

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-graduação em Zootecnia



Dissertação

**Suplementação de metionina e cálcio em dietas reformuladas para poedeiras
Embrapa 051**

Juliana da Silva Camacho

Pelotas, 2023.

Juliana da Silva Camacho

Suplementação de metionina e cálcio em dietas reformuladas para poedeiras
Embrapa 051

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Victor Fernando Buttow Roll

Co-orientador: Pesq. Dr. Valdir Silveira de Avila

Pelotas, 2023.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C172s Camacho, Juliana da Silva

Suplementação de metionina e cálcio em dietas reformuladas para poedeiras Embrapa 051 / Juliana da Silva Camacho ; Victor Fernando Buttow Roll, orientador ; Valdir Silveira de Avila, coorientador. — Pelotas, 2023.

31 f.

Dissertação (Mestrado) — Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. Aminoácidos. 2. Ovos de dupla gema. 3. Peso corporal. 4. Taxa de postura. I. Roll, Victor Fernando Buttow, orient. II. Avila, Valdir Silveira de, coorient. III. Título.

CDD : 636.514

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Juliana da Silva Camacho

Suplementação de metionina e cálcio em dietas reformuladas para poedeiras
Embrapa 051

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas

Data da defesa: 31 de agosto de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Victor Fernando Buttow Roll.
Doutor em Produção Animal pela Universidade de Zaragoza.

Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier.
Ph.D. em Animal Sciences pela University of Kentucky.

Prof. Dra. Fabiane Pereira Gentilini.
Doutora em Fisiopatologia da reprodução pela Universidade Federal do Rio Grande
do Sul.

Dra. Aline Arassiana Piccini Roll.
Doutora em Nutrição Animal pela Universidade Federal de Pelotas.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Victor Fernando Büttow Roll, pela extrema paciência, confiança e todos os ensinamentos passados ao longo do mestrado.

Ao meu co-orientador Pesq. Dr. Valdir Silveira de Avila e a minha colega Diciane Zeni Giehl e a Granja Gross pela parceria.

Ao meu amado filho, Joaquim Camacho, dedico este trabalho integralmente à ti, que é a minha maior fonte de força e vontade de vencer, sem você eu não teria conseguido chegar até aqui. Te amo, infinitamente!

Aos meus pais, Cleusa e Hamilton, aos meus irmãos, e todos os amigos pelo apoio e carinho nos momentos mais difíceis, em especial as minhas amigas Patrícia Rosa e Bianca Ávila, minhas maiores incentivadoras.

A todos, o meu muito obrigada!

Resumo

CAMACHO, Juliana da Silva. **Suplementação de metionina e cálcio em dietas reformuladas para poedeiras Embrapa 051**. Orientador: Victor Fernando Buttow Roll. 2023. 31f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da suplementação com metionina e cálcio em dietas ricas em proteína bruta (PB) sobre as características produtivas e qualidade de ovos de poedeiras da linhagem híbrida Embrapa (E051). Um total de 860 poedeiras foram utilizadas, divididas em quatro tratamentos: T1 (dieta controle 15% PB), T2 (15% PB + Cálcio), T3 (19% PB + Metionina) e T4 (19% PB + Cálcio e Metionina). O experimento abrangeu o período de 20 a 65 semanas de idade das aves. A suplementação de metionina em conjunto com cálcio em dietas com 19% de PB aumentou significativamente a taxa de produção de ovos, atingindo seu pico na 30ª semana. Obtendo as maiores taxas de produção em comparação com o grupo controle ou com as aves suplementadas com cálcio em dietas com 15% PB. Observou-se ainda que o peso dos ovos foi significativamente maior nas semanas 36 e 65 em aves recebendo 19% PB e suplementadas com a combinação de metionina e cálcio. O peso corporal das aves ao final do período experimental (65 semanas de idade) foi influenciado positivamente em comparação com o grupo controle. As taxas de mortalidade não foram afetadas pela suplementação com cálcio e metionina e reformulação das dietas. A suplementação influenciou o comportamento de postura, com as aves que receberam apenas metionina ou a combinação de metionina e cálcio apresentando uma tendência reduzida de postura de ovos no chão. No entanto, observou-se que a suplementação combinada de metionina e cálcio em dietas com 19% PB aumentou a ocorrência de ovos com deformidades e com duas gemas. Em suma, os resultados deste estudo indicam que a suplementação das poedeiras Embrapa 051 com a combinação de metionina e cálcio em dietas com 19% PB pode melhorar a taxa de postura, o peso dos ovos e o peso corporal das aves ao final do ciclo de postura, sem afetar significativamente a mortalidade. Por outro lado, a suplementação conjunta de metionina e cálcio em dietas com 19% PB pode resultar em uma maior proporção de ovos com duas gemas e deformados. Entretanto, conforme os resultados apresentados, do ponto de vista da avicultura industrial, os benefícios da suplementação com cálcio e metionina em dietas com 19% PB são mais significativos e importantes de que os pontos negativos observados.

Palavras-chave: aminoácidos, ovos de dupla gema, peso corporal, taxa de postura.

Abstract

CAMACHO, Juliana da Silva. **Supplementation of methionine and calcium in reformulated diets for Embrapa 051 laying hens**. Advisor: Victor Fernando Buttow Roll. 2023. Thesis (Master of Science) – Graduate Program in Animal Science, Eliseu Maciel College of Agronomy, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

This study aimed to evaluate the effects of supplementation with methionine and calcium in high crude protein (CP) diets on the productive characteristics and egg quality of Embrapa hybrid layers (E051). A total of 860 layers were used, divided into four treatments: T1 (control diet 15% CP), T2 (15% CP + Calcium), T3 (19% CP + Methionine), and T4 (19% CP + Calcium and Methionine). The experiment covered the period from 20 to 65 weeks of age of the birds. Supplementation of methionine in conjunction with calcium in 19% CP diets significantly increased the egg production rate, reaching its peak in the 30th week. It achieved higher production rates compared to the control group or birds supplemented with calcium in 15% CP diets. Furthermore, egg weight was significantly higher in weeks 36 and 65 in birds receiving 19% CP and supplemented with the combination of methionine and calcium. The body weight of the birds at the end of the experimental period (65 weeks of age) was positively influenced compared to the control group. Mortality rates were not affected by calcium and methionine supplementation and diet reformulation. Supplementation influenced laying behavior, with birds receiving only methionine or the combination of methionine and calcium showing a reduced tendency to lay eggs on the ground. However, it was observed that combined supplementation of methionine and calcium in 19% CP diets increased the occurrence of eggs with deformities and double yolks. In summary, the results of this study indicate that supplementation of Embrapa 051 layers with the combination of methionine and calcium in 19% CP diets can improve the laying rate, egg weight, and body weight of birds at the end of the laying cycle without significantly affecting mortality. On the other hand, joint supplementation of methionine and calcium in 19% CP diets may result in a higher proportion of eggs with double yolks and deformities. However, according to the results presented, from the perspective of the poultry industry, the benefits of calcium and methionine supplementation in 19% CP diets are more significant and important than the observed drawbacks.

Keywords: amino acids, double-yolked eggs, body weight, laying rate.

Lista de figuras

Figura 1	Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre a taxa de produção de ovos ao longo do ciclo de postura em poedeiras Embrapa 051.....	18
Figura 2	Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o peso corporal em poedeiras Embrapa 051 ao longo do ciclo produtivo.....	19
Figura 3	Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre a taxa de mortalidade ao final do período experimental (65 semanas de idade) em poedeiras Embrapa 051.....	20
Figura 4	Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o peso de ovos ao longo do ciclo de postura em poedeiras Embrapa 051.....	21
Figura 5	Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o número de ovos postos no ninho e no chão às A) 9:00h, B) 11:00h, C) 14:00h e D) 17:00h no período de 22 a 34 semanas de vida.....	23
Figura 6	Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o número de ovos A) duas gemas, B) deformados e C) trincados no período de 22 a 34 semanas de vida.....	26

Lista de Tabelas

Tabela 1	Ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.....	12
Tabela 2	Efeitos significativos da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre a produção (%) de ovos em poedeiras Embrapa 051 (médias $\pm$ desvio padrão)	17

SUMÁRIO

1 Introdução	9
2 Material e métodos	11
2.1 Localização, animais e instalações	11
2.2 Dietas e delineamento experimental	11
2.3 Desempenho produtivo	12
2.4. Análise estatística	13
3 Resultados e discussão	15
3.1. Taxa de postura	15
3.2. Peso das aves	18
3.3. Mortalidade	19
3.4. Peso dos ovos	20
3.3. Número de ovos postos nos ninhos ou no chão	21
3.4. Número de ovos duas gemas, deformados e trincados	24
4 Conclusão	27
5 Referências	28

1 Introdução

A avicultura de postura é um dos setores de produção de proteína animal em destaque no Brasil. Com base no relatório anual de 2023 divulgado pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a produção de ovos no Brasil foi de mais de 52 bilhões de unidades. O relatório também indica que aproximadamente 99,56% da produção nacional de ovos foi direcionada ao mercado interno, sendo apenas 0,44% destinado à exportação. Já o consumo *per capita*, foi de 241 ovos no mesmo ano.

A produção de ovos no Brasil é realizada em diferentes sistemas de criação, que vão desde a produção em pequena escala em propriedades rurais até grandes instalações industriais (AMARAL et al., 2016).

A seleção das raças de galinhas desempenha um papel fundamental no êxito de empreendimentos na produção de ovos. Objetivos diversos requerem características distintas das aves, as quais influenciam diretamente a competitividade do negócio.

No Brasil, se tratando de galinhas poedeiras criadas em sistema de confinamento, são usadas as linhagens importadas, tais como *Hisex*, *Lohmann*, *Isa* e *Hy-Line*. Já quando se fala em pequenas e médias criações, como na agricultura familiar, uma das linhagens que pode ser encontrada em todo o país é a EMBRAPA 051 que apresenta dupla finalidade (produção de ovos e carne).

As galinhas da linhagem Embrapa 051, são resultado de um cruzamento entre duas raças, *Rhode Island Red* e *Plymouth Rock White*, selecionadas na Embrapa Suínos e Aves. Essas aves foram criadas com ênfase na produção de ovos de mesa com casca marrom e são especialmente adaptadas para sistemas de criação menos intensivos. Possuem uma plumagem marrom escura, são altamente produtivas, têm uma vida útil longa e são resistentes (SOUZA et al., 2011).

A postura começa às 20 semanas e continua até às 90 semanas, com uma capacidade potencial de produção de 345 ovos por ave ao longo do ciclo produtivo. O pico de produção de 90% é atingido por volta das 30 semanas, e o peso médio dos ovos supera 56 g. No final do período de produção, quando as aves atingem um peso corporal de aproximadamente 2,385 kg, elas também podem ser utilizadas para o consumo de carne, o que representa uma recuperação financeira equivalente ao preço de compra das pintainhas para o produtor (ÁVILA et al., 2017).

No entanto, para garantir a saúde e a produtividade dessas aves, é essencial fornecer-lhes uma dieta equilibrada, rica em nutrientes, com o cálcio sendo um dos

minerais mais essenciais (ARAUJO et al., 2008). Também é importante atender às necessidades de aminoácidos das aves em cada fase de produção de ovos (BAIÃO; LARA, 2005).

O cálcio é essencial para a formação da casca do ovo e para a saúde óssea e reprodutiva das poedeiras (SOARES, 1984). É importante salientar que o organismo das aves não pode sintetizar cálcio, o que significa que seu único meio de obter esse mineral é através de sua dieta. Da mesma forma os aminoácidos desempenham um papel fundamental na produção de ovos e devem ser fornecidos via dieta (COSTA et al., 2014).

Os aminoácidos são necessários para a formação da clara do ovo, da gema e da casca. Eles são necessários para o desenvolvimento e crescimento adequados dos tecidos embrionários, para a produção de enzimas e hormônios envolvidos na reprodução, além de fornecerem energia para as funções metabólicas (CARVALHO, 2017).

Existem aminoácidos essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais são aqueles que o organismo da ave não consegue sintetizar em quantidade suficiente, e, portanto, devem ser obtidos por meio da alimentação. Alguns exemplos de aminoácidos essenciais incluem a metionina, lisina, treonina e arginina (SILVA et al., 2010). A deficiência de aminoácidos essenciais pode resultar em um impacto negativo na qualidade e quantidade dos ovos produzidos.

A metionina representa um aminoácido essencial com enxofre e desempenha um papel crucial na nutrição das aves. Sua disponibilidade muitas vezes se torna restrita, principalmente devido à formulação convencional das rações avícolas, que consiste em uma combinação de milho e farelo de soja. Essa combinação pode não suprir as demandas necessárias desse aminoácido, resultando em impactos negativos nas características de produção e reprodução das aves (DAENNER; BASSEI, 2003)

Portanto, garantir um fornecimento adequado de aminoácidos na dieta das aves é fundamental para promover a produção de ovos saudáveis e de alta qualidade (BRUMANO et al., 2010).

Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da suplementação com cálcio e metionina em dietas reformuladas para 19% de proteína bruta sobre as características produtivas e qualidade de ovos de poedeiras da linhagem híbrida Embrapa 051.

2 Material e métodos

Os métodos e protocolos para este experimento foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da EMBRAPA – Suínos e Aves, Concórdia, Santa Catarina.

2.1 Localização, animais e instalações

O experimento foi realizado na Granja Gross, uma unidade de produção e classificação de ovos caipira, é caracterizado como uma Granja familiar, localizada no município de Ouro, em Santa Catarina. A pesquisa foi desenvolvida em parceria com a Embrapa Suínos e Aves, localizada no município de Concórdia, Santa Catarina.

Foram utilizadas 860 poedeiras da linhagem híbrida Embrapa 051, alojadas às 16 semanas de idade e distribuídas em 20 boxes com 43 aves cada. Todos os boxes continham comedouro, bebedouros e ninho com seis bocas, configurando uma criação em sistema semiconfinado.

Até às 19 semanas de idade as aves receberam uma dieta única de pré-postura e a partir da 20ª semana passaram a receber as dietas experimentais, dando início ao experimento.

2.2 Dietas e delineamento experimental

As dietas experimentais foram elaboradas a base de milho e farelo de soja como os principais componentes. A formulação da dieta seguiu o perfil de proteína ideal, conforme as diretrizes das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011).

O experimento compreendeu de 20 a 65 semanas de idade das aves e os tratamentos foram T1) dieta controle com 15% PB, T2) 15% PB + Cálcio, T3) 19% PB + Metionina, T4) 19% PB + Cálcio e Metionina conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Dieta Controle 15% PB	15% PB + Cálcio	19% PB + Metionina	19% PB + Cálcio e Metionina
Milho grão	60,0000	56,4754	48,7616	43,7688
Farelo de soja	20,2958	21,3934	31,4221	32,2624
Calcário	8,9094	11,4049	8,8435	11,3541
Farelo de trigo	6,4114	5,0000	5,0000	5,0000
Óleo de soja	2,7570	4,0766	4,3337	5,9622
Fosfato bicálcico	0,6902	0,7273	0,6502	0,6576
Sal comum	0,3996	0,4007	0,3976	0,3984
¹ Premix	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
DL-metionina	0,1049	0,1087	0,1784	0,1834
² Seq de micotoxinas	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
L-lisina HCL	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
BHT	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
³ Fitase	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Nutricional Calculada				
EM kcal/kg	2800	2800	2800	2800
PB, %	15,00	15,00	19,00	19,00
Pdisp, %	0,35	0,35	0,35	0,35
Ca, %	3,70	4,65	3,70	4,65
Na, %	0,17	0,17	0,17	0,17
Cl, %	0,17	0,17	0,17	0,17
Ac, Linoleico, %	1,50	1,50	1,50	1,50
Colina, mg/kg	1130	1130	1130	1130
Lisina dig, %	0,68	0,68	0,85	0,85
Met dig, %	0,34	0,34	0,43	0,43
Met+Cis dig, %	0,61	0,61	0,77	0,77
Treo dig, %	0,49	0,49	0,61	0,61
Trip dig, %	0,15	0,15	0,19	0,19
Arg dig, %	0,69	0,69	0,69	0,69
Isso dig, %	0,55	0,55	0,55	0,55
Val dig, %	0,62	0,62	0,62	0,62

¹Ovotec Matriz P-3®: Composição mínima por quilo de produto: Cobre: 3330mg; Ferro: 16.65g; Manganês: 33g; Selênio: 100mg; Zinco: 33.3g; Vitamina A: 4000800UI; Vitamina D3: 1000200UI; Vitamina E: 30000UI; Vitamina K3: 1674mg; Vitamina B1: 980.2mg; Vitamina B2: 4000mg; Vitamina B6: 1633.7mg; Vitamina B12: 10000mcg; Ácido fólico: 1060mg; Ácido pantotênico: 4980mg; Niacina: 16g; Biotina: 100mg; Colina: 140.6g; Iodo: 660mg; 2MastersorbGold®; 3Natuphos®: 10000 FTU.

2.3 Desempenho produtivo

As galinhas foram pesadas por meio de balanças digitais sendo que o peso total foi dividido pelo número de animais presentes em cada boxe experimental obtendo-se assim o peso médio das aves.

Para determinar a taxa de postura de ovos a produção semanal de ovos foi coletada e dividida pelo número de animais alojados em cada boxe experimental. A mortalidade das aves foi monitorada por meio de anotações diárias.

Durante as segundas-feiras, todos os ovos produzidos no dia anterior foram pesados individualmente usando uma balança digital de alta precisão (0,01 g), a fim de calcular os pesos médios dos ovos. No decorrer de cada dia, os ovos foram coletados em quatro momentos distintos: às 09:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas. Para cada horário de coleta, foram registrados o número total de ovos produzidos, assim como a sua localização (no ninho ou no chão). Além disso, um observador experiente e treinado classificava os ovos visualmente quanto à sua condição em normais, trincados, deformados ou de gemas duplas.

Dessa forma, foi realizada uma abordagem sistemática para avaliar o peso das aves, a produção de ovos, a mortalidade e as características dos ovos ao longo do ciclo de postura.

As aves foram pesadas por boxes utilizando-se uma balança digital (precisão 0,5 g), dividido o peso total das aves pelo número de animais dos boxes para a obtenção de seus pesos médios. A taxa de postura de ovos, medida em porcentagem (%) foi adquirida através da produção semanal e dividida pelo número de animais do boxe e a mortalidade alcançava-se através de anotações diárias.

Durante as segundas-feiras foram pesados individualmente em balança digital (precisão 0,01 g) todos os ovos produzidos no dia anterior para a obtenção do seu peso médio. Diariamente coletava-se os ovos em 4 horários diferentes, sendo às 09:00, às 11:00, às 14:00 e as 17:00 horas, anotando-se o total de ovos produzidos, postos no ninho e ou no chão em cada horário, juntamente com a ajuda visual de uma pessoa treinada e especializada anotava-se os ovos normais, trincados, deformados e de duas gemas por boxes.

2.4. Análise estatística

Foram ajustados modelos lineares para estimar a porcentagem de produção e peso dos ovos, peso corporal e taxa de mortalidade, considerando os tratamentos e a idade das aves em semanas, bem como a interação entre esses fatores, como variáveis preditoras.

Para verificar as pressuposições dos modelos, foram realizados os seguintes testes: teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* para avaliar a normalidade dos resíduos,

teste de *Levene* para avaliar a homogeneidade das variâncias e teste de *Breusch-Pagan* para avaliar a heteroscedasticidade (homogeneidade da variância do erro).

Após o ajuste dos modelos, todos os tratamentos foram comparados por meio das médias marginais estimadas (*emmeans*), utilizando o teste de *Tukey* como fator de correção para comparações múltiplas de médias. Para calcular os intervalos de confiança de 95% (IC) das médias das variáveis de desempenho produtivo das aves, foi utilizada a aproximação de *Wald*.

As associações entre as frequências de postura de ovos no ninho ou no chão, ovos trincados, ovos com duas gemas e ovos deformados no período de 22 a 34 semanas, com os tratamentos, foram testadas por meio do teste de qui-quadrado de *Pearson*.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando a versão 4.2.1 do *software R* (*R Core Team*, 2022). Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos em todas as análises realizadas.

3 Resultados e discussão

A avaliação do desempenho produtivo das aves foi avaliada através da taxa de postura, controle do peso corporal e da taxa de mortalidade e peso dos ovos conforme apresentadas nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

3.1. Taxa de postura

Foi ajustado um modelo linear para estimar a porcentagem de produção de ovos tendo os tratamentos, a idade das aves e a interação entre estes fatores como variáveis preditoras. O modelo explicou uma proporção estatisticamente significativa e substancial da variância ($R^2 = 0,92$, Prob < 0,001) sendo os efeitos dos tratamentos e da idade significativos.

A postura de ovos iniciou na 23ª semana de vida das aves, sendo tardia, pelo que indica Ávila et al. (2017) no guia de manejo da poedeira Embrapa 051, o qual aponta que o início da postura ocorre na 20ª semana. A produção alcançou o pico na 30ª semana de vida nas aves que receberam metionina em dietas com 19% PB apresentando 87,9% de produção de ovos por ave alojada (IC 83,2 – 92,7%), seguidas pelo grupo controle com 86,3% (IC 81,5 – 91,1%). Esses percentuais se aproximaram dos valores recomendados no manual de manejo da linhagem Embrapa 051, que aponta o pico de produção entre as semanas 27 e 29, com 90% de produção (Ávila et al. 2017). As aves suplementadas com metionina + cálcio em dietas com 19% PB apresentaram 82,64% de produção de ovos (IC 77,9 – 87,4%) e na dieta com 15% PB suplementada com cálcio a produção atingiu apenas 79,9% (IC 75,1 – 84,6%) nesta idade.

Como as poedeiras têm demandas nutricionais elevadas devido à produção constante de ovos, é essencial fornecer nutrientes adequados em suas dietas.

A Figura 1 e a Tabela 2 mostram as diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamentos no período de 33 a 37 semanas de idade das aves, sendo que as galinhas recebendo dietas com 19% PB suplementadas com metionina ou com a combinação de metionina + cálcio apresentaram significativamente as maiores taxas de postura em comparação com as aves suplementadas apenas com cálcio em dieta com 15% PB ou no grupo controle.

Isso indica que a suplementação de metionina ajudou a equilibrar os aminoácidos presentes nas dietas reformuladas com 19% PB, permitindo que as aves aproveitassem melhor os nutrientes disponíveis resultando em maior eficiência de produção.

A suplementação com metionina nas dietas com 19% PB mostrou ser adequada para a linhagem da EMBRAPA 051, principalmente na fase de maior demanda por nutrientes, isto é, durante o pico de postura.

Os efeitos da suplementação com metionina em galinhas poedeiras já são bem estabelecidos e provam aumentar a produção de ovos (BATEMAN et al., 2005), corroborando com os resultados observados no presente estudo.

Por outro lado, estudos comprovam que a suplementação com cálcio também é extremamente importante. Lichovníková e Zeman, (2008) observaram que a exigência de cálcio avaliada pela proporção de cálcio depositado nas cascas dos ovos (relação Ca casca/Ca ingerido) foi a mais alta no período de 23 à 33 semanas de idade, tanto em sistema de gaiolas ou sistema de aviários (galinhas criadas sobre piso). Além disso, a exigência de cálcio nessa idade seria a mais alta, diminuindo em seguida lentamente durante o ciclo de postura.

Isto poderia explicar porque no presente estudo o efeito da suplementação com cálcio e aminoácidos foi significativo somente no período de 33 a 37 semanas de idade tendo em consideração que o início da produção no experimento aconteceu com três semanas de atraso em relação ao esperado. Nas semanas de maior produção a suplementação extra de cálcio e metionina junto com a reformulação das dietas fez a diferença para que as mesmas pudessem suprir as exigências nutricionais das galinhas Embrapa 051. Neste caso é interessante notar que a suplementação somente com cálcio não produziu o mesmo resultado positivo sobre a taxa de postura, indicando que a reformulação com 19% PB e suplementação com metionina é mais importante para a taxa de postura que o cálcio, ou também, que pode haver um efeito sinérgico na suplementação conjunta de cálcio e aminoácidos.

O ovo de mesa médio contém 2 g de cálcio, e o peso corporal típico das galinhas poedeiras é de cerca de 2 kg. O esqueleto da galinha contém um total de aproximadamente 20 g de cálcio. Portanto, cada ovo contém cerca de 10% do cálcio corporal total. Por isso, a necessidade de cálcio pela fêmea de aves reprodutoras é enorme. Desta forma deve haver uma ingestão adequada de cálcio na dieta, para que a maior parte da demanda seja suprida por meio do aumento da absorção intestinal

e, secundariamente, pelo aumento do turnover de cálcio ósseo (SOARES, 1984). Desta forma, a ingestão diária de Ca^{2+} de uma galinha poedeira parece ser de 4,2 a 4,6 g/dia, com base na ingestão diária de alimentos de aproximadamente 115 g/dia e o teor recomendado de cálcio de 3,6 a 4,0% (BAR, 2009). O aumento do cálcio dietético reduz a capacidade de absorção percentual, mas aumenta a massa total de absorção (BAR et al., 1979).

Conforme pode ser observado na Tabela 2, na comparação dos tratamentos levando em conta o período total do ciclo de postura (23-65 semanas de idade), os resultados mostram que a taxa de produção de ovos das galinhas suplementadas com metionina (73,8% IC 73,0 - 74,6%), ou com metionina + cálcio (73,4% IC 72,6 - 74,1%) em dietas reformuladas com 19% PB não diferiram entre si, mas foram significativamente diferentes e maiores quando comparadas com as aves suplementadas apenas com cálcio (70,3% IC 69,5 – 71,1%) ou recebendo a dieta controle (71,9% IC 71,2 – 72,5%) em dietas com 15% PB, concordando com HARMS e RUSSELL (2003) que mostraram que os acréscimos de aminoácidos nas dietas proporcionaram aumento na produção de ovos.

Tabela 2. Efeitos significativos da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre a produção (%) de ovos em poedeiras Embrapa 051 (médias $\pm$ desvio padrão)

Tratamentos	Semanas de idade				
	34	35	36	37	Total (23-65)
Controle 15% PB	80,6 $\pm$ 5,64ab	76,8 $\pm$ 5,19b	72,8 $\pm$ 6,52b	72,7 $\pm$ 5,24b	71,9 $\pm$ 17,1b
19% PB + Metionina	87,2 $\pm$ 2,82a	85,5 $\pm$ 2,81a	83,7 $\pm$ 3,44a	82,5 $\pm$ 3,39a	73,8 $\pm$ 18,4a
15% PB + Cálcio	77,2 $\pm$ 2,44b	76,9 $\pm$ 3,64b	78,7 $\pm$ 5,58ab	76,3 $\pm$ 3,02ab	70,3 $\pm$ 17,7c
19% PB + Cálcio e Metionina	83,7 $\pm$ 2,52ab	83,4 $\pm$ 2,23ab	83,6 $\pm$ 2,96a	82,9 $\pm$ 2,54a	73,4 $\pm$ 18,4a

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

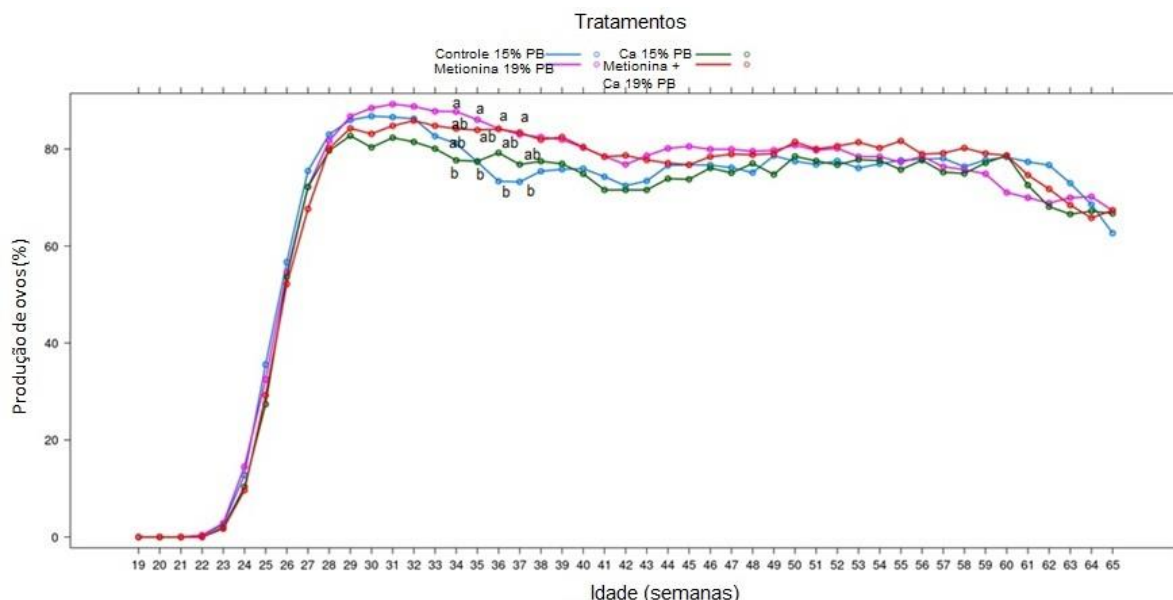


Figura 1: Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre a taxa de produção de ovos ao longo do ciclo de postura em poedeiras Embrapa 051

3.2. Peso das aves

O modelo linear ajustado para estimar o peso corporal de acordo com a idade das aves tendo como variável preditora a suplementação das dietas com metionina e cálcio dietéticos explicou uma proporção estatisticamente significativa e substancial da variância ($R^2 = 0,97$; Prob < 0,001).

Na avaliação do peso corporal ao longo do ciclo produtivo (Figura 2), observou-se um aumento no peso com aumento da idade das aves em todos os tratamentos das 19 às 57 semanas. No entanto, conforme observado na Figura 2, somente no final do ciclo produtivo, na semana 65 de idade, as galinhas suplementadas com metionina em dietas com 19% PB (2,82kg IC 2,73 – 2,90kg) apresentaram significativamente o maior peso corporal em comparação ao grupo controle (2,66kg IC 2,57 – 2,74kg) sem diferir significativamente das galinhas suplementadas com metionina e cálcio em dietas com 19% PB (2,73kg IC 2,65 – 2,82) ou somente com cálcio em dietas com 15% PB (2,74kg IC 2,66 – 2,83kg), concordando com Lieboldt et al. (2016), que verificaram que a deficiência de aminoácidos na ração de poedeiras tem um impacto significativo no ganho de peso e na ingestão de alimentos, com efeito negativo na produção e qualidade dos ovos.

Os resultados demonstram que a metionina e o cálcio suplementados nas dietas reformuladas foram usados prioritariamente pelas aves no aumento da

produção e no tamanho dos ovos, que é sabidamente o objetivo principal do produtor. Porém, os resultados demonstram que a suplementação permitiu também que as aves acumulassem mais reservas corporais ao final do ciclo de postura. Este fato é uma vantagem competitiva para a linhagem Embrapa 051, pois sendo ela uma linhagem de duplo propósito permitirá ao produtor obter um melhor rendimento e aproveitamento de carcaça ao final do ciclo de postura.

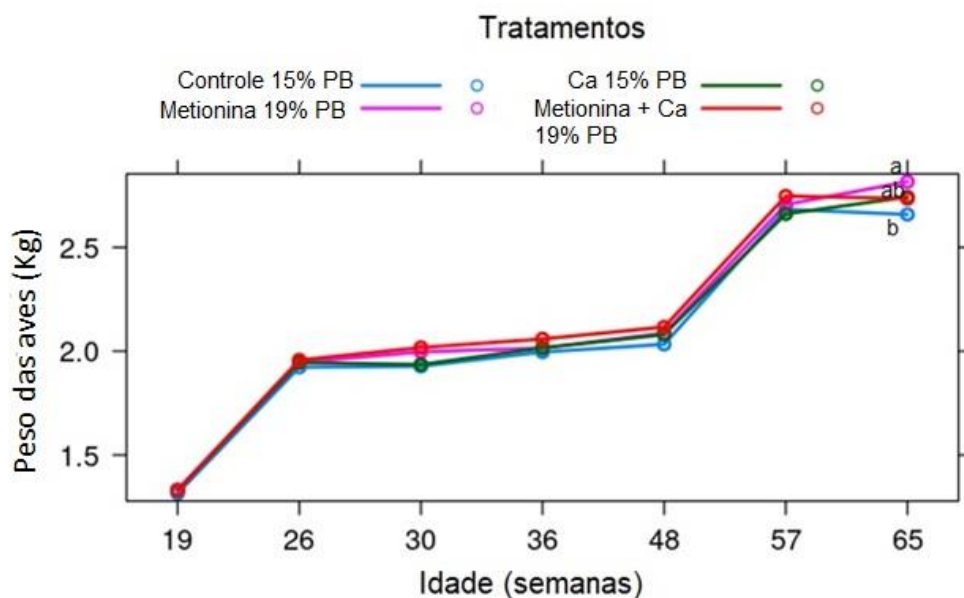


Figura 2: Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o peso corporal em poedeiras Embrapa 051 ao longo do ciclo produtivo.

3.3. Mortalidade

O modelo linear usado mostrou que a suplementação das dietas com aminoácidos e cálcio em dietas com 19% PB não afeta significativamente a mortalidade acumulada das aves ao final do ciclo produtivo ($R^2 = 0,04$, Prob = 0,89).

Conforme pode ser observado na Figura 3 as taxas de mortalidade acumuladas ao final do ciclo produtivo (65 semanas de idade) foram similares entre os tratamentos e não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$), sendo de 7,44% (IC 3,7 – 11,2%) no grupo controle, 7,91% (IC 4,17 – 11,6%) nas aves recebendo metionina e 19% PB, 6,51% (IC 2,77 – 10,2%) ou recebendo apenas cálcio com 15% PB e 8,37% (IC 4,63 – 12,1%) nas aves suplementadas com metionina e cálcio juntos na dieta com 19% PB.

A taxa de mortalidade acumulada em todos os tratamentos observada as 65 semanas de idade das aves, apesar de ter sido superior aos 5% indicados na guia de manejo da poedeira EMBRAPA 051 (Ávila et al., 2017), ainda pode ser considerada normal para os padrões da linhagem.

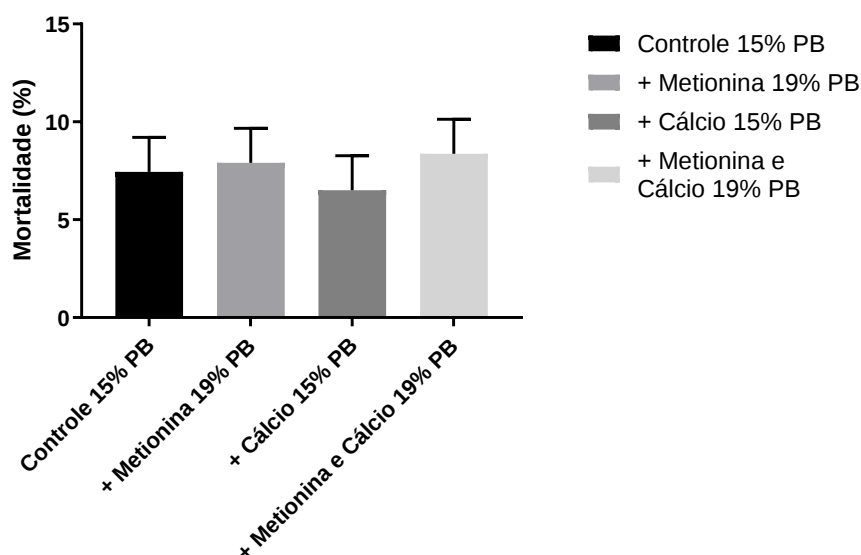


Figura 3: Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre a taxa de mortalidade ao final do período experimental (65 semanas de idade) em poedeiras Embrapa 051.

3.4. Peso dos ovos

O modelo linear ajustado para estimar o peso dos ovos tendo como variáveis preditoras a suplementação das dietas e a idade das aves explicou uma proporção estatisticamente significativa e substancial da variância ($R^2 = 0,83$; Prob < 0,001).

Na Figura 4, observa-se um aumento linear no peso dos ovos com aumento da idade das aves em todos os tratamentos. Independentemente dos tratamentos, o peso do ovo aumenta com a idade das aves, sendo que galinhas mais velhas produzem ovos mais pesados (YANNAKOPOULOS E SERVENI-GOUSHI, 1987).

Na 36ª semana de idade, as galinhas suplementadas com metionina + cálcio em dietas com 19% PB apresentaram peso de ovos significativamente maiores (56,1g IC 54,9 – 57,3) do que as aves que receberam a dieta controle (53,3g IC 52,1 – 54,5). O mesmo comportamento foi observado na 65ª semana de idade em que a suplementação com metionina e cálcio em dietas com 19% PB produziu ovos maiores

(60,7g IC 59,5 – 61,9), comparado com as aves que receberam a dieta controle (58,4g IC 57,2 - 59,6). Esse resultado vai de acordo com o encontrado por Leeson et al. (2001), onde afirma que os aminoácidos, principalmente a metionina, exercem influência sobre o peso do ovo. De acordo com (NONIS E GOUS, 2013) doses elevadas de aminoácidos podem estimular a produção de ovos maiores, embora sua magnitude possa depender da linhagem genética

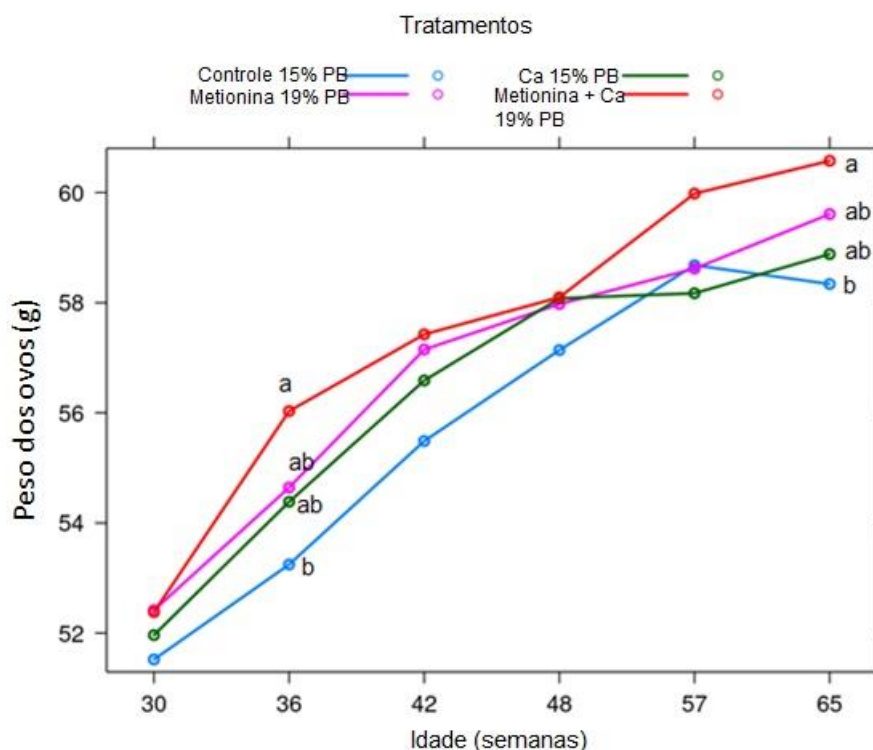


Figura 4. Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o peso de ovos ao longo do ciclo de postura em poedeiras Embrapa 051.

3.3. Número de ovos postos nos ninhos ou no chão

O efeito da reformulação das dietas e suplementação com metionina e cálcio sobre o número de ovos postos nos ninhos ou no chão foi avaliado da 22^a a 34^a semanas do ciclo produtivo e em quatro horários de coleta (9:00h, 11:00h, 14:00h e 17:00h).

O Teste Qui-Quadrado de Independência foi conduzido para testar se as distribuições de ovos no chão na coleta das 9:00h eram idênticas para todos os quatro tratamentos. O χ^2 de Pearson revelou uma associação significativa entre a suplementação das dietas e os ovos no chão ($\chi^2=101,68$ df=3, $p<0,001$). As galinhas

não suplementadas apresentaram maior probabilidade de fazer a postura de ovos no chão, enquanto as galinhas suplementadas com cálcio e metionina em dietas com 19% PB apresentaram maior probabilidade de fazer a postura de ovos nos ninhos.

Conforme pode ser observado na Figura 5, no período de coleta das 09:00h foi observado que as galinhas suplementadas com metionina (4,4% - 272/6213) ou metionina + cálcio (4,0% - 210/5241) apresentaram significativamente menor postura de ovos no chão comparadas com as galinhas recebendo a dieta controle (7,8% - 428/5476). O mesmo comportamento foi observado na coleta de ovos das 11:00h ($\chi^2=18,28$ df=3, $p<0,001$) com as aves recebendo metionina + cálcio (4,0% 157/3926) ou metionina (4,6% 173/3783) em dietas com 19% PB tiveram significativamente menos ovos no chão do que as aves recebendo a dieta controle (6,0% - 228/3796).

Na coleta das 14:00h resultados semelhantes foram encontrados aos períodos anteriores ($\chi^2=10,28$ df=3, $p=0,01$) mostrando a consistência do efeito dos tratamentos sobre o comportamento de postura das galinhas.

Neste horário as aves suplementadas com metionina em dietas com 19% PB colocaram significativamente menos ovos no chão (3,7% - 55/1488) comparadas com as aves recebendo a dieta controle (5,9% - 111/1873) ou suplementada apenas com cálcio e 15% PB (5,8% - 97/1674), porém não diferindo significativamente das aves suplementadas com metionina + cálcio em dietas com 19% PB (5,0% - 80/1615).

No horário de coleta das 17:00h em que a taxa de postura é bem menor que nos outros horários não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao número de ovos postos nos ninhos ou no chão.

A utilização dos ninhos pode ser afetada pela linhagem das poedeiras (ABRAHAMSSON et al., 1996), pelas condições de criação, pela idade de transferência (SHERWIN E NICOL, 1993) e pela idade das aves (ALVEY et al., 1996).

De acordo com o *Farm Animal Welfare Council* (1986), as galinhas são altamente motivadas a usar um ninho. A importância do ninho para as aves pode ser avaliada por meio de testes de preferência e pelos níveis de utilização do mesmo. Segundo Smith et al. (1990), o comportamento de aninhar é um dos instintos mais fortes das aves e é mantido em linhagens modernas quando liberadas em um ambiente natural (DUNCAN et al., 1978). Algumas horas antes da oviposição, as galinhas tendem a ficar mais ativas e inquietas, procurando um local para aninhar (DUNCAN e KITE, 1989) e são motivadas a buscar um (FOLLENSBEE et al., 1992).

Em galinhas que regularmente põem ovos em um ninho, é observada uma demanda inelástica pelo acesso a esse espaço (COOPER e APPLEBY, 1995). Esses autores, usando oito galinhas que sempre punham ovos nos ninhos (consistentes) e oito galinhas que ocasionalmente punham no chão da gaiola (inconsistentes), verificaram por meio de testes de motivação que as galinhas inconsistentes faziam menos esforço para acessar os ninhos aos 40 e 20 minutos, mas não aos 60 e 80 minutos antes da oviposição. Analogamente, Cooper e Appleby (1997) concluíram que as galinhas inconsistentes também realizam os movimentos de pré-oviposição, mas com menor persistência do que as galinhas consistentes, indicando uma variabilidade individual significativa nesse padrão de comportamento.

Foi demonstrado que as galinhas são capazes de trabalhar para conseguir um ninho da mesma forma que fariam para obter alimento se estivessem em jejum por 4 horas (COOPER e APPLEBY, 2003), 8 horas (COOPER e APPLEBY, 1996) ou 20 horas (DUNCAN e KITE, 1987). Uma vez dentro dos ninhos, elas costumam ciscar e permanecer sentadas até a oviposição. Esse comportamento é regulado por hormônios que ainda estão presentes em galinhas poedeiras (HUGHES e DUNCAN, 1988).

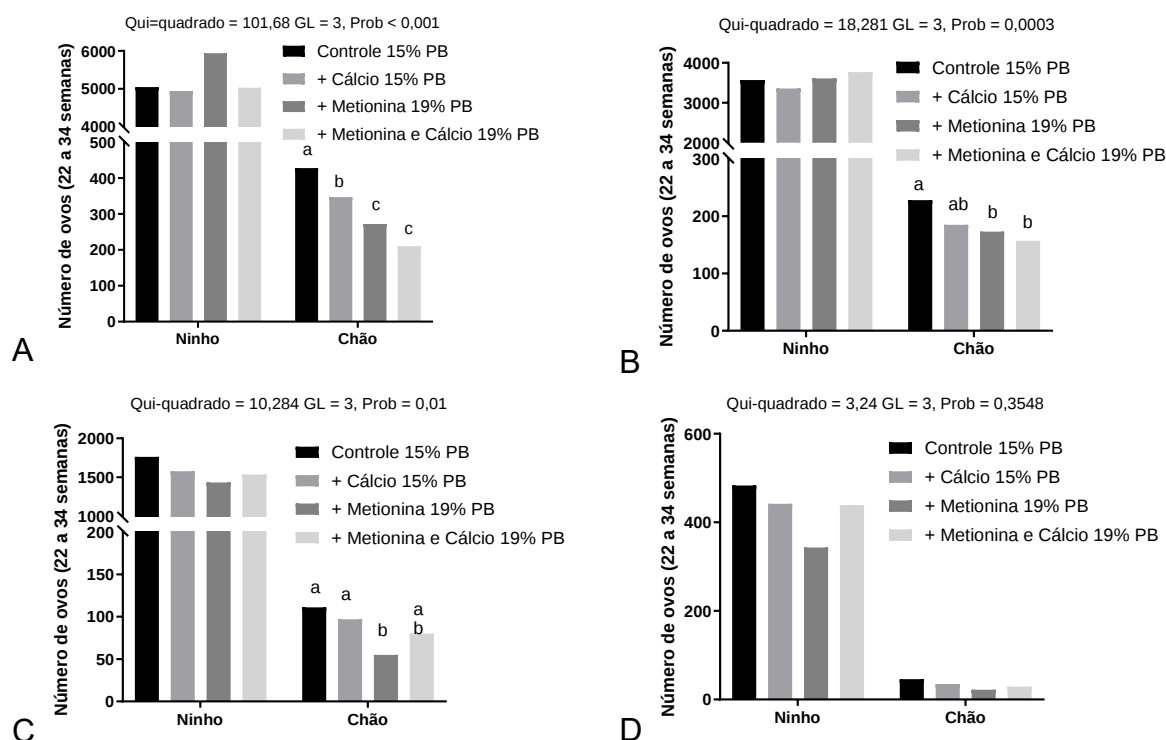


Figura 5: Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o número de ovos postos no ninho e no chão às A) 9:00h, B) 11:00h, C) 14:00h e D) 17:00h no período de 22 a 34 semanas de vida.

3.4. Número de ovos duas gemas, deformados e trincados

Conforme pode ser observado na Figura 6A, a quantidade total de ovos com duas gemas foi significativamente maior ($\chi^2 = 8,48$ prob = 0,03) nas aves recebendo suplementação com metionina e cálcio em dietas com 19% PB (1,77% - 203/11453) em comparação com aquelas recebendo a dieta controle (1,38% - 163/11837).

Segundo Ferreira et al. (2015) a produção de ovos com duas gemas é maior no início do ciclo de postura e acontece quando um segundo folículo na hierarquia folicular acompanha de perto o primeiro folículo na ovulação ou é produzido simultaneamente.

As porcentagens de ovos com duas gemas no presente experimento foram menores em todos os tratamentos em relação aos dados obtidos por Gous e Cherry (2004) que observaram em matrizes de frangos de corte de 2-4% durante o período de 25-60 semanas de idade.

Por outro lado, observa-se na figura 6B que as galinhas suplementadas com metionina e cálcio juntos em dietas com 19% PB apresentaram significativamente maior porcentagem de ovos deformados (0,17% - 19/11269) em comparação com as suplementadas com metionina 19% PB (0,07% - 8/11857) ou cálcio 15% PB (0,07% - 7/10992).

Ovos deformados têm uma forma que difere da normal. Isso pode ser causado por vários fatores, entre eles: idade - aves jovens com glândulas de casca imaturas; estresse - ovos com marcas, sulcos ou saliências, ocorrem quando a casca do ovo quebra na glândula da casca, durante o processo de formação; doenças - resultam em baixa qualidade de albumina frequentemente causam um aumento no número de ovos malformados. Ovos com lados planos podem ocorrer quando dois ovos estão na glândula da casca ao mesmo tempo. Os defeitos podem ser causados também por superlotação, sustos ou outras perturbações e padrões de iluminação inadequados (SOLOMON, 1991; KOELKEBECK, 1999; COUTTS e WILSON, 1990).

Apesar de que as aves suplementadas com metionina e aminoácidos juntos em dietas com 19% PB apresentaram maior porcentagem de ovos deformados é difícil de atribuir uma razão específica para este resultado. Talvez os maiores tamanhos dos ovos neste tratamento poderiam deixá-los mais suscetíveis a deformações da casca durante o período de formação na glândula da casca nas galinhas.

Conforme pode ser observado na Figura 6C não houve diferenças na quantidade de ovos trincados nos tratamentos suplementados com cálcio (0,4% - 42/11027), metionina (0,3% - 36/11885) ou metionina e cálcio juntos (0,3% - 39/11289) em comparação com o grupo controle (0,4% - 50/11724).

A resistência da casca depende da sua qualidade (espessura e peso da casca) e tem relação a frequência observada de ovos trincados ou rachados. Neste sentido, estes resultados concordam em parte com os de Chandramoni et al. (1998), que não verificaram um efeito significativo de níveis crescentes de Cálcio de 32,5 e 36,0 g/kg, na dieta sobre a qualidade da casca do ovo (peso da casca e peso da casca por unidade de área de superfície). De forma semelhante Leeson et al. (1993), utilizando 3,4 e 3,8% de Cálcio nas dietas, não observaram diferenças significativas na deformação da casca do ovo. Também Rao et al. (2003), que utilizaram 32,5; 35,0; 37,5; 40,0; 42,5 e 45,0 g/kg, não observaram qualquer melhoria na qualidade da casca do ovo (peso da casca, espessura da casca) com o aumento da dose de cálcio na dieta. Similarmente, Keshavarz e Nakajima, (1993) observaram que a suplementação de cálcio acima da exigência das aves para produção não melhora a qualidade da casca.

Por outro lado, alimentar galinhas com altos níveis de cálcio pode interferir na disponibilidade de outros minerais (NRC, 1994) e pode ter um impacto negativo na capacidade da ave de utilizar o cálcio, especialmente se os níveis de cálcio na dieta forem subsequentemente reduzidos.

Desta forma, no presente experimento a qualidade da casca medida indiretamente pela porcentagem de ovos trincados, indica que a quantidade de cálcio e aminoácidos foi adequada para manter a resistência da casca em padrões semelhantes em todos os tratamentos.

Elevado número de ovos rachados impactam negativamente na rentabilidade dos produtores de ovos. No presente estudo as razões mais prováveis para a frequência de ovos trincados não estão relacionadas com a alimentação das aves, mas sim, como resultado com as características dos ninhos e comportamento de postura das aves, tendo em vista que a frequência de coleta de ovos diária foi de quatro vezes, sendo considerada adequada para reduzir o número de ovos rachados.

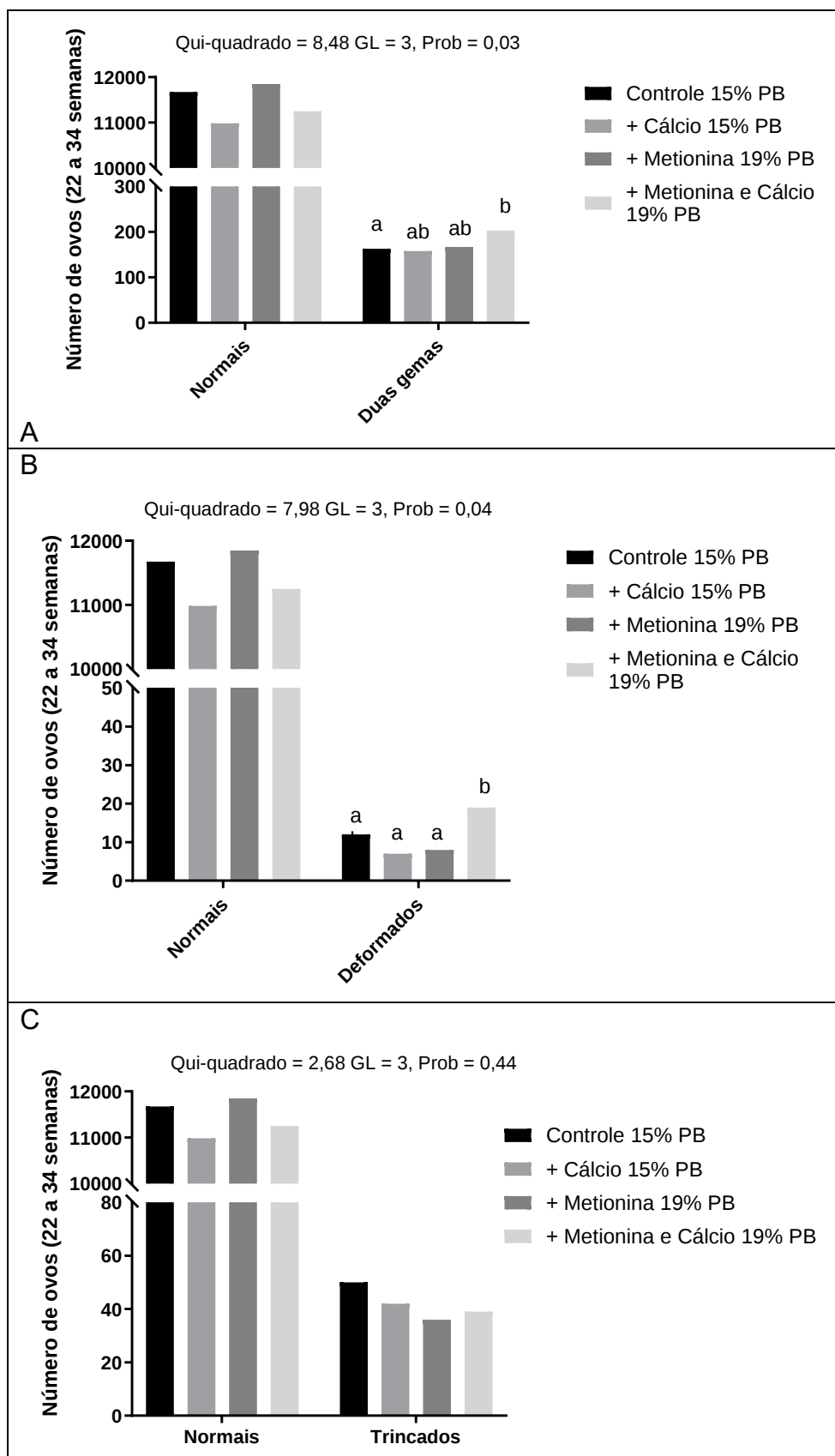


Figura 6: Efeito da suplementação com metionina e cálcio em dietas reformuladas sobre o número de ovos A) duas gemas, B) deformados e C) trincados no período de 22 a 34 semanas de vida.

4 Conclusão

A suplementação das dietas das poedeiras Embrapa 051 com metionina e cálcio combinados em dietas com 19% de proteína bruta pode melhorar a taxa de postura, o peso dos ovos e o peso corporal das aves ao final ciclo de postura, sem afetar significativamente a mortalidade.

A suplementação conjunta de metionina e cálcio em dietas com 19% de proteína bruta pode resultar em uma maior proporção de ovos com duas gemas e deformados. Conforme os resultados apresentados, do ponto de vista da avicultura industrial, os benefícios da reformulação da dieta e da suplementação são muito mais significativos e importantes que os pontos negativos apontados.

Desta forma, é necessário monitorar essas variáveis e avaliar aspectos econômicos ao implementar a reformulação da dieta baseado no aumento dos níveis de proteína bruta e na suplementação com metionina e cálcio como estratégia de produção avícola.

5 Referências

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína animal. Relatório anual de 2022, p. 118-133, 2022.
- ABRAHAMSSON, P., TAUSON, R., APPLEBY, M.C.; Behaviour, Health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. **British Poultry Science** 37:521-540. 1996.
- ALVEY, D.M., LINDBERG, C., TUCKER S.A.; Performance and behaviour of laying hens in enriched modified cage systems. **British Poultry Science** 37: s7-s10. 1996.
- AMARAL, G.F.; GUIMARÃES, D.D.; NASCIMENTO, J.C.D.O.F.; CUSTODIO, S. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 43, 2016.
- ARAUJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.3, p.53-60, 2008.
- AVILA, S. V. DE; FIGUEIREDO, E. A. P. DE; KRABBE, E. L.; DUARTE, S. C.; SAATKAMP, M. G. **Poedeira Embrapa 051 - guia de manejo das poedeiras coloniais de ovos castanhos**. Concórdia/SC, Embrapa 2017.
- BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. Oil and fat in broiler nutrition. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.7, n.3, p. 129-141, 2005.
- BAR, A.; Calcium transport in strongly calcifying laying birds: mechanisms and regulation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: **Molecular & Integrative Physiology***, 152(4), 447-469. 2009
- BAR, A., MAOZ, A., HURWITZ, S.; Relationship of intestinal and plasma calcium binding protein to intestinal calcium absorption. **FEBS Letters**. 102, 79–81. 1979
- BATEMAN, A.; LIU, Z.; ROLAND, D.A. Bioefficacy Determination of Methionine Hydroxy Analog-Free Acid Relative to DL-Methionine in Laying Hen Diets with Limited Methionine Using Different Regression Models. **Poultry Science**, v. 4, n.9, p.628-632, 2005
- BRUMANO, GLADSTONE. Níveis de metionina + cistina digestível para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 9, p. 1984-1992, 2010.
- CARVALHO, G. **Níveis e fontes de metionina na nutrição de frangos de corte. Goiânia**. Tese (Doutorado), 126 f - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Goiás. 2017.
- CHANDRAMONI S.B.J., SINHA R.P.: Effect of dietary calcium and phosphorus concentrations on retention of these nutrients by caged layers. **British Poultry Science**, 39, 544–548. 1998.

COOPER, J. J., APPLEBY, M. C.; Demand for nest boxes in laying hens. **Behavioural Processes**, 36, 171–182. 1996

COOPER, J.J., APPLEBY, M.C.; Individual variation in the demand for a nest-box and the incidence of floor eggs. **Applied Animal Behaviour Science**, 44:257-281. 1995

COOPER, J.J., APPLEBY, M.C.; Motivational aspects of individual variation in response to nestboxes by laying hens. **Animal Behaviour**. 54:1245-53. 1997

COOPER, J.J., APPLEBY, M.C.; The value of environmental resources to domestic hens: a comparison of the work-rate for food and for nests as a function of time. **Animal Welfare**, 12:39-52. 2003

COSTA, F.G.P., VILAR DA SILVA, J.H., GOULART, C.C., NOGUEIRA, E.T., SÁ, L.M.; **Exigências de aminoácidos para aves: Proteínas e aminoácidos**. In: Nutrição de Não ruminantes. p. 240-261. 2014.

COUTTS, J. A. E WILSON, G.C.; Egg Quality Handbook. Queensland Department of Primary Industries, Australia. 1990.

DAENNER, E.; BESSEI, W. Influence of supplementation with liquid DL- methionine hydroxy analogue-free acid (Alimet) or DL-methionine on performance of broilers. *Journal Applied of Poultry Research*, v. 12, p.101-105, 2003.

DUNCAN, I., KITE, V.; Some investigations into motivation in the domestic fowl. **Applied Animal Behaviour Science**, 18:387-388. 1987.

DUNCAN, I., SAVORY, C., WOOD-GUSH, D.; Observations on the reproductive behaviour of domestic fowl in the wild. **Applied Animal Ethology**, 4:29-42. 1978

DUNCAN, I.J.H., KITE, V.G.; Nest site selection and nest-building behaviour in domestics fowls. **Animal Behaviour** 37: 215-231. 1989.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Poedeira Embrapa 051. Guia de manejo das poedeiras coloniais de ovos castanhos. Concórdia - SC, 2015.

Farm Animal Welfare Council. An assessment of egg production systems (Tolworth, Farm Animal Welfare Council). 1986.

FERREIRA, N.T., SAKOMURA, N.K., DE PAULA DORIGAM, J.C., DA SILVA, E.P., GOUS, R.M.; Modelling the egg components and laying patterns of broiler breeder hens. **Animal Production Science**, 56(7), 1091-1098. 2015.

FOLLENSBEE, M.E., DUNCAN, I.J.H., WIDOWSKI, T.M.; Quantifying nesting motivation of domestic hens. **Journal of Animal Science**, 70 Suppl. 1: 50. 1992.

GOUS RM, CHERRY P.; Effects of body weight at, and lighting regimen and growth curve to, 20 weeks on laying performance in broiler breeders. **British Poultry Science** 45, 445–452. 2004

HARMS, R.H., RUSSELL, G.B. Performance of commercial laying hens fed diets with various levels of methionine. **Journal of Applied Poultry Research**. n.12, p. 449-455. 2003.

HUGHES, B., DUNCAN, I.; The notion of ethological 'need', models of motivation and animal welfare, **Animal Behaviour**, 36:1696-1707. 1988.

KESHAVARZ, K. NAKAJIMA, S.; Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign. v. 72, n. 1, p. 144-153, 1993.

KOELKEBECK K.W.; **What Is Egg Quality and Conserving It?** University of Illinois. 1999.

LEESON S., SUMMERS D., CASTON L.; Response of Brown-egg strain layers to dietary calcium or phosphorus. **Poultry Science**, 72, 1510–1514. 1993

LEESON, S.; SUMMERS, J. D.; CASTON, L. J.; Response of layers to low nutrient-density diets. **The Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 10, n. 1 p.46-52, 2001

LICHOVNÍKOVÁ, M., ZEMAN, A. L.; Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. **Czech Journal of Animal Science**, 53(4), 162. 2008

LIEBOLDT, M. L.; HALLE, I.; FRAHM, J.; Effects of long-term graded L-arginine supply on growth development, egg laying and egg quality in four genetically diverse purebred layer lines. **Japan Poultry Science Association**, v.53, p.8-21. 2016

NONIS, M.K., GOUS, R.M.; Modelling changes in the components of eggs from broiler breeders over time. **British Poultry Science**. 54:603–610. 2013

NRC - National Research Council. **Science and judgment in risk assessment**. Washington, DC: National Academy Press, 1994.

R CORE TEAM, 2022. R: A language and environment for statistical computing. Available at: <<https://www.R-project.org/>>. 2022

RAO S.V.R., PNADA A.K., RAJU M.V.L.N., SUNDER G.S., PRAHARAJ N.K.: Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Feed Science and Technology**. 106, 199–208. 2003

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. 3ªedição, Viçosa, MG: UFV, 252 p., 2011.

SHERWIN, C.M., NICOL, C.J.; Factors influencing floor-laying by hens in modified cages. **Applied Animal Behaviour Science**. 36:211-222. 1993

SILVA, M.F.R., FARIA, D.E., RIZZOLI, P.W., SANTOS, A.L., SAKAMOTO, M.I., SOUZA, H.R.B.; Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(10), p.2246-2252. 2010

SMITH, S.F., APPLEBY, M.C., HUGHES, B.O.; Problem solving by domestic hens: opening doors to reach nest sites. **Applied Animal Behaviour Science**, 28: 287-292. 1990

SOARES JR, J. H.; Calcium metabolism and its control—a review. **Poultry science**, 63(10), 2075-2083. 1984

SOLOMON, S. E.; **Egg and Eggshell Quality**. Wolfe Publishing Ltd., London, England. 1991

SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN G. N.; SCHMIDT G. S. **Sonho, Desafio e Tecnologia: 35 Anos de Contribuições da Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

YANNAKOPOULOS, A.L.; TSERVENI-GOUSHI, A.S. Relationship of parents' age, hatching egg weight, and shell quality to day-old chick weight as influenced by oviposition time. **Poultry Science**, v.66, n.5, p.829-833, 1987.