve interação significativa entre dieta e ciclo de produção ($p < 0,05$), além de efeitos principais significativos de ambos os fatores (Tabela 5).

Tabela 3. Médias $\pm$ desvio padrão para consumo de ração, taxa de produção de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, conversão alimentar por massa de ovos, peso dos ovos e massa de ovos de matrizes de codornas de corte durante a fase de postura (62–146 dias de idade).

Variáveis	Ciclos	Dietas				Média	p-valor		
		T1: Dieta Basal	T2: Basal + Bzn	T3: Basal + TC (1000 g/ton)	T4: Basal + CT (750 g)		Ciclo	Dieta	Dieta $\times$ Ciclo
CR (g/ave)	I	29,62 $\pm$ 2,38	29,98 $\pm$ 3,59	31,55 $\pm$ 3,32	29,82 $\pm$ 1,63	30,24b	<0,0001	0,800	0,340
	II	35,50 $\pm$ 1,81	36,32 $\pm$ 2,81	34,62 $\pm$ 0,60	36,00 $\pm$ 1,84	35,61a			
	III	25,18 $\pm$ 2,13	22,88 $\pm$ 3,67	25,03 $\pm$ 3,11	23,23 $\pm$ 3,29	24,08c			
	Média	30,10	29,73	30,40	29,68				
TPO (%)	I	90,20 $\pm$ 8,88	91,33 $\pm$ 12,67	82,32 $\pm$ 6,88	87,27 $\pm$ 8,75	87,78	0,350	0,016	0,874
	II	91,38 $\pm$ 9,67	96,10 $\pm$ 13,27	84,64 $\pm$ 5,11	91,48 $\pm$ 6,50	90,9			
	III	80,48 $\pm$ 10,42	93,24 $\pm$ 25,44	80,08 $\pm$ 11,65	87,15 $\pm$ 8,85	85,24			
	Média	87,35AB	93,55A	82,35B	88,63AB				
CA/dz (g/dz)	I	0,399 $\pm$ 0,07	0,396 $\pm$ 0,03	0,465 $\pm$ 0,08	0,412 $\pm$ 0,03	0,418b	<0,001	0,003	0,318
	II	0,471 $\pm$ 0,05	0,457 $\pm$ 0,04	0,492 $\pm$ 0,02	0,474 $\pm$ 0,03	0,474a			
	III	0,383 $\pm$ 0,08	0,304 $\pm$ 0,05	0,382 $\pm$ 0,07	0,318 $\pm$ 0,05	0,347c			
	Média	0,418AB	0,386B	0,446A	0,401B				
CA/MO (g/g)	I	2,28 $\pm$ 0,38	2,40 $\pm$ 0,21	2,74 $\pm$ 0,47	2,30 $\pm$ 0,28	2,38b	0,003	0,030	0,920
	II	2,76 $\pm$ 0,42	2,65 $\pm$ 0,22	2,80 $\pm$ 0,25	2,51 $\pm$ 0,59	2,68a			
	III	2,09 $\pm$ 0,68	2,06 $\pm$ 0,45	2,40 $\pm$ 0,61	1,98 $\pm$ 0,38	2,13c			
	Média	2,38AB	2,37AB	2,65A	2,26B				
PO (g)	I	13,85 $\pm$ 0,68	13,98 $\pm$ 1,19	14,28 $\pm$ 1,41	13,05 $\pm$ 1,18	13,79ab	0,019	0,282	0,169
	II	14,29 $\pm$ 0,76	14,42 $\pm$ 1,02	14,74 $\pm$ 1,16	14,62 $\pm$ 0,42	14,52a			
	III	13,93 $\pm$ 0,74	12,45 $\pm$ 1,63	13,57 $\pm$ 1,80	13,53 $\pm$ 1,03	13,37b			
	Média	14,02	13,62	14,20	13,73				
MO (g)	I	13,15 $\pm$ 0,68	12,52 $\pm$ 1,19	11,60 $\pm$ 1,41	13,18 $\pm$ 1,18	12,61a	0,021	0,164	0,892
	II	13,07 $\pm$ 0,76	13,75 $\pm$ 1,02	12,47 $\pm$ 1,16	13,22 $\pm$ 0,42	13,13ab			
	III	11,18 $\pm$ 0,74	11,65 $\pm$ 1,63	10,98 $\pm$ 1,80	11,76 $\pm$ 1,03	11,39b			
	Média	12,47	12,64	11,68	12,72				

CR, consumo de ração (g/ave); TPO, taxa de produção de ovos (%/ave/dia); CA/dz, taxa de conversão alimentar por dúzia de ovos (g/dúzia); CA/MO, taxa de conversão alimentar por massa de ovo (g/g); PO, peso do ovo (g); MO, massa do ovo (g). T1, dieta basal (controle negativo); T2, dieta basal + bacitracina de zinco (controle positivo); T3, dieta basal + tanino condensado (1.000 g/ton); T4, dieta basal + tanino condensado (750 g/ton). Ciclo I, 62–90 dias de idade; Ciclo II, 91–118 dias de idade; Ciclo III, 119–146 dias de idade. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 4. Médias $\pm$ desvio padrão da taxa de eclosão, peso dos ovos incubáveis e peso dos pintinhos de matrizes de codorna de corte durante a fase de postura (62–146 dias de idade).

		Dietas					p-valor		
Variáveis	Ciclos	T1: Dieta Basal	T2: Basal + Bzn	T3: Basal + TC (1.000 g/ton)	T4: Basal + CT (750g)	Média	Ciclo	Dieta	Dieta $\times$ Ciclo
TE (%)	I	59,38 $\pm$ 17,04a	20,77 $\pm$ 17,73b	28,19 $\pm$ 17,92	33,89 $\pm$ 17,93	35,56b	0,188	0,002	0,193
	II	45,06 $\pm$ 19,02a	19,80 $\pm$ 13,84b	29,66 $\pm$ 25,24	32,32 $\pm$ 23,52	31,71b			
	III	43,25 $\pm$ 13,31b	39,82 $\pm$ 23,34a	29,81 $\pm$ 24,98	53,40 $\pm$ 14,67	41,57a			
Média		49,23A	26,80B	29,22B	39,87AB				
POI (g)	I	13,85 $\pm$ 0,68	13,98 $\pm$ 1,19	14,28 $\pm$ 1,41	13,05 $\pm$ 1,18	13,79	0,106	0,731	0,051
	II	14,11 $\pm$ 1,00	13,57 $\pm$ 0,80	13,73 $\pm$ 0,86	14,11 $\pm$ 1,26	13,88			
	III	14,41 $\pm$ 0,70	13,95 $\pm$ 0,67	14,20 $\pm$ 0,58	15,02 $\pm$ 0,39	14,39			
Média		14,12	13,83	14,07	14,06				
PP (g)	I	9,64 $\pm$ 0,93	9,34 $\pm$ 0,91	9,34 $\pm$ 0,91	9,47 $\pm$ 0,92	9,72a	<0,001	0,091	0,699
	II	9,64 $\pm$ 0,93	9,34 $\pm$ 0,91	9,34 $\pm$ 0,91	9,47 $\pm$ 0,92	9,54a			
	III	9,64 $\pm$ 0,93	9,34 $\pm$ 0,91	9,34 $\pm$ 0,91	9,47 $\pm$ 0,92	9,21b			
Média		9,49	9,40	9,29					

Taxa de eclosão (%); POI, peso do ovo incubável (g); PP, peso do pintinho (g), T1, dieta basal (controle negativo); T2, dieta basal + bacitracina de zinco (controle positivo); T3, dieta basal + tanino condensado (1000 g/ton); T4, dieta basal + tanino condensado (750 g/ton), Ciclo I, 62–90 dias de idade; Ciclo II, 91–118 dias de idade; Ciclo III, 119–146 dias de idade, Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$),

Tabela 5. Médias $\pm$ desvio padrão para matéria seca, matéria mineral e teor de nitrogênio nas excretas de matrizes de codornas de corte durante a fase de postura (62–146 dias de idade).

