



Caracterização qualitativa e quantitativa dos dejetos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo minerais e óleo de alecrim

Qualitative and quantitative characterization of waste layers fed diets containing mineral sources and rosemary oil levels

Kelly Cristina Nunes Carvalho¹ , Cristiane Almeida Neves Xavier¹ , Adriane de Andrade Silva² ,
Elis Regina de Moraes Garcia¹ , Danilo de Souza Sanches³ , Charles Kiefer³ , Tânia Mara Baptista dos Santos^{*1} 

1 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil

2 Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

3 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

*autor correspondente: tania@uems.br

Resumo: Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar fontes de minerais e de níveis do óleo de alecrim na dieta de poedeiras comerciais sobre as características qualitativas e quantitativas dos dejetos gerados. Os dejetos foram provenientes de 288 poedeiras comerciais da linhagem HyLine Brown (poedeiras semipesadas) com 30 semanas de idade, durante o período de 112 dias (4 ciclos de 28 dias). Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 2x3 com medidas repetidas no tempo (16 repetições), sendo duas fontes minerais (inorgânica e orgânica) e três níveis de óleo de alecrim (0, 100 e 200 mg kg⁻¹). Semanalmente os dejetos foram coletados, pesados e realizados os cálculos de produção de dejetos, coeficiente de resíduo (Cr) e as análises de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), pH, macro e microminerais. As fontes de minerais afetaram as características qualitativas dos dejetos. Os níveis de óleo de alecrim afetaram as características quantitativas e qualitativas do dejetos gerado. Concluiu-se que dietas contendo mineral orgânico resultam em dejetos com menor poder poluente por apresentar menores valores de ST, pH, N total e P total. O óleo de alecrim aumenta a produção de dejetos na MN e aumenta os valores de ST e SV nos dejetos das poedeiras causando maior impacto ambiental.

Palavras-chave: aditivos; mineral orgânico; resíduo; *Rosmarinus officinalis*

Abstract: The aim of this study was to evaluate mineral sources and levels of rosemary oil in the diet of commercial layers on the qualitative and quantitative characteristics of the waste generated. The manure was obtained from 288 commercial laying hens of the HyLine Brown lineage (semi-heavy layers) at 30 weeks of age, over a period of 112 days (4 cycles of 28 days). A completely randomized design was used with a 2x3 factorial scheme with repeated measures over time (16 repetitions), with two mineral sources (inorganic and organic) and three levels of rosemary oil (0, 100, and 200 mg kg⁻¹). The waste was collected weekly, weighed and the calculations of waste production, waste coefficient (WC) and analyses of total solids (TS), volatile solids (VS), pH, macro and microminerals were carried out. The mineral sources affected the quality characteristics of the manure. The levels of rosemary oil

Recebido: 31 de outubro, 2023. Aceito: 10 de abril, 2024. Publicado: 26 de julho, 2024.

affected the quantitative and qualitative characteristics of the waste generated. It was concluded that diets containing organic minerals result in waste with less polluting power, as it has lower ST, pH, total N and total P values. Rosemary oil increases manure production in the MN and increases the ST and SV values in the layers' manure, causing a greater environmental impact.

Keywords: additives; organic mineral; residue; *Rosmarinus officinalis*

1. Introdução

Os minerais quelatados vêm sendo descritos como um gargalo na avicultura, pois promovem maior absorção dos nutrientes devido a sua elevada biodisponibilidade, o que pode melhorar o desempenho das aves ⁽¹⁾. Esses minerais são uma mistura de elementos que podem ser ligados a moléculas de aminoácidos ou de polissacarídeos, e podem ser incluídos em pequenas quantidades nas dietas sem afetar negativamente o desempenho, além de diminuir a poluição ambiental por reduzir a excreção de minerais ⁽²⁾.

Do mesmo modo, as plantas aromáticas também têm sido estudadas com o intuito de melhorar o aproveitamento dos nutrientes, por promover a melhora da saúde intestinal das aves ⁽³⁾. O alecrim (*Rosmarinus officinalis*) possui compostos fenólicos como o ácido cafeico, carnosol, ácido carnósico e ácido rosmarínico, capazes de promover atividade antioxidante e modificar a microbiota intestinal, melhorando a digestibilidade e a absorção dos nutrientes por meio do estímulo a síntese de enzimas digestivas e pancreáticas ⁽⁴⁾.

A produção de aves gera acúmulos de grandes quantidades de dejetos diariamente, devido à elevada densidade de alojamento, que por sua vez, podem impactar negativamente o meio ambiente se manejados e tratados incorretamente, através da excreção excessiva de nitrogênio, fósforo e outros minerais ao ambiente, levando a deterioração dos sistemas aquáticos, emissão de gases de efeito estufa, e amônia responsável pela eutrofização e acidificação de ecossistemas ⁽⁵⁾.

A digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes, assim como o nível de nutrientes presentes na dieta, podem influenciar a quantidade de nutrientes excretados pelas aves. Desse modo, a quantificação e a caracterização dos dejetos fornecem informações importantes para o direcionamento do manejo e estratégias nutricionais a serem adotadas, sendo possível tomar decisões inteligentes com relação à sua aplicabilidade ⁽⁶⁾. Além disso, não há informações na literatura sobre o uso combinado de diferentes fontes minerais e o óleo de alecrim para poedeiras e seu impacto sobre os dejetos. Portanto, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos de duas fontes de minerais e níveis do óleo de alecrim em dietas de poedeiras comerciais sobre as características qualitativas e quantitativas dos dejetos gerados na produção.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de avicultura de postura e no Laboratório de Resíduos de Origem Animal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Aquidauana/MS, latitude 20°28'S, longitude 55°48'W e altitude de 184 metros.

Os dejetos foram provenientes de 288 poedeiras comerciais da linhagem Hyline Brown (poedeiras semipesadas) com 30 semanas de idade, durante o período de 112 dias (quatro ciclos de 28 dias). As aves foram alojadas duas a duas, em gaiolas de arames galvanizados com quatro divisões de 25 x 40 x 45 cm, em galpão experimental convencional de postura com cobertura de telhas de fibrocimento.

Foi utilizado bebedouro tipo canaleta, com água corrente percorrendo toda a extensão frontal das gaiolas. Os comedouros foram dispostos sob os bebedouros um para cada unidade experimental. Os bebedouros foram lavados diariamente e a ração fornecida *ad libitum* as aves.

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 2x3, sendo duas fontes minerais (inorgânica e orgânica), três níveis de óleo de alecrim (0, 100 e 200 mg kg⁻¹), com medidas repetidas no tempo. As repetições consistiram das semanas de coleta dos dejetos (16 semanas). As dietas experimentais foram baseadas em milho e farelo de soja e formuladas para serem isonutritivas (Tabela 1), a fim de atenderem as exigências nutricionais das aves segundo tabelas de exigência nutricional⁽⁷⁾. Os minerais utilizados na forma orgânica foram o Cu, Fe, Mn, Zn (complexo metal – aminoácido) e o Se (selênio levedura). A suplementação do óleo de alecrim foi realizada juntamente com a adição do suplemento mineral e vitamínico às dietas.

Os diferentes níveis de inclusão do suplemento mineral contendo minerais inorgânicos ou orgânicos ocorreram em função das diferenças nas concentrações dos minerais das fontes utilizadas. As aves foram adaptadas por 15 dias às dietas experimentais, sendo essas: D1- dieta com minerais inorgânicos (convencional) sem a adição de óleo de alecrim; D2- dieta com minerais inorgânicos com a adição de óleo de alecrim (100 mg kg⁻¹); D3- dieta com minerais inorgânicos com a adição de óleo de alecrim (200 mg kg⁻¹); D4- dieta com minerais orgânicos sem a adição de óleo de alecrim; D5- dieta com minerais orgânicos com a adição de óleo de alecrim (100 mg kg⁻¹); D6- dieta com minerais orgânicos com a adição de óleo de alecrim (200 mg kg⁻¹).

Para as coletas dos dejetos, semanalmente lonas plásticas foram colocadas abaixo das gaiolas, onde permaneciam por 24 horas. Para a determinação da produção de dejetos na matéria seca (MS) e matéria natural (MN) foi retirado excesso de ovos quebrados, penas e ração, e posteriormente realizou-se a pesagem. Determinou-se o potencial hidrogeniônico (pH) do dejetos "in natura" e realizaram-se as análises de verificação dos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) e macro e microminerais de cada amostra.

