

ELIANE APARECIDA DA SILVA

**NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÕES CÁLCIO: FÓSFORO EM RAÇÕES PARA
GALINHAS POEDEIRAS LEVES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor *Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586n
2014
Silva, Eliane Aparecida da, 1980-
Níveis de cálcio e relações cálcio : fósforo em rações para
galinhas poedeiras leves / Eliane Aparecida da Silva. – Viçosa,
MG, 2014.

xiii, 130f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Cezar Gomes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Galinhas poedeiras - Alimentação e rações. 2. Nutrição -
Controle. 3. Cálcio. 4. Fósforo. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Progrma de Pós-graduação
em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.5

ELIANE APARECIDA DA SILVA

**NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÕES CÁLCIO: FÓSFORO EM RAÇÕES PARA
GALINHAS POEDEIRAS LEVES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor *Scientiae*.

APROVADA: 10 de março de 2014.

Marcelo Dias da Silva

Luiz Fernando Teixeira Albino

Gladstone Brumano

Horacio Santiago Rostagno
(Coorientador)

Paulo Cezar Gomes
(Orientador)

A Deus, pelo dom da vida.

A meus pais, pela dedicação e por tudo que sou.

A Rodrigo, pelo amor, companheirismo, paciência e incentivo nas horas difíceis.

A minha querida avó Euzébia (in memoriam), pelas orações e carinho.

A meus verdadeiros amigos, pela convivência fundamental.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

(Albert Schweitzer)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia pela realização do curso.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Paulo Cezar Gomes pela valiosa e dedicada orientação, pelos ensinamentos e estímulos, pela confiança e amizade atribuída.

Ao professor Horacio Santiago Rostagno pelos conselhos durante a realização deste trabalho.

Aos professores Sérgio Luiz de Toledo Barreto Luiz e Fernando Teixeira Albino pelas orientações e apoio.

Aos meus pais por serem responsáveis por tudo que sou, pelo amor incondicional, pela dedicação, pelas palavras e ações de incentivo.

Ao Rodrigo Ribeiro, pelo amor e carinho, apoio, paciência, palavras e ações de incentivo nos momentos difíceis.

Aos amigos Alícia, Kátia, Lílian, Lívia, Maurício, Priscila, Silvana, Vanilton, pelos momentos felizes, pelo carinho, pela amizade sincera.

Aos colegas e companheiros de trabalho Alícia, Bruno, Gabriel, Léo, Lívia, Melissa, Rodrigo, Silvana, Tamara e Warley pela convivência, amizade e contribuições; imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, em especial Adriano, Elísio, Joselino, Sebastião e ao Zootecnista Mauro Godoi responsável pela fábrica de rações, pela atenção e ajuda atribuída.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, em especial ao Fernando, Mário, Plínio, Valdir, Vera e Welington pelo carinho e competência nos serviços prestados durante a realização de todas as análises.

Aos demais funcionários do Departamento de Zootecnia, Adilson, Celeste, Fernanda, Márcia, Raimundo, Rosana, Venâncio, pela competência e pelo carinho nos serviços prestados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, pois, seria impossível realizá-lo sem a colaboração de cada um.

BIOGRAFIA

ELIANE APARECIDA DA SILVA, filha de Nilza Maria de Paula e João da Silva Filho, nasceu em Visconde do Rio Branco – MG, em 23 de maio de 1980.

Em 2003, ingressou no curso de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, colando grau em 25 de janeiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa – MG, na área de Nutrição e Alimentação de Monogástricos, submeteu-se a defesa de dissertação em 22 de fevereiro de 2010.

Em agosto de 2010, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa – MG, na área de Nutrição e Alimentação de Monogástricos, submetendo-se a defesa de tese para obtenção do título de Doctor Scientiae em 10 de março de 2014.

CONTEÚDO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Importância do cálcio, do fósforo e da relação cálcio/fósforo no organismo animal.....	2
2.2. Homeostasia do cálcio e do fósforo no organismo animal.....	6
2.3. Importância do cálcio, do fósforo e da relação cálcio/fósforo no desempenho produtivo das aves e na qualidade dos ovos.....	10
2.4. Importância do cálcio, do fósforo e da relação cálcio/fósforo sobre as características ósseas de poedeiras.....	18
2.5. Balanço de cálcio e fósforo.....	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO I	
NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÕES CÁLCIO: FÓSFORO EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES DE 24 A 40 SEMANAS DE IDADE	
Resumo.....	37
1. Introdução.....	38
2. Material e Métodos.....	39
3. Resultados e Discussão	
3.1. Desempenho produtivo.....	46
3.2. Qualidade do ovo.....	52
3.3. Composição da casca do ovo.....	56
3.4. Características ósseas.....	60
3.5. Balanço de cálcio e fósforo.....	65
4. Conclusão.....	73
5. Referências bibliográficas.....	74
CAPÍTULO 2	
NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÕES CÁLCIO: FÓSFORO EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS LEVES DE 42 A 58 SEMANAS DE IDADE	

Resumo.....	79
1. Introdução.....	81
2. Material e Métodos.....	82
3. Resultados e Discussão	
3.1. Desempenho produtivo.....	89
3.2. Qualidade do ovo.....	93
3.3. Composição da casca do ovo.....	98
3.4. Características ósseas.....	102
3.5. Balanço de cálcio e fósforo.....	108
4. Conclusão.....	118
5. Referências bibliográficas.....	119
APÊNDICE.....	123