Variáveis	Ciclos	Dietas				Média	Ciclo	Dieta	p-valor Dieta $\times$ Ciclo
		T1: Dieta Basal	T2: Basal + Bzn	T3: Basal + TC (1.000 g/ton)	T4: Basal + CT (750 g)				
MM(%)	I	29,29 $\pm$ 4,13	28,00 $\pm$ 1,84	28,87 $\pm$ 1,01	29,98 $\pm$ 6,73	29,03	0,075	0,124	0,059
	II	31,00 $\pm$ 0,98	29,27 $\pm$ 3,32	28,39 $\pm$ 0,55	30,74 $\pm$ 5,56	29,85			
	III	28,26 $\pm$ 9,46	29,39 $\pm$ 3,60	26,13 $\pm$ 3,18	22,77 $\pm$ 1,81	26,64			
Média		31,69	29,01	28,27	27,83				
N (%)	I	6,23 $\pm$ 1,00	5,93 $\pm$ 0,72	5,19 $\pm$ 1,38	6,80 $\pm$ 0,71	6,04	ns	0,032	ns
	II	6,43 $\pm$ 0,66	6,26 $\pm$ 0,64	5,27 $\pm$ 0,62	6,48 $\pm$ 0,73	6,11			
	III	6,27 $\pm$ 1,46	6,34 $\pm$ 1,19	5,92 $\pm$ 0,64	6,68 $\pm$ 0,54	6,3			
Média		6,31A	6,17AB	5,46B	6,65A				
MS (%)	I	94,6 $\pm$ 2,41a	93,4 $\pm$ 0,56a	93,5 $\pm$ 0,78a	92,5 $\pm$ 2,24a	93,5	0,0066	<0,001	<0,001
	II	89,7 $\pm$ 2,49b	89,1 $\pm$ 1,59b	87,9 $\pm$ 1,73b	90,2 $\pm$ 2,01b	89,2			
	III	93,5 $\pm$ 3,19a	89,3 $\pm$ 6,36b	83,6 $\pm$ 5,82c	78,6 $\pm$ 6,97c	86,3			
Média		92,60	90,60	88,30	87,10				

MS, matéria seca (%); MM, matéria mineral (%); N, nitrogênio (%). T1, dieta basal (controle negativo); T2, dieta basal + bacitracina de zinco (controle positivo); T3, dieta basal + tanino condensado (1.000 g/ton); T4, dieta basal + tanino condensado (750 g/ton). Ciclo I, 62–90 dias de idade; Ciclo II, 91–118 dias de idade; Ciclo III, 119–146 dias de idade. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4. Discussão

4.1 Consumo alimentar e eficiência alimentar

O consumo de ração (CR) é um fator chave que influencia o desempenho produtivo e reprodutivo das aves, pois afeta diretamente a ingestão de nutrientes essenciais para a manutenção e a produção de ovos⁽¹³⁾. No presente estudo, o CR permaneceu estável ao longo dos ciclos de produção, indicando adaptação adequada das matrizes às dietas experimentais.

A melhor conversão alimentar por dúzia de ovos (CA/dz) foi observada durante o terceiro ciclo, coincidindo com uma ligeira redução no CR. Embora essa menor ingestão possa ter limitado parcialmente a produção reprodutiva, resultou em melhor conversão alimentar, refletindo um uso mais equilibrado de nutrientes para a formação e postura de ovos.

As matrizes alimentadas com 750 g/ton de taninos condensados de *A. mearnsii*, bem como aquelas que receberam a dieta controle positiva (bacitracina de zinco), alcançaram os melhores valores de CA/dz, indicando que a inclusão moderada de taninos favorece a conversão alimentar associada à produção de ovos.

Esses resultados sugerem que a inclusão controlada de taninos aumenta a utilização de nutrientes direcionada à produção de ovos sem comprometer a produtividade geral. Estudos anteriores também relataram que níveis otimizados de taninos de *A. mearnsii* melhoram a digestibilidade e a utilização de nutrientes, levando a um melhor desempenho zootécnico^(14–16).

Além disso, Liu et al.⁽³⁾ demonstraram que os taninos dessa espécie estimulam o crescimento de *Lactobacillus* e melhoram a absorção intestinal, o que pode explicar a maior conversão alimentar observada neste estudo, particularmente no nível de inclusão de 750 g/ton.

4.2 Desempenho reprodutivo e qualidade dos ovos

O PO foi maior no segundo ciclo de produção, coincidindo com maior consumo CR. De acordo com Guimarães et al.⁽¹⁷⁾, a redução do CR pode restringir o fornecimento de nutrientes essenciais, especialmente aminoácidos e proteínas, comprometendo potencialmente a deposição muscular e aumentando a suscetibilidade ao estresse térmico.

No presente estudo, os valores de PO permaneceram dentro da faixa esperada relatada por Albino e Barreto⁽¹⁸⁾. O PO adequado é crucial para o desenvolvimento embrionário, pois o peso do pintinho (PP) na eclosão representa aproximadamente 70 % do PO inicial⁽¹⁹⁾. Consequentemente, o maior PO durante o segundo ciclo provavelmente contribuiu para a melhoria da massa embrionária.

A TPO manteve-se consistentemente alta em todos os tratamentos, excedendo a faixa de 80%–85% descrita por Albino e Barreto⁽¹⁸⁾ para codornas europeias, mesmo sob condições de estresse térmico que tipicamente reduzem o CR⁽²⁰⁾.

As aves que receberam a dieta controle positiva (bacitracina de zinco) alcançaram a maior TPO, indicando que a substituição de antibióticos com inclusão moderada de taninos pode manter um desempenho produtivo comparável.

A TE foi mais alta no segundo ciclo, particularmente nas aves que receberam a dieta controle negativa. Altos níveis de inclusão de taninos (1.000 g/ton) pareceram comprometer o desenvolvimento embrionário, provavelmente devido à complexação dos taninos com proteínas e carboidratos da dieta e à inibição de enzimas digestivas⁽²¹⁾. Tais interações podem reduzir a biodisponibilidade de nutrientes e prejudicar a embriogênese, enfatizando a importância de otimizar a dosagem de taninos para equilibrar os efeitos antimicrobianos com a utilização de nutrientes.

4.3 Metabolismo do nitrogênio e sustentabilidade ambiental

Uma descoberta importante deste estudo foi a redução significativa na excreção de N com 1.000 g/ton de tanino condensado. Isso sugere melhor retenção de aminoácidos e redução do catabolismo proteico, o que pode diminuir os custos energéticos associados à excreção. Os taninos podem modular a microbiota intestinal e reduzir a atividade da urease, diminuindo assim a formação de amônia e promovendo uma utilização mais eficiente de N ⁽²¹⁾. De forma semelhante, Choi e Kim ⁽²²⁾ relataram que a suplementação com tanino reduziu os níveis de ureia e as emissões de amônia em aves, contribuindo para a melhoria da saúde intestinal e a redução da poluição ambiental. Do ponto de vista ambiental, a redução na excreção de N obtida com a inclusão de tanino representa uma vantagem estratégica em sistemas intensivos de produção avícola. Menores emissões de amônia melhoram a qualidade do ar e o bem-estar animal, ao mesmo tempo que contribuem para a redução dos impactos ambientais da produção ⁽²³⁾. Assim, a suplementação com tanino está alinhada com as metas atuais de sustentabilidade na produção animal.

5. Conclusão

Nas condições experimentais deste estudo, a inclusão de 750 g/ton de taninos condensados de *A. mearnsii* na dieta de matrizes de codornas de corte melhorou TPO, a CA/dz e a TE , particularmente durante o segundo e terceiro ciclos de produção. Este nível moderado de inclusão aumentou a utilização de nutrientes e o desempenho reprodutivo sem prejudicar a produtividade. Além disso, a redução na excreção de nitrogênio observada com a suplementação de taninos destaca sua potencial contribuição para a sustentabilidade ambiental em sistemas intensivos de avicultura. No geral, os taninos condensados de *A. mearnsii* representam uma alternativa natural promissora aos promotores de crescimento antibióticos na nutrição de matrizes de codornas.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de disponibilidade de dados

Os conjuntos de dados gerados e analisados durante o presente estudo não estão disponíveis publicamente devido a acordos de confidencialidade com a instituição privada envolvida na pesquisa. No entanto, dados anonimizados contendo apenas as variáveis independentes e dependentes podem ser disponibilizados pelo autor correspondente mediante solicitação razoável.

Contribuições do autor

Conceitualização: Custódio, D. K., Dalólio, F. S., Magalhães, A. F. B., Poletti, B., Pinheiro, S. R. F.; Curadoria de dados: Custódio, D. K., Magalhães, A. F. B.; Análise formal: Magalhães, A. F. B., Pinheiro, S. R. F.; Investigação: Custódio, D. K., Souza, K. O.; Metodologia: Custódio, D. K., Dalólio, F. S., Magalhães, A. F. B., Poletti, B., Pinheiro, S. R. F.; Aquisição de financiamento: Dalólio, F. S., Poletti, B., Pinheiro, S. R. F.; Recursos: Dalólio, F. S., Poletti, B., Pinheiro, S. R. F.; Gestão de projetos: Custódio, D. K., Pinheiro, S. R. F.; Visualização: Custódio, D. K., Ferreira, R. S., Pinheiro, S. R. F.; Supervisão: Dalólio, F. S., Poletti, B., Pinheiro, S. R. F.; Redação (rascunho original): Custódio, D. K., Ferreira, R. S., Pinheiro, S. R. F.; Redação (revisão e edição): Custódio, D. K., Ferreira, R. S., Magalhães, A. F. B.

Declaração de uso de IA generativa

Os autores não utilizaram ferramentas ou tecnologias generativas de inteligência artificial na criação ou edição de qualquer parte deste manuscrito.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq - Processo N 407667/2021-0.

Referências

1. Vieites FM, Souza CS, Varella GOM, Ferreira SE, Melo Júnior AM, Ferreira MH, Rocha VN, Nascimento HLS. Morphology and microbiota of broiler chickens fed diets containing essential oils: a review. Research, Society and Development. 2020;9(8):1-21. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5511>

2. Gresse R, Durand CF, Duniere L, Blanquet-Diot S, Forano E. Microbiota composition and functional profiling throughout the gastrointestinal tract of commercial weaning piglets. *Microbiome*. 2019;7:1-15. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090343>
3. Liu S, Wang K, Lin S, Zhang Z, Cheng M, Hu S, Huh X, Xiang J, Chen F, Li G. Comparison of effects among tannins extracted from different natural plants on growth performance, antioxidant capacity, immunity, and gut flora of broiler chickens. *Antioxidants*. 2023;12:1-26. <https://doi.org/10.3390/antiox12020441>
4. Huang Q, Liu X, Zhao G, Hu T, Wang XY. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*. 2018;4:137-150. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>
5. Godoy LG, Rodrigues NB, Agilar CJ, Biselo V, Brutti DD, Maysonnave SG, Stefanello C. Effects of *Acacia mearnsii* tannins on growth performance, footpad dermatitis, nutrient digestibility, intestinal permeability, and meat quality of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 2024;308:115875. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115875>
6. Cornescu GM, Vlaicu AP, Untea AE, Panaite TD, Oancea A, Mihaela A. The effects of diets incorporating natural sources of tannins on laying hens production performances and egg quality. *Archiva Zootechnica*. 2022;25(2):75-85. <https://doi.org/10.2478/azibna-2022-0015>
7. Brenes A, Roura E. Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*. 2010;158:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007>
8. Redondo LM, Chacana PA, Dominguez JE, Fernández Miyakawa ME. Perspectives in the use of tannins as alternatives to antimicrobial growth promoters in poultry. *Frontiers in Microbiology*. 2014;5:118. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00118>
9. Silva VHJ, Filho JJ, Costa GF, Lacerda BP, Vargas VGD, Lima RM. Nutritional requirements of quails. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2012;13:775-790. <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/kJDrVLb6cMr7p6hskmZKzj/?lang=pt>
10. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP; 2016.
11. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV; 2002.
12. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2023.
13. Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. ExpDes.pt: Experimental Designs package. R package version. Alfenas: Universidade Federal de Alfenas; 2014.
14. Redondo EA, Redondo LM, Bruzzone OA, Díaz Carrasco JM, Cabral C, Garces VM, Liñeiro MM, Fernández Miyakawa ME. Effects of a blend of chestnut and quebracho tannins on gut health and performance of broiler chickens. *PLoS One*. 2022;17:e0254679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254679>
15. Asghar MU, Rahman A, Hayat Z, Rafique MK, Badar IH, Yara K, Ijaz M. Exploration of *Zingiber officinale* effects on growth performance, immunity, and gut morphology in broilers. *Brazilian Journal of Biology*. 2023;83:e250296. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.250296>
16. Guimarães MCC, Furtado DA, Nascimento JWB, Tota LCA, Silva CM, Lopes KBP. Effect of season on the productive performance of quails in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2014;18:231-237. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000200015>
17. Albino LFT, Barreto SLT. Codornas: criação para produção de ovos e carne. Viçosa: Aprenda Fácil; 2003.
18. Schmidt GS, Figueiredo EAP, Saatkamp MG, Bomm ER. Effect of storage period and egg weight on embryo development and incubation results. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2009;11:1-5. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000100001>
19. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Euclides RF. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Viçosa: UFV; 2017.
20. Costa CTC, Bevilaqua CML, Moraes SM, Vieira LS. Taninos e sua utilização em pequenos ruminantes. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Veterinária*. 2008;4:108-116. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/534095>
21. Gasaly N, Gotteland M. Interference of dietary polyphenols with potentially toxic amino acid metabolites derived from the colonic microbiota. *Amino Acids*. 2022;54:311-324. <https://doi.org/10.1007/s00726-021-03034-3>
22. Choi IH, Kim HJ. Effects of dietary tannin supplementation on nitroge emission in poultry. *Animals*. 2020;10:2389. <https://doi.org/10.3390/ani10122389>
23. Santonja GG, Georgitzikis K, Scalet BM, Montobbio P, Roudier S. Best available techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/0063411>