Tabela 1 Composições percentual e calculada das dietas experimentais basais

| Ingredientes | Mineral inorgânico** | Mineral orgânico** |
|---------------------|----------------------|--------------------|
| Milho | 62,08 | 62,08 |
| Farelo de soja, 45% | 25,34 | 25,34 |
| Óleo de soja | 0,45 | 0,45 |
| Calcário calcítico | 9,97 | 9,97 |
| Fosfato bicálcico | 1,09 | 1,09 |

| | | |
|------------------------------------|-------|-------|
| L-lisina HCl | 0,01 | 0,01 |
| DL-metionina | 0,22 | 0,22 |
| Sal comum | 0,49 | 0,49 |
| Premix mineral/vitamínico* | 0,15 | 0,35 |
| Inerte (caulim) | 0,20 | 0,00 |
| Valores calculados | | |
| EM, Kcal/kg | 2.750 | 2.750 |
| PB, % | 17,00 | 17,00 |
| Metionina + cistina digestíveis, % | 0,704 | 0,704 |
| Lisina digestível, % | 0,774 | 0,774 |
| Cálcio, % | 4,200 | 4,200 |
| Fósforo disponível, % | 0,300 | 0,300 |
| Ácido linoléico, % | 1,600 | 1,600 |

*Composição por kg de dieta: Vitamina A, 7.500 UI; Vitamina D₃, 2.000 UI; Vitamina E, 10 UI; Vitamina K₃, 1,8 mg; Ácido nicotínico, 25 mg; Ácido pantotênico, 10 mg; Vitamina B₆, 1,7 mg; Vitamina B₁₂, 0,0013 mg; Biotina, 0,05 mg; Colina, 220 mg; Cu, 11 mg; Fe, 35 mg; I, 1,1 mg; Mn, 77 mg; Se, 0,33 mg; Zn, 72 mg.

**A adição do óleo de alecrim (0, 100 e 200 mg kg⁻¹) foi realizada on top e misturada ao premix mineral/vitamínico.

Os teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) foram obtidos segundo a metodologia descrita em APHA⁽⁸⁾. Amostras dos dejetos coletados foram levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingirem peso constante para obtenção dos teores de ST. Para a determinação de SV, o material seco em estufa foi levado à mufla em cadinhos de porcelana previamente tarados, e mantidos a temperatura de 575°C por 2 horas, o material resultante foi pesado em balança analítica ($\pm 0,0001$ g), obtendo-se o peso das cinzas ou matéria mineral.

A produção de dejetos, expressa em kg ST ave⁻¹ dia⁻¹, foi calculada com os dados de pesagem dos dejetos (kg), número de aves alojadas, número de dias e teor de sólidos totais (ST) encontrado nos dejetos, como segue: Produção ST.ave⁻¹.dia⁻¹ = ((peso dejetos (kg)/aves)/dia) x ST(%). Para se verificar a eficiência do animal em transformar o alimento em produto final (kg ovos), em detrimento ao excretado, foi calculado o coeficiente de resíduo (CR), no qual se considerou a quantidade total de esterco produzido (base seca) em relação à produção de ovos em massa (kg kg⁻¹).

Para a quantificação de macro e micronutrientes, as amostras foram submetidas a digestão nitroperclórica e, posteriormente com os extratos obtidos foram determinados os teores de C, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, e Zn, em espectrofotômetro de absorção atômica de acordo com Bataglia et al.⁽⁹⁾. O N total foi obtido por meio da utilização do destilador de micro Kjeldahl, conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz⁽¹⁰⁾ e os teores de P total foram determinados por método colorimétrico, conforme metodologia descrita por Malavolta et al.⁽¹¹⁾. Os dados foram analisados estatisticamente pelo software livre R, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey utilizando-se 5% de significância.

3. Resultados e Discussão

As fontes de minerais e os níveis de óleo de alecrim não afetaram ($P>0,05$) a produção de dejetos na MS e o coeficiente de resíduo (Tabela 2). Para a produção de dejetos na MN observou-se interação ($P<0,05$) entre os fatores estudados, em que, a dieta com minerais inorgânicos associado ao nível de 200 mg kg^{-1} de óleo de alecrim promoveram maior produção de dejetos na MN ($0,118 \text{ kg por ave dia}^{-1}$).

Pode-se inferir que os resultados observados são inferiores aos encontrados por Garcia et al. ⁽¹²⁾, que observaram em poedeiras comerciais a produção média de dejetos frescos de $0,136 \text{ kg por ave dia}^{-1}$. Por outro lado, a produção de dejetos na MN foi superior ao encontrado por Augusto & Kuntz ⁽¹³⁾ trabalhando com dejetos de poedeiras em diferentes sistemas de criação ($0,06 \text{ kg por ave dia}^{-1}$). Segundo Augusto & Kuntz ⁽¹³⁾, para poedeiras criadas em sistema convencional a produção média foi de $0,017 \text{ kg de dejetos por ave dia}^{-1}$, valor este abaixo do encontrado no presente estudo. Por sua vez, o valor de coeficiente de resíduo obtidos no presente estudo ($0,46 \text{ kg de dejetos kg ovos}^{-1}$) é próximo ao encontrado por Orrico Jr. et al. ⁽¹⁴⁾ trabalhando com dejetos de poedeiras comerciais ($0,40 \text{ kg de dejetos kg ovos}^{-1}$), bem como por Garcia et al. ⁽¹²⁾ que evidenciaram o valor de $0,474 \text{ kg de dejetos kg ovos}^{-1}$.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as fontes de minerais e os níveis de óleo de alecrim sobre os ST, SV e N total. As diferentes fontes de minerais não interferiram ($P>0,05$) na composição dos dejetos frescos das aves. No entanto, observou-se efeito isolado entre os níveis de óleo de alecrim para ST e SV (Tabela 3), sendo que, os níveis de 100 e 200 mg kg^{-1} apresentaram os maiores valores de ST de $22,67$ e $22,40\%$, respectivamente. O nível de 100 mg kg^{-1} apresentou o maior teor de $17,27\%$ para SV.

Tabela 2 Produção de dejetos (MS e MN) e coeficiente de resíduo (Cr) por poedeiras comerciais alimentadas com fontes de minerais e níveis de óleo de alecrim

| Variável | Mineral | Níveis de óleo de alecrim (mg kg^{-1}) | | | | Valor de P | | | CV (%) |
|---|------------|---|--------|--------|-------|------------|---------|-----------|--------|
| | | 0 | 100 | 200 | Média | Mineral | Alecrim | Interação | |
| Produção $\text{kg dia}^{-1} \text{ ave}^{-1}$ (MS) | Inorgânico | 0,025 | 0,025 | 0,027 | 0,026 | 0,689 | 0,123 | 0,118 | 13,99 |
| | Orgânico | 0,025 | 0,026 | 0,025 | 0,025 | | | | |
| | Média | 0,025 | 0,025 | 0,026 | 0,026 | | | | |
| Produção $\text{kg dia}^{-1} \text{ ave}^{-1}$ (MN) | Inorgânico | 0,111b | 0,107b | 0,118a | 0,112 | 0,381 | 0,041 | 0,017 | 11,13 |
| | Orgânico | 0,109 | 0,117 | 0,114 | 0,114 | | | | |
| | Média | 0,110 | 0,112 | 0,116 | 0,113 | | | | |
| Cr ($\text{kg de dejetos kg ovos}^{-1}$) | Inorgânico | 0,460 | 0,450 | 0,480 | 0,470 | 0,869 | 0,843 | 0,268 | 6,40 |
| | Orgânico | 0,460 | 0,480 | 0,460 | 0,460 | | | | |
| | Média | 0,460 | 0,465 | 0,470 | 0,465 | | | | |

Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste Tukey ($P<0,05$).

Observaram-se médias de $22,27\%$ ST e $16,92\%$ de SV, valores estes inferiores ao de 31% encontrado por Augusto & Kuntz ⁽¹³⁾ e Ortiz et al. ⁽¹⁵⁾ $26,50\%$ ST e $19,83\%$ SV. Não houve efeito isolado ($P>0,05$) dos fatores estudados para N total. Ortiz et al. ⁽¹⁵⁾ trabalhando com dejetos

de poedeiras alimentadas com diferentes granulometrias de milho, encontraram 5,37% de N total, valor este próximo ao encontrado no presente trabalho (5,59%). Com relação aos valores médios de ST observados no presente estudo, podemos caracterizá-los como de elevada concentração de sólidos. Em geral, dejetos contendo teores muito elevados de ST podem afetar a eficiência da biodigestão com aumento do tempo de retenção do material. Segundo Zahan & Othman ⁽¹⁶⁾, o resíduo deve ter uma concentração não superior a 8% de ST para facilitar a circulação pelo interior da câmara de fermentação e evitar o entupimento dos canos de entrada e de saída do material nos biodigestores.

Os teores de SV encontrados no presente estudo demonstraram que o dejetos produzi-do apresentou grande quantidade de matéria orgânica em todos os tratamentos, uma vez que 76% do conteúdo de ST eram voláteis, este elevado conteúdo de MO pode causar impactos ambientais, quando não tratados adequadamente, sendo que grandes quantidades de matéria orgânica em corpos d'água, causam morte de organismos aquáticos, devido ao oxigênio presente na água serem utilizado para degradação da matéria orgânica presente no resíduo ⁽¹⁷⁾.

Houve interação ($P < 0,05$) entre as fontes de minerais e os níveis de óleo de alecrim para o pH e P total (Tabela 3), em que, os valores de pH para o mineral inorgânico foram maiores em todos os níveis de óleo de alecrim em relação ao mineral orgânico. Realizando o desdobramento da interação, os valores de pH entre os níveis de óleo de alecrim dentro do mineral inorgânico, demonstraram que os níveis de 0 e 200 mg kg⁻¹ foram os que apresentaram os maiores valores 5,62 e 5,65, respectivamente. Para os minerais orgânicos em relação aos níveis de óleo de alecrim, evidenciou-se que o nível de 0 mg kg⁻¹ foi o que apresentou o maior valor de pH, 5,52.

Tais valores diferem dos encontrados por Sanches *et al.* ⁽¹⁸⁾, que ao avaliarem o pH de dejetos frescos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas convencionais obtiveram um pH de 7,70. É interessante salientar que independente da fonte de minerais utilizada na alimentação de poedeiras comerciais do presente estudo, a inclusão de 100 mg kg⁻¹ de óleo de alecrim reduziu o pH dos dejetos, no entanto, quando o nível foi aumentado observou-se sutilmente um aumento no pH.

Segundo Kiehl ⁽¹⁹⁾, a MO crua de origem vegetal ou animal é naturalmente ácida a não ser que tenha recebido contaminações de material alcalino como calcários ou cinzas. Dessa forma, uma possivelmente justifica para os maiores valores de pH observados nos dejetos das aves alimentadas com minerais inorgânicos pode ser a inclusão do material inerte (caulim) uma vez que esse ingrediente foi utilizado apenas nas dietas contendo minerais inorgânicos. O pH é um parâmetro crítico nas excretas de aves, devendo ser analisado e controlado para evitar acidificação do meio. O pH dos dejetos de aves influencia o processo de volatilização da amônia na atmosfera. A taxa de volatilização é baixa, quando o pH é inferior a 7,5 o que favorece o acúmulo de íons H⁺ no dejetos aumentando a conversão de amônia em íon amônio que não é volátil ⁽²⁰⁾. Entretanto, a volatilização é alta quando o pH está acima de 8,0 e em condições úmidas e de alta temperatura das excretas ⁽²¹⁾.

Desta forma os valores de pH são importantes para a caracterização do resíduo produzido na avicultura, pois interferem na decomposição do dejetos, através do crescimento dos microrganismos responsáveis pela degradação, seja, de forma natural ou através de algum método de tratamento.

Em relação ao P total, houve interação ($P < 0,05$) entre os fatores estudados (Tabela 3), observou-se que as aves alimentadas com mineral inorgânico e suplementadas com o nível de 100 mg kg⁻¹ de óleo de alecrim, apresentaram maior concentração de P total nas fezes (2,15%) em relação as aves suplementadas com mineral orgânico e mesmo nível de óleo de alecrim. Ao avaliar o P total de dejetos de poedeiras comerciais, Ortiz *et al.* ⁽¹⁵⁾ verificaram valor de 1,32%, sendo este inferior aos encontrado no presente trabalho.

A maior excreção de P nos dejetos de aves alimentadas com dietas com minerais inorgânicos pode ser explicada pelo fato de que esses minerais são mais propensos a antagonismos no trato gastrintestinal devido a sua composição química, além de interações negativas com outros componentes da dieta, o que dificulta o aproveitamento desses minerais pelo animal, reduzindo a biodisponibilidade de outros nutrientes e levando frequentemente a sua excreção e deficiências nutricionais ⁽²²⁾.

Tabela 3 Características físico-químicas dos dejetos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo fontes minerais e níveis de óleo de alecrim.

| Variável | Mineral | Nível de Óleo de Alecrim (mg kg ⁻¹) | | | | Valores de P | | | CV (%) |
|------------|------------|---|--------|--------|-------|--------------|---------|-----------|--------|
| | | 0 | 100 | 200 | Média | Mineral | Alecrim | Interação | |
| ST, % | Inorgânico | 21,72 | 22,91 | 22,53 | 22,39 | 0,052 | 0,005 | 0,174 | 2,06 |
| | Orgânico | 21,75 | 22,43 | 22,28 | 22,15 | | | | |
| | Média | 21,73b | 22,67a | 22,40a | 22,27 | | | | |
| SV, % | Inorgânico | 16,35 | 17,22 | 17,04 | 16,87 | 0,492 | 0,009 | 0,858 | 2,42 |
| | Orgânico | 16,56 | 17,32 | 17,05 | 16,98 | | | | |
| | Média | 16,45c | 17,27a | 17,05b | 16,92 | | | | |
| pH | Inorgânico | 5,62aA | 5,45bA | 5,65aA | 5,58 | <0,001 | <0,001 | 0,001 | 1,86 |
| | Orgânico | 5,52aB | 5,37cB | 5,45bB | 5,45 | | | | |
| | Média | 5,57 | 5,42 | 5,56 | 5,51 | | | | |
| N Total, % | Inorgânico | 5,51 | 5,83 | 6,05 | 5,79 | 0,090 | 0,054 | 0,138 | 4,95 |
| | Orgânico | 5,62 | 5,32 | 5,80 | 5,58 | | | | |
| | Média | 5,56 | 5,57 | 5,92 | 5,58 | | | | |
| P Total, % | Inorgânico | 2,09 | 2,15A | 2,01 | 2,08 | 0,044 | 0,138 | 0,006 | 2,67 |
| | Orgânico | 2,05 | 2,01B | 2,07 | 2,04 | | | | |
| | Média | 2,07 | 2,08 | 2,04 | 2,06 | | | | |

Letras minúsculas/ minúsculas na linha/coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

ST (sólitos totais), SV (sólidos voláteis), pH (potencial hidrogeniônico), N (nitrogênio) e P (fósforo).

Observou-se que as fontes de minerais e os níveis de óleo de alecrim não alteraram ($P > 0,05$) os teores de C, Ca, Mg, Fe e Cu dos dejetos de poedeiras (Tabela 4). Entretanto, observou-se efeito ($P < 0,05$) das dietas no teor de Zn dos dejetos, em que a dieta contendo

minerais orgânicos e sem óleo de alecrim apresentou maior nível de excreção de Zn (528 mg kg⁻¹) nos dejetos e a dieta contendo minerais inorgânicos com 200 mg kg⁻¹ de óleo de alecrim apresentou o menor teor de Zn (462 mg kg⁻¹) nos dejetos. Estudos evidenciaram que a suplementação dietética de baixas doses de minerais orgânicos (ferro, cobre, manganês e zinco) em dietas de poedeiras comerciais em postura, reduziu a excreção de minerais ⁽²³⁾. Tal fato não foi observado no presente estudo, considerando que as aves alimentadas com a dieta com mineral orgânico sem óleo de alecrim excretaram maiores teores de Zn nos dejetos, levando a hipótese de que esse efeito pode estar relacionado ao maior nível de inclusão de minerais orgânicos utilizados no presente estudo.

Tabela 4 Teores de macro e microminerais dos dejetos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo fontes de minerais e níveis de óleo de alecrim

| Dietas | g/100g | | | mg kg ⁻¹ | | | |
|--|--------|-------|-------|---------------------|-------|------------------|-------|
| | C | Ca | Mg | Fe | Cu | Zn | Mn |
| Minerais inorgânicos (MI) | 38,58 | 1,68 | 0,18 | 1959 | 111 | 470ab | 566 |
| MI+óleo de alecrim 100 mg kg ⁻¹ | 39,20 | 1,58 | 0,18 | 2219 | 97 | 475ab | 566 |
| MI+óleo de alecrim 200 mg kg ⁻¹ | 39,75 | 1,51 | 0,18 | 2213 | 83 | 462b | 560 |
| Minerais orgânicos (MO) | 39,67 | 1,88 | 0,21 | 1949 | 92 | 528 ^a | 554 |
| MO+óleo de alecrim 100 mg kg ⁻¹ | 39,59 | 1,55 | 0,17 | 2998 | 139 | 526ab | 522 |
| MO+óleo de alecrim 200 mg kg ⁻¹ | 40,14 | 1,54 | 0,18 | 2351 | 91 | 515ab | 558 |
| Valor de P | 0,146 | 0,195 | 0,330 | 0,504 | 0,513 | 0,016 | 0,669 |
| Coefficiente de variação, % | 1,96 | 13,33 | 11,35 | 35,49 | 42,77 | 6,01 | 7,43 |

Letras minúsculas/ minúsculas na linha/coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4. Conclusão

As fontes de minerais não afetam a quantidade de dejetos excretados por poedeiras comerciais. Dietas contendo mineral orgânico resultam em dejetos com menor poder poluente por apresentar menores valores de ST, pH, N total e P total. O óleo de alecrim aumenta a produção de dejetos na MN e aumenta os valores de ST e SV nos dejetos das poedeiras causando maior impacto ambiental.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Contribuições do autor

Conceitualização: T. M. B. Santos e E. R. M. Garcia. Curadoria de dados: T. M. B. Santos, C. A. N. Xavier e K. C. N. Carvalho. Análise formal: T. M. B. Santos, C. A. N. Xavier, K. C. N. Carvalho, C. Kiefer e E. R. M. Garcia. Investigação: T. M. B. Santos, C. A. N. Xavier e K. C. N. Carvalho. Metodologia: T. M. B. Santos e E. R. M. Garcia. Administração do projeto: T. M. B. Santos. Supervisão: T. M. B. Santos. Escrita original: K. C. N. Carvalho. Revisão e edição: K. C. N. Carvalho, C. A. N. Xavier, A. A. Silva, E. R. M. Garcia, D. S. Sanches, C. Kiefer e T. M. B. Santos.

Referências

1. Bhagwat, VG, Balamurugan E, Rangesh P. Cocktail of chelated minerals and phyto-genic feed additives in the poultry industry: A review. *Veterinary World*. 2021; 14(2): 364. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.364-371>

2. Zafar MH, Fatima M. Efficiency comparison of organic and inorganic minerals in poultry nutrition: a review. *PSM Veterinary Research*. 2018; 3(2): 53-59. <https://psmjournals.org/index.php/vetres/article/view/264>
3. Orzuna-Orzuna JF, Lara-Bueno A. Essential oils as a dietary additive for laying hens: performance, egg quality, antioxidant status, and intestinal morphology: a meta-analysis. *Agriculture*. 2023; 13(7): 1294. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071294>
4. Petricevic V, Lukic M, Skrbic Z, Rakonjac S, Doskovic V, Petricevic M, Stanojkovic A. The effect of using rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in broiler nutrition on production parameters, slaughter characteristics, and gut microbiological population. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2018; 42(6): 658-664. <https://doi.org/10.3906/vet-1803-53>
5. Kebreab E, Liedke A, Caro D, Deimling S, Binder M, Finkbeiner M. Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A lifecycle assessment. *Journal of Animal Science*. 2016; 94 (6): 2664-2681. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9036>
6. Ashworth AJ, Chastain JP, Moore PA. Nutrient characteristics of poultry manure and litter. *Animal manure: Production, characteristics, environmental concerns, and management*. 2020; 67(1): 63-87. <https://doi.org/10.2134/aspectpub67.c5>
7. Rostagno HS, Albino LFT, Donzelle J, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira, AS, Barreto SLT, Euclides RF. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3ª Ed. Viçosa: UFV; 2011. 252p.
8. Apha - American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 24th ed. Washington DC: APHA, AWWA, WEF, 2023, 1624p.
9. Bataglia OG, Furlani AMC, Teixeira JPF, Gallo JR. *Métodos de análise química de plantas*. 78 ed. Campinas: Instituto Agrônomo; 1983. 48p. Portuguese.
10. Silva DJ, Queiroz AC. *Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ª Ed. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV; 2002. 235p.
11. Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA. Micronutrientes, uma visão geral. In: Ferreira ME, Cruz MC. *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.1-33.
12. Garcia ERM, Cruz FK, Santos TMB, Barbosa Filho JA, Gomes FOC, Xavier CAN. Characterisation and quantification of laying waste of fed with different corn particle size. *Archivos de zootecnia*. 2016; 65(250): 191-195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49545852012>
13. Augusto, KVZ; Kunz, A. Tratamento de dejetos de aves poedeiras comerciais. In: Palhares JC, Kunz, A, editors. *Manejo ambiental na avicultura*. Concórdia: Embrapa suínos e aves. 2011, 153-174p.
14. Orrico Junior MAP, Orrico ACA, Lucas Junior J. Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. *Engenharia Agrícola*. 2011; 31(2): 399-410. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200020>
15. Ortiz FCG, Cappi N, Santos TMB, Silva PP. Teores de fósforo, nitrogênio e sólidos em dejetos de poedeiras alimentadas com milho com diferentes granulometrias. 5º Simpósio Sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal, Corumbá- MS, 2010.
16. Zahan Z, Othman MZ. Effect of pre-treatment on sequential anaerobic co-digestion of chicken litter with agricultural and food wastes under semi-solid conditions and comparison with wet anaerobic digestion. *Bioresource technology*. 2019; 281(1): 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.129>
17. Afonso ARE, Foltin JP. A substituição da análise de demanda química de oxigênio (DQO) pela de carbono orgânico total (TOC) e elaboração de um fator (K) para conversão dos resultados das técnicas em efluentes industriais. *Revista Brasileira de Processos Químicos*. 2023; 4(1): 26-50. <https://www.fateccampinas.com.br/rbpq/index.php/rbpq/article/view/32>
18. Sanches DS, Garcia ERM, Santana PG, Andrade GC, Salmazzo GR. Aditivos no tratamento de dejetos de poedeiras comerciais. *Research, Society and Development*. 2021; 10(1): e19410111229-e19410111229. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11229>

19. Kiehl EJ. Manual de compostagem maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Editora Degaspari, 1998, 171p.
20. Toppel K, Kaufmann F, Schön H, Gaulty M, Andersson R. Effect of pH lowering litter amendment on animal-based welfare indicators and litter quality in a European commercial broiler husbandry. *Poultry Science*. 2019; 98(3): 1181-1189. <https://doi.org/10.3382/ps/pey489>
21. Sousa FC, Tinôco IFF, Paula MO, Silva AL, Souza CF, Batista FJF, Barbari M. Medidas para minimizar a emissão de amônia na produção de frangos de corte: revisão. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*. 2016, 10(1): 51-61. <https://doi.org/10.18011/bioeng2016v10n1p51-61>
22. Wang G, Liu LJ, Tao WJ, Xiao ZP, Pei X, Liu BJ, Ao TY. Effects of replacing inorganic trace minerals with organic trace minerals on the production performance, blood profiles, and antioxidant status of broiler breeders. *Poultry science*. 2019; 98(7): 2888-2895. <https://doi.org/10.3382/ps/pez035>
23. Qiu J, Lu X, Ma L, Hou C, He J, Liu B, Xu J. Low-dose of organic trace minerals reduced fecal mineral excretion without compromising performance of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020; 33(4): 588. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0270>