RESUMO

SILVA, Eliane Aparecida da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2014. **Níveis de cálcio e relações cálcio: fósforo em rações para galinhas poedeiras leves.** Orientador: Paulo Cezar Gomes. Coorientadores: Horacio Santiago Rostagno e Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Com o objetivo de determinar a exigência nutricional de cálcio e a melhor relação cálcio: fósforo disponível (Ca: Pd) para galinhas poedeiras leves nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade, foram realizados dois experimentos no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Em ambos os experimentos foram utilizadas 576 galinhas poedeiras Hy-Line W36, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, sendo 4 níveis de cálcio (3,4; 3,8; 4,2 e 4,6%) e 3 relações Ca: Pd (9:1; 13:1 e 17:1), totalizando doze tratamentos com oito repetições e seis aves por unidade experimental. O primeiro experimento foi realizado no período de 24 a 40 semanas de idade e o segundo experimento no período de 42 a 58 semanas de idade. Foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo (produção de ovos, ganho de peso, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos), de qualidade do ovo (porcentagem e peso de gema, porcentagem e peso de albúmen, porcentagem, peso e espessura de casca, gravidade específica dos ovos) de composição da casca (teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na casca), de características ósseas (peso da tíbia, teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na tíbia), de balanço de cálcio e de fósforo (consumo de cálcio e de fósforo, teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na excreta e retenção de cálcio e de fósforo pelas aves). No primeiro experimento, houve efeito dos níveis de cálcio ($P < 0,05$) sobre a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos, o aumento do nível de cálcio proporcionou melhora na conversão alimentar. Não se observou efeito ($P > 0,05$) dos níveis de cálcio e das relações Ca: Pd sobre o consumo de ração e a produção de ovos. O aumento do nível de cálcio na ração proporcionou redução ($P < 0,05$) no conteúdo da gema, em gramas e em porcentagem; e aumento ($P < 0,01$) no peso e percentual da casca e na gravidade específica dos ovos. Houve efeito ($P < 0,01$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para os conteúdos de matéria mineral em porcentagem e em gramas; de fósforo em porcentagem e em miligramas, e também ($P < 0,05$) para o teor de cálcio, em gramas; na casca. Observou-se que o aumento do nível de cálcio na ração promoveu aumento linear ($P < 0,01$) na

porcentagem de matéria mineral da tíbia. Houve efeito da interação ($P < 0,01$) entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para o percentual de fósforo na tíbia. O aumento do nível de cálcio dietético proporcionou ($P < 0,01$) aumento linear no consumo do mesmo, porém as relações Ca: Pd não influenciaram ($P > 0,05$) esse parâmetro. Exceto para o consumo de cálcio, houve efeito ($P < 0,01$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para todos os parâmetros relacionados ao balanço de cálcio e de fósforo. A exigência de cálcio estimada para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade é de 4,27%, correspondendo a um consumo médio de 4,0 g de cálcio/ave/dia. A melhor relação cálcio/fósforo disponível é de 17:1, que corresponde a um consumo médio de 235 mg de fósforo disponível/ave/dia. No segundo experimento, observou-se efeito significativo dos níveis de cálcio sobre o consumo de ração e sobre a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos, o aumento no nível de cálcio na ração propiciou melhora na conversão alimentar. As relações Ca: Pd não influenciaram ($P > 0,05$) os parâmetros relacionados ao desempenho produtivo. Houve efeito quadrático dos níveis de cálcio sobre o peso, a porcentagem e a espessura da casca e, também sobre gravidade específica dos ovos. As relações Ca: Pd não influenciaram ($P > 0,05$) os parâmetros relacionados à qualidade do ovo. O aumento do nível de cálcio na ração proporcionou aumento linear ($P < 0,01$) no conteúdo de cálcio da casca, em gramas. Não se observou efeito ($P > 0,05$) das relações Ca: Pd sobre os parâmetros relacionados à composição da casca do ovo. Houve efeito ($P < 0,01$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para os conteúdos de matéria mineral e de fósforo em gramas e em percentual e também para o percentual de cálcio na casca do ovo. As relações Ca: Pd não influenciaram ($P > 0,05$) os parâmetros relacionados às características ósseas das poedeiras. Os níveis de cálcio exerceram influência significativa sobre os teores de cálcio e de fósforo da tíbia, em gramas. Verificou-se efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: P sobre os conteúdos de matéria mineral na tíbia, em gramas e em porcentagem; de cálcio e de fósforo na tíbia, em porcentagem. Observou-se efeito ($P < 0,01$) dos níveis de cálcio sobre o consumo de cálcio, cálcio excretado e retido em porcentagem e em gramas/ave/dia, e sobre o fósforo excretado em gramas/ave/dia. Dentre todas as características relacionadas ao balanço de cálcio e fósforo as relações Ca: Pd influenciaram ($P < 0,01$) apenas o fósforo excretado em gramas/ave/dia, onde a menor excreção de fósforo foi obtida com a relação Ca: Pd 17:1. Houve efeito significativo da interação níveis de cálcio e relações Ca: Pd sobre o percentual de matéria mineral na excreta; consumo de fósforo; fósforo excretado em percentual e, fósforo retido em percentual e em gramas/ave/dia. A exigência de cálcio estimada para

poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade é de 4,43%, correspondendo a um consumo médio de 4,27 g de cálcio/ave/dia. A melhor relação cálcio/fósforo disponível é de 17:1, que corresponde a um consumo médio de 251 mg de fósforo disponível/ave/dia.

ABSTRACT

SILVA, Eliane Aparecida da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2014. **Levels of calcium and calcium: phosphorus ratio in light-weight laying hens diets.** Adviser: Paulo Cezar Gomes. Co-Advisers: Horacio Santiago Rostagno and Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Two experiments were conducted in the Poultry Sector, Department of Animal Science, Federal University of Viçosa, in order to determine calcium nutritional requirement and the best calcium: available phosphorus ratio for commercial laying hens in the periods 24-40 and 42-58 weeks of age. Five hundred seventy-six Hy-Line W36 laying hens were used in both experiments, distributed in a completely randomized experimental design in a 4 x3 factorial arrangement, composed of for levels of calcium (3.4, 3.8, 4.2 and 4.6%) and three calcium: available phosphorus ratios (9:1, 13:1 and 17:1), totaling twelve treatments with eight replicates with six birds each. The first experiment was conducted during the period from 24 to 40 weeks of age and the second experiment during the period from 42 to 58 weeks of age. In both experiments, the following parameters were evaluated: 1) performance: posture, weight gain, feed conversion (egg dozen and egg mass); 2) Egg quality: percentage and weight of yolk; percentage and weight of albumen; percentage, weight and thickness of egg shell and gravity specific; 3) composition of the egg shell: contents of ash, calcium and phosphorus; 4) bone characteristics: tibia weight, contents of ash, calcium and phosphorus in the tibia; 5) calcium and phosphorus balance: calcium and phosphorus intake, contents of ash, calcium and phosphorus in excretion and retained by the birds. Concerning the first experiment, from 24 to 40 weeks of age, effect ($P < 0.05$) was observed of calcium levels on feed conversion (egg dozen and egg mass). Calcium levels and calcium /phosphorus ratios did not affect ($P > 0.05$) feed intake and egg production. Regarding the parameters related to egg quality, increased levels of calcium caused ($P < 0.05$) a reduction in weight and percentage yolk; increased levels of calcium caused ($P < 0.01$) increase in weight and percentage shell and also specific gravity of eggs. For to parameters for the composition of the egg shell, there was a significant interaction between calcium and the calcium/phosphorus ratios on the mineral matter and phosphorus contents, in percentage and in grams, and the calcium content in grams. Considering bone parameters, it was observed that increased levels of calcium caused a linear ($P < 0.01$) increase in the percentage of ash in the tibia; was observed effect ($P < 0.01$) of interaction levels of calcium and calcium/phosphorus ratios on the percentage of

phosphorus in the tibia. With respect to the balance of calcium and phosphorus, calcium levels affected linearly ($P < 0.01$) calcium intake, which was not affected ($P > 0.05$) by calcium/phosphorus ratios; except for calcium intake, there was interaction effect ($P < 0.01$) between levels of calcium and calcium/phosphorus ratios for all parameters. The requirement of calcium for commercial laying hens from 24 to 40 weeks of age is 4.27% in the diet that correspond an intake of 4.0 g of calcium/hen/day. The better calcium: available phosphorus ratio is 17:1, corresponding to an available phosphorus intake of 235 mg/hen/day. With respect to the second experiment 42 to 58 weeks of age, it has been found a significant effect of calcium on feed intake and feed conversion (egg dozen and egg mass). The calcium/phosphorus ratios did not affect ($P > 0.05$) the parameters related to the productive performance. With regard to the quality of the egg, calcium levels significantly affected the percentage, the weight and thickness of the egg shell and also the specific gravity of the eggs. Parameters related to egg quality were not affected ($P > 0.05$), by calcium/phosphorus ratios. Considering the composition of the egg shell, a linear increase was observed in the calcium content in grams, with increasing levels of dietary calcium; the calcium/phosphorus ratios did not affect ($P > 0.05$) the parameters related to the composition of the egg shell; there was interaction effect ($P < 0.01$) between calcium levels and calcium /phosphorus ratios on contents of mineral matter and phosphorus, in grams and the percentage of calcium in the egg shell. The calcium/phosphorus ratios did not affect ($P > 0.05$) the parameters related to the bone characteristics; calcium levels significantly affected the contents of calcium and phosphorus of the tibia, in grams. The contents of mineral matter, in percentage and in grams, of calcium and phosphorus, in percentage, were significantly affected by the interaction between calcium levels and calcium/phosphorus ratios. Considering the balance of calcium and phosphorus, it was observed effect ($P < 0.01$) of calcium levels to calcium intake, calcium excreted and retained, in percentage and grams/bird/day, and also, for the phosphorus excreted in grams/bird/day; the content of phosphorus in excreta, in grams/bird/day, was affected by the calcium/phosphorus ratios, the lower excretion of phosphorus was obtained with the calcium/phosphorus ratio 17:1; the percentage of mineral matter in excreta, consumption of phosphorus, phosphorus excreted in percentage, and phosphorus retained in percentage and gram /bird/day, were significantly influenced by the interaction between calcium levels and the calcium/phosphorus ratio. The requirement of calcium for commercial laying hens from 42 to 58 weeks of age is 4.43% in the diet that correspond an intake of 4.27 g of

calcium/hen/day. The better calcium: available phosphorus ratio is 17:1, corresponding to an available phosphorus intake of 251 mg/hen/day.

1. INTORDUÇÃO

A avicultura de postura tem evoluído muito nos últimos anos e, como segmento importante na produção de alimento de alto valor nutricional, tem se adequadado às técnicas que possibilitam a otimização da eficiência produtiva das aves. A alimentação representa a maior fração do custo de produção e pequenas melhorias na utilização dos nutrientes das dietas podem resultar em significativa redução de custo.

As poedeiras modernas são muito sensíveis às variações dos níveis nutricionais da dieta. O grande desafio de dominar o dinamismo da genética tornou as aves muito mais exigentes, principalmente sob o aspecto nutricional (GARCIA, 2004). Havendo vários estudos, buscando maior produção de ovos, boa conversão alimentar e menor porcentagem de ovos defeituosos. A suplementação mineral pode ser uma alternativa para melhorar o desempenho destas aves, assim como, a qualidade da casca dos ovos (COSTA et al., 2008).

Os minerais cálcio e fósforo são considerados os principais minerais na ração para poedeiras, podendo influenciar significativamente, na qualidade da casca dos ovos. A eficiência de utilização desses minerais é dependente da quantidade e da relação entre ambos. O excesso de cálcio na ração pode causar antagonismo na absorção de alguns minerais, tais como; fósforo, ferro, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros, influenciando assim, a manutenção da homeostasia desses minerais. Enquanto, o fósforo em excesso na ração prejudica a liberação de cálcio do osso e a adequada mineralização da casca do ovo. Por outro lado, a deficiência de cálcio também é prejudicial, podendo resultar em ovos de casca fina e também em queda na produção. Portanto, para que as aves expressem seu máximo potencial produtivo é essencial que suas exigências em cálcio e em fósforo, assim como as suas relações estejam adequadas.

Com os avanços obtidos, ao longo dos anos na avicultura, resultando em maior eficiência produtiva, tornou-se necessária a constante revisão e atualização das exigências nutricionais para poedeiras comerciais, principalmente as exigências em cálcio e em fósforo e a relação entre eles, as quais tem se modificado constantemente. Além disso, são poucos os trabalhos avaliando a exigência desses minerais para poedeiras e com grande variabilidade nos resultados obtidos; desta forma é extremamente importante que sejam avaliados os valores da exigência de cálcio e de fósforo e das relações entre estes dois minerais, a fim de atender as necessidades nutricionais dessas aves, para que possam alcançar o máximo potencial genético.

Estudos dessa natureza tem repercussão não só nos aspectos econômicos das rações, contribuindo para minimizar o custo de produção, como também reduzindo possíveis impactos ao meio ambiente, uma vez que, ao se conhecer a exigência dos animais, pode-se evitar o excesso de nutrientes fornecidos na ração e com isso diminuir a excreção de nutrientes não utilizados pelas aves para o ambiente.

Desta forma, objetivou-se neste trabalho determinar as exigências de cálcio e da relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do cálcio, do fósforo e da relação cálcio/fósforo no organismo animal

De acordo com Araújo et al. (2008), uma das mais importantes limitações nutricionais para poedeiras é a deficiência de minerais, uma vez que as matérias primas, basicamente, milho e soja, utilizadas na fabricação das rações, geralmente, não atendem as exigências dos animais. Tornando-se, então, necessária a suplementação mineral nas dietas.

Embora compondo apenas cerca de 5% do corpo de um animal, os nutrientes minerais contribuem com grande parte do esqueleto (80% a 85%), além de estarem presentes na formação da casca dos ovos e na estrutura dos músculos, sendo indispensáveis ao bom funcionamento do organismo (MCDOWELL, 1992).

Os minerais são considerados elementos essenciais para uma boa nutrição animal. Segundo Bertechini (2006), os minerais estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na reprodução, no crescimento, no metabolismo energético, entre outras funções fisiológicas vitais não só para manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade do animal.

O cálcio e o fósforo, juntamente com a proteína, são importantes nutrientes para o desenvolvimento ósseo dos animais. O fornecimento desses minerais em quantidades adequadas na ração assegura a boa qualidade de estrutura óssea. E, nos animais ovospositores, como aves de postura, são também indispensáveis para a boa qualidade da casca dos ovos (CABRAL et al., 1999).

Entre os nutrientes mais importantes para as aves, o cálcio é o mineral mais ativo, sendo indispensável para uma série de funções metabólicas, principalmente no desenvolvimento da ave. De acordo com Goff (2006), o cálcio extracelular é essencial para a formação dos tecidos esqueléticos, transmissão de impulsos nervosos, excitação das contrações musculares esquelética e cardíaca, e da coagulação sanguínea; além de ser componente da casca do ovo; e, o cálcio intracelular está envolvido em uma ampla gama de enzimas e funciona como importante segundo mensageiro, transportando informação da superfície da célula para o seu interior. Aproximadamente 98% do cálcio estão localizados no esqueleto ósseo, onde, juntamente com o ânion fosfato conferem resistência e dureza ao osso; os outros 2% do cálcio do organismo são encontrados primariamente nos fluidos extracelulares.

A resistência e a dureza esquelética dependem da concentração normal de cálcio. A mineralização óssea só ocorre quando as concentrações plasmáticas de cálcio e de fósforo estiverem normais; o mineral ósseo apresenta estrutura semelhante à hidroxiapatita. Além da função estrutural, o esqueleto atua como reservatório de cálcio, o qual pode ser utilizado para repor o cálcio extracelular em ocasiões que houver necessidade, como por exemplo, durante a formação da casca do ovo.

O cálcio intracelular também atua como segundo mensageiro; para retransmitir a informação do exterior da célula para seu interior; como por exemplo, a maior parte dos hormônios peptídicos não pode entrar na célula-alvo, onde iniciam a atividade biológica. A interação dos hormônios com seus receptores pode provocar a abertura de canais de cálcio na membrana celular. O cálcio extracelular entra para o interior da célula, elevando a sua concentração intracelular. Proteínas ligadoras de cálcio, como a calmodulina, ligam-se ao cálcio, provocando a mudança da forma dessas proteínas; e então o complexo cálcio-calmodulina estimula as enzimas ou a transcrição do DNA a iniciar a resposta biológica pela célula.

Quando a ingestão é suficiente ou excessiva, o cálcio é rapidamente depositado nos ossos; porém, quando em concentração insuficiente, o cálcio dos ossos é mobilizado, aumentando sua concentração sanguínea (SIMÕES, 2005). Esse mecanismo fisiológico é particularmente importante para as aves em postura devido à elevada exigência em cálcio para formação da casca durante toda a vida produtiva (MAZZUCO, 2006). Baixos níveis de cálcio podem interromper a produção de ovos pela suspensão da liberação das gonadotrofinas (MORRIS & NALBANDOV, 1961), além disto, o cálcio é componente necessário para formação da casca do ovo (BELL & WEAVER Jr., 2002).

A utilização do cálcio pelo organismo depende, principalmente, da idade e da espécie animal. Nas aves em crescimento, esse mineral é utilizado basicamente na formação óssea, enquanto que, nas aves em fase de produção, é utilizado principalmente na formação da casca do ovo, cujo peso médio é de 5 a 6 g, dos quais aproximadamente 2,0g são apenas de cálcio. O cálcio compreende cerca de 4% do peso do ovo, enquanto a casca é formada por 95% de carbonato de cálcio (ARAÚJO, 2009). A casca tem, em média, 5,6g de matéria inorgânica, sendo a maior parte composta por carbonato de cálcio. A quantidade de cálcio na casca do ovo é próxima de 10% do total de estoque de cálcio no corpo da ave (MACARI & MENDES, 2005). Assim, o cálcio é fundamental para manutenção e produção de ovos (ELAROUSSI et al., 1994).

Os sintomas de deficiência de cálcio em aves em desenvolvimento incluem atraso no crescimento, redução do consumo de ração, fragilidade óssea e, em aves adultas, presença de ovos com casca fina, redução na produção de ovos e também no conteúdo de cinzas e de cálcio nos ossos (SCOTT et al., 1982).

Uma das dificuldades de avaliar a exigência de cálcio se deve à sua capacidade de interação com outros nutrientes e ao ajuste de consumo das aves (DELL' ISOLA & BAIÃO, 2001). O cálcio e o fósforo são os principais minerais utilizados no desenvolvimento das aves, associados principalmente ao metabolismo, particularmente na formação óssea, sendo que 98 a 99% do cálcio e 80 a 85% do fósforo estão presentes nos ossos (SCOTT et al., 1982).

Depois do cálcio, o fósforo é o elemento mineral mais abundante no corpo do animal, compreendendo 22% dos minerais totais do organismo; é considerado o segundo mineral, depois do cálcio, o maior constituinte do sistema ósseo. A maior parte do fósforo encontrado no organismo está combinada com o oxigênio, formando o ânion fosfato; sendo este componente dos fosfolípidos, das fosfoproteínas, dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) essenciais para o crescimento e diferenciação celular, e também compõe as moléculas transferidoras de energia (ATP). Portanto, o ânion fosfato está envolvido em toda a via metabólica principal do organismo; além disto, é componente essencial do sistema tampão ácido-básico (GOFF, 2006). O fósforo também é ativador de coenzimas para o funcionamento da vitamina B (PIZZOLANTE, 2000).

O fósforo é um mineral essencial no metabolismo e na formação da casca dos ovos (SOHAIL & ROLAND, 2002). De acordo com Pelícia (2008), do total de fósforo utilizado pelas poedeiras durante o processo de formação do ovo, a maior parte é incorporada à gema sob a forma de fosfolípido e fosfoproteínas. Uma pequena quantidade é depositada na casca

para formar o fosfato de cálcio e uma menor fração é utilizada na formação da clara (CAVALHEIRO et al., 1983).

O nível dietético de fósforo pode alterar não somente a produção de ovos, mas também a qualidade da casca, e muitas vezes o nível de fósforo que proporciona melhor qualidade de casca pode não ser o mesmo que proporciona melhor produção de ovos (VANDEPOPULIERE & LYONS, 1992). Harms (1982) relata que a pequena produção científica em relação ao elemento fósforo, na qualidade da casca dos ovos se justifica pelo fato de a casca conter apenas 20 mg de fósforo e mais 130 a 140 mg contidos na gema.

O fósforo está intimamente ligado ao metabolismo do cálcio, principalmente no que se refere à absorção em níveis séricos; existe um limite estreito da calcemia, sendo o fósforo um dos fatores deste controle. A redução dos níveis séricos de cálcio depende da sua eliminação renal e incorporação na matriz óssea, juntamente com o fósforo (SALDANHA, 2008). Segundo Bertechini (2003), a deficiência de um deles na dieta limita o valor nutritivo de ambos.

De acordo com Pastore (2010), as respostas aos desajustes nos níveis de cálcio e de fósforo variam individualmente entre as aves. A inadequada relação cálcio/fósforo na ração, pela carência de um ou de outro, pode interferir na disponibilidade desses minerais e ocasionar desequilíbrio na homeostase mineral, além do desenvolvimento inapropriado dos ossos das aves e má formação da casca do ovo.

Quando o nível plasmático de cálcio está elevado, as células C das glândulas ultimobranquiais das aves são estimuladas a secretarem calcitonina, a qual aumenta a entrada do cálcio e do fósforo às células ósseas e reduz o movimento de cálcio e de fósforo ósseo para o plasma (GUYTON, 1988). Além de aumentar a perda de íons cálcio e fosfato na urina (CHAMPE et al., 1996).

Rações com baixa quantidade de fósforo provocam uma redução no nível sérico de fósforo inorgânico estimulando o aumento na produção de 1,25-dihidroxicolecalciferol e adaptação dos rins, a fim de aumentar a reabsorção de fósforo e compensar o baixo nível dietético (QUEIROZ, 2008). Enquanto que, elevados níveis plasmáticos de fósforo resultam em diminuição na absorção de cálcio pelo intestino e na mobilização do cálcio ósseo (ODERKIRK, 1998).

Mesmo consumindo rações com níveis adequados de fósforo, porém, com níveis insuficientes de cálcio, as aves aumentam a taxa de reabsorção óssea para suprir a exigência em cálcio, resultando na mobilização de fosfato ósseo, o qual será excretado na urina e

segundo Cronwell (1993), nesta situação ocorre um aumento na excreção de fósforo. Contudo, elevados níveis de cálcio na ração podem alterar a utilização de fósforo, como resultado da alteração da relação cálcio/fósforo (ANDERSON et al., 1995).

Elevada quantidade de cálcio no intestino, alta relação cálcio/fósforo na ração leva ao aumento do pH intestinal, reduzindo a absorção de fósforo, zinco e manganês (Oderkirk, 1998).

2.2. Homeostasia do cálcio e do fósforo no organismo animal

O nível plasmático de cálcio que representa cerca de 1% do total de cálcio do organismo é regulado através da interação entre os hormônios paratormônio e calcitonina e, a forma ativa da vitamina D, o 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D₃) e suas ações biológicas sobre o tecido ósseo, intestinal e renal (MUNDY & GUISE, 1999); e além desta interação, o estrógeno influencia na homeostasia do cálcio, promovendo a deposição de cálcio na região medular do osso (BAIÃO & LÚCIO, 2005). Os hormônios paratormônio e calcitonina também controlam o nível de fósforo sanguíneo (MCDOWELL, 1992).

A homeostase do cálcio no organismo é atingida eficientemente por meio da ação combinada de três órgãos-sistema: o trato gastrointestinal, rim e osso (HOENDEROP et al., 2005). O trato gastrointestinal é a via primordial de absorção do cálcio dietético, o rim é o órgão base da regulação plasmática de cálcio e o osso, o principal reservatório dinâmico desse mineral no organismo. A presença de receptores de membrana cálcio-sensíveis (CaRS) nesses órgãos é fundamental para essa regulação e para o adequado desenvolvimento esquelético (CHANG et al., 2008).

As glândulas paratireoides monitoram a concentração do cálcio sanguíneo na artéria carótida e secretam o paratormônio (PTH) quando há redução nos níveis de cálcio plasmático, o PTH por sua vez, estimula a mobilização de cálcio nos ossos e o aumento da reabsorção renal (CALDERANO, 2008); além de diminuir a absorção de fosfato (CHAMPE & HARVEY, 1996). Estudos sugerem que o PTH aumenta o transporte transepitelial de Ca²⁺ e sugerem que ambas as proteínas Kinase A (PKA) e kinase C (PKC) participam deste processo (HOENDEROP et al., 2005). Além disso, o PTH estimula a adenilato ciclase renal e então ativa a enzima 1 α -hidroxilase promovendo um aumento na concentração de 1,25-(OH)₂D₃.

Receptores sensíveis ao Ca²⁺ extracelular (CaRS) acoplados à proteína G localizados nas membranas das células paratireoides captam alterações nas concentrações de Ca²⁺ e sinalizam para se obter as respostas nestas células, ou seja, o cálcio atua modulando a resposta

celular através de uma proteína G; altas concentrações de Ca^{2+} extracelular sustentam um aumento no Ca^{2+} intracelular ou redução de AMPc, os quais por sua vez, inibem a secreção de PTH (BROWN & MACLEOD, 2001; CHANG & SHOBACK, 2004). Além disso, estudos sugerem que elevadas concentrações de Ca^{2+} extracelular também atuam reduzindo o RNAm para a pré-proteína PTH (HOENDEROP et al., 2005).

Durante a mobilização do cálcio ósseo, o fosfato é liberado juntamente com o cálcio na forma de cristais de hidroxiapatita. Desta maneira, o PTH aumenta a dissolução da matriz mineral óssea, reduzindo a absorção glomerular de íons fosfatos evitando o aumento na concentração de fosfato do plasma (GRANNER, 1990). O PTH também estimula a produção de 1,25-dihidroxicolecalciferol ($1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$) nos rins, o qual proporciona um aumento na reabsorção de cálcio renal, bem como na absorção de cálcio intestinal (LESSON & SUMMER, 2001).

As poedeiras comerciais requerem grande quantidade de cálcio para formação da casca do ovo, o qual é obtido pelo grande potencial de absorção intestinal. Nas aves, a glândula uropigeanas secreta a provitamina D_3 , e nas penas, é então convertida à vitamina D_3 . O metabólito ativo da vitamina D_3 , o $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ é o maior controlador da absorção intestinal de cálcio. Os rins sintetizam e secretam o $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$.

Para desempenhar a resposta biológica que resulta na homeostasia do cálcio, a vitamina D_3 regula e promove a absorção intestinal deste íon através de dois processos distintos, ambos envolvendo o metabólito $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$: 1) Ligação do metabólito com receptores específicos, localizados em órgãos alvos e; 2) através do mecanismo denominado transcaltaquia, no qual ocorre o imediato transporte de cálcio pela célula intestinal (NORMAN, 1990). Além de regular a homeostasia do cálcio no organismo, a vitamina D exerce grande ação sobre o metabolismo ósseo; poedeiras alimentadas com dietas deficientes em vitamina D podem apresentar reabsorção medular óssea, enquanto que, em aves não poedeiras pode ocorrer osteodistrofia (MACARI et al., 2005).

O primeiro processo de absorção de cálcio ocorre através da regulação da transcrição de genes específicos por meio do mecanismo de ligação entre o esteroide e o seu receptor (NORMAN, 1990). Neste processo, por meio de proteínas específicas presentes na circulação, o $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ se liga a elementos de resposta hormonal; a ligação do complexo com o DNA resulta então, na transcrição de mRNA e posterior biossíntese de proteínas específicas (LEHNINGER, 2005); como por exemplo, a calbindina $\text{D}_{28\text{K}}$ que atua facilitando a difusão de cálcio nas células entre as superfícies apical e basolateral (HOENDEROP et al., 2005). As

calbindinas D_{28k} e D_{9k} também atuam como um tampão citosólico para manter baixo o nível intracelular de íons cálcio durante o transporte transcelular dos mesmos (FEHER et al., 1992; BINDELS, 1993; LAMBERS et al., 2006). A calbindina-D pode aumentar diretamente a atividade da ATPase de membrana dependente de íons cálcio (WALTERS et al., 1990).

O segundo processo, a transcaltaquia ocorre quando, fisiologicamente, o intestino responde rapidamente (5-30 minutos) a baixas concentrações de $1,25-(OH)_2D_3$, resultando no transporte de cálcio da luz intestinal para o plexo vascular, especialmente na alça duodenal (NORMAN, 1990).

A absorção de cálcio está inversamente relacionada com o nível de cálcio da dieta e estima-se que em frangos de corte a absorção de cálcio seja 58% com 0,7% de cálcio na dieta e 45% com 1,0% de cálcio na dieta (RAMA-RAO et al., 2003) e; para poedeiras a absorção de cálcio seja de 58% com 4,0% de cálcio na dieta e de 51% com 4,5% de cálcio na dieta (Lichovnicova, 2007).

Vale também ressaltar que, o fósforo é absorvido no intestino delgado das aves na forma de ortofosfato (PO_4) por difusão simples seguindo o gradiente de concentração ou por transporte ativo dependente da vitamina D e de sódio (PIZZOLANTE, 2000). Muitos fatores podem regular a absorção de fósforo no intestino delgado. O transportador de fósforo, fósforo sódio IIb (NAP-IIb) é positivamente regulado pela vitamina D e pelo receptor de vitamina D (NIE et al., 2013). A expressão ou a atividade do NAP-IIb podem ser melhoradas através do sistema endócrino via vitamina D (WANG & YIN, 2009). Fatores como: pH, viscosidade intestinal, nível de disponibilidade de fósforo na fonte, relação cálcio: fósforo, presença de minerais como o manganês, magnésio, ferro e alumínio (WALDROUP, 1989), idade das aves (PIZZOLANTE, 2000), podem afetar a absorção do fósforo. Além desses fatores, o cálcio dietético também pode desempenhar grande impacto na absorção do fósforo no intestino delgado das aves (AL-MASRI, 1995). O cálcio e o fósforo dietéticos provocam efeitos significativos na expressão da calbindina D_{28k} no duodeno de frangos de corte (LI et al., 2012). Estes achados sugerem que expressão para NAP-IIb, calbindina D_{28k} e para o receptor da vitamina D pode estar envolvida na regulação e absorção tanto de cálcio, quanto de fósforo (NIE et al., 2013). O fósforo absorvido cai na corrente sanguínea e seu mecanismo de transporte é regulado por um sistema hormonal constituído pelos hormônios paratireoideanos, calcitonina e estrógeno (MURRAY et al., 1990).

O aumento da concentração plasmática de cálcio estimula as células C da glândula paratireoide em mamíferos e as glândulas ultimobranquiais em aves (HAYS & SWENSON,

1996) a secretarem calcitonina, que tem como função reduzir a concentração de cálcio inibindo a sua reabsorção renal a partir do filtrado glomerular, resultando na excreção aumentada de cálcio; e inibição da reabsorção do cálcio, retardando a entrada deste íon nos fluídos extracelulares (GOFF, 2006); a calcitonina não estimula a formação de AMPc renal. A calcitonina também atua na entrada do fosfato às células ósseas e no fluido periósseo, além disso, reduz o movimento de cálcio ósseo para o plasma, enquanto o PTH estimula o movimento do cálcio e do fósforo dos ossos para o sangue (GUYTON, 1988). Portanto, em situações de hipercalcemia, ou seja, ao fornecer dietas com elevada quantidade de cálcio, ocorre então, a secreção de calcitonina nas aves, o qual, além de estimular a excreção de cálcio e de fósforo nos rins também inibe a mobilização de cálcio dos ossos. Essa ação faz com que os níveis de cálcio e de fósforo sejam reduzidos no sangue (MACARI, 2002).

A excreção de cálcio e de fósforo ocorre por dois processos. O primeiro está relacionado ao material que não foi absorvido. O segundo é por via urinária, onde há controle hormonal na excreção renal. Este controle da excreção é altamente correlacionado com a quantidade de cálcio e de fósforo no plasma, e este por sua vez, reflete o estado fisiológico do animal em determinado momento. Assim, a excreção é influenciada de forma direta pela absorção e utilização desses minerais pelo animal. O PTH atua por meio dos receptores sensíveis ao cálcio (CaSR) reduzindo de forma direta a excreção de cálcio via urina e, indiretamente (ação da vitamina D) via fezes. Ao mesmo tempo o PTH aumenta a excreção de fósforo devido sua ação sobre os ossos liberando íons fosfato na circulação.

A reabsorção renal de cálcio promovida pelo PTH se deve à presença de receptores específicos na membrana do rim para este hormônio, ativando a adenilato-ciclase e causando aumento na produção de AMP intracelular dose-dependente e excreção urinária de AMPc (PINES et al., 1983; RENFRO & CLARCK, 1984; WIDEMAN JR. & YOUTZ, 1985). A ativação renal da adenilato ciclase pelo PTH é potencializada pelo GTP, o qual se liga a subunidade regulatória do complexo receptor-adenilato-ciclase aumentando a produção de AMPc sem alterar a afinidade de ligação dos receptores ao PTH (WIDEMAN JR. & YOUTZ, 1985).

Presume-se que os segundos mensageiros, como o AMPc ou as prostaglandinas medeiam alterações agudas no transporte de cálcio e de fósforo (WIDEMAN JR., 1986). A reabsorção de fósforo via rins em aves é um processo de transporte saturável dependente do co-transporte de sódio através das membranas da borda em escova do túbulo proximal renal (GRAHN et al., 1982; LIANG et al., 1982; LIANG et al., 1984). A inibição da reabsorção de

fósforo pelo PTH, é mediada pela ativação da proteína quinase AMPc, seguida por fosforilação de proteínas específicas da membrana.

A resposta aos baixos níveis de cálcio e de fósforo varia individualmente entre as aves. Baixos níveis de cálcio e de fósforo na ração proporcionam grande efeito adverso no sistema ósseo, incluindo osteopenia. Rações com níveis adequados de cálcio, porém, com baixa quantidade de fósforo, promovem redução no nível sérico de fósforo inorgânico, que por sua vez, estimula a produção de $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ pelos rins, o qual atua aumentando a absorção intestinal tanto de fósforo quanto de cálcio, até o retorno dos níveis séricos normais. A ausência da ação do PTH proporciona a perda de cálcio na urina, mau funcionamento dos rins e redução da deposição e do crescimento no tecido ósseo. Caso o período de carência seja prolongado poderá ocorrer doença óssea e até mortalidade.

2.3. Importância do cálcio e do fósforo e das relações cálcio/fósforo no desempenho produtivo das aves e na qualidade dos ovos

Os minerais são muito importantes na nutrição das aves, em especial o cálcio e o fósforo, os quais participam de uma série de funções metabólicas, relacionadas diretamente ao desenvolvimento da ave, qualidade da casca dos ovos, além de participar de atividades enzimáticas. O cálcio é um dos principais elementos para manutenção e produção de ovos (NARVÁEZ et al., 1997). Sendo este estudado para melhorar a qualidade da casca dos ovos e também o sistema ósseo de poedeiras.

Nas linhagens modernas de poedeiras, o equilíbrio entre crescimento, reservas esqueléticas, consumo de alimento e produção de ovos pode melhorar o potencial produtivo (CRANSBERG, 2001).

Ao aproximar-se a maturidade sexual, a ave inicia um processo de mudança fisiológica que permite a formação dos ovos, sendo necessárias reservas adequadas de cálcio nos ossos (KORVER, 2002). O início da ovulação em poedeiras está associado com um aumento da absorção de cálcio e por elevadas concentrações de calbindina D_{28k} (NYS, 1993), o qual coincide com aumento nas concentrações de $1,25\text{(OH)}_2\text{D}_3$. Além disso, a calbindina D_{28k} tem um sinergismo com os esteroides sexuais (estrógeno) relacionado com o crescimento e a maturação do oviduto (NYS, 1993), bem como no transporte de cálcio no duodeno (BECK & HANSENS, 2004). A ave não inicia a formação da casca dos ovos antes da maturidade sexual, comprovando que a taxa de crescimento é lenta e que a demanda de cálcio dos tecidos do corpo é relativamente baixa (NUNES et al., 2008).

As poedeiras absorvem ativamente o cálcio da dieta para a formação da casca do ovo ao longo de todo trato gastrintestinal, com máxima expressão da proteína ligadora de cálcio no duodeno (SUGIYAMA et al., 2007) e para a calcificação da casca ocorre também a reabsorção de cálcio ósseo e simultânea regulação da excreção renal, reduzindo o cálcio excretado e aumentando a excreção de fósforo (WIDEMAN, 1987).

Segundo Leeson & Summers (1997), a utilização das reservas de cálcio dos ossos medulares para a formação dos ovos pelas aves resulta em uma perda súbita de 2 g de cálcio corporal, sendo, portanto; necessária uma reserva de cálcio nos ossos antes do período de produção. Para isso, devem ser fornecidos níveis significativos de cálcio nas dietas de pré-postura.

O cálcio utilizado para a formação da casca é oriundo diretamente do duodeno e jejuno e indiretamente do osso medular, através de um processo de reabsorção óssea (WILSON et al., 1980). Aproximadamente 30 a 40% do cálcio da casca do ovo tem origem no cálcio ósseo medular; sendo que, a formação da matriz óssea medular é induzida por esteroides sexuais, independente do nível de vitamina D (TAKAHASHI et al., 1983).

O suprimento de cálcio para a formação da casca tem origem primariamente via ração e o íon carbonato é originado do gás carbônico (CO_2) produzido pelo metabolismo da ave. Para a formação da casca do ovo há a necessidade de um suprimento adequado de íons cálcio ao útero e a presença de íons carbonato em seu fluído, em quantidade suficiente para formar o carbonato de cálcio; sendo que, o íon carbonato é formado a partir de CO_2 e H_2O por intermédio da enzima anidrase carbônica, encontrada na mucosa do útero da galinha (BAIÃO & LÚCIO, 2005).

O fósforo desempenha um papel significante na formação da casca do ovo. Apesar de conter pequena quantidade de fósforo na casca, esse mineral interage com o cálcio durante a formação dos ossos. O cálcio é armazenado nos ossos como fosfato de cálcio e a síntese da medula óssea exige fósforo dietético (AHMAD & BALANDER, 2003). Assim, a exigência de fósforo das poedeiras está associada com a exigência de cálcio, e a dinâmica da medula óssea. Um pico na concentração plasmática de fósforo ocorre à noite quando a atividade na medula óssea é alta. Como a maioria do fósforo liberado é excretada na urina, as aves necessitam de fósforo extra para recompor os ossos no momento em que não está ocorrendo a calcificação da casca (LEESON & SUMMER, 2001).

Quando a absorção de cálcio pelo intestino não sustentar a taxa de utilização de cálcio pela glândula da casca ou quando ocorre a calcificação da casca do ovo durante a noite,

enquanto o intestino está vazio, os teores de cálcio no sangue diminuem. A diminuição de cálcio sanguíneo estimula as glândulas paratiróides a secretarem o PTH, o que resulta em aumento da mobilização mineral óssea. Devido à solubilização mineral óssea (relação Ca: P = 2,5:1) é liberado mais fósforo do que o necessário para formar um ovo (relação Ca: P = 20:1), assim, existe o potencial para o excesso de fósforo se acumular no sangue (WIDEMAN et al., 1983). Esta hiperfosfatemia, se não compensada, poderá suprimir os níveis sanguíneos de cálcio (WIDEMAN et al., 1980). O acúmulo de fósforo no sangue é evitado ou atenuado pelo estímulo do PTH sobre a excreção urinária de fósforo. E, ao mesmo tempo, como resultado de reduzidas velocidades de filtração de cálcio e /ou como um resultado da uma ação endógena sustentada do PTH nos rins, a excreção urinária de cálcio reduz, permanecendo o cálcio disponível para a formação da casca.

A resposta fosfatúrica ao PTH serve como tampão à acidez urinária (PRASHADD & EDWARDS, 1973). Íons de hidrogênio e íons carbonato são gerados quando a casca do ovo é formada pelo útero. A acidose metabólica, resultante é atenuada pelo aumento da excreção renal de ácido. Na ausência de excesso de fósforo; a acidez na urina nas aves é tamponada principalmente por sais do ácido úrico, porém se o fósforo está presente em abundância então pode servir como o principal tampão urinário durante a formação da casca do ovo (PRASHADD & EDWARDS, 1973). Este papel de tamponamento pelo fósforo excretado provavelmente é um processo secundário, uma vez que, a função primária é eliminar o excesso de fósforo derivado da reabsorção óssea (PRASHADD & EDWARDS, 1973). Não há nenhuma evidência de acoplamento obrigatório entre acidose metabólica e aumento na excreção urinária de fósforo, particularmente tendo em conta a observação de que a acidose metabólica tende diminuir a secreção de PTH, pela elevação de cálcio ionizado no sangue.

O nível de PTH no plasma das aves somente encontra-se elevado durante a deposição de cálcio na casca do ovo, após o qual cai novamente (MACARI et al., 2005).

O ciclo de postura de ovos das aves é um exemplo notável de como o sistema homeostático de cálcio extracelular se ajusta para grandes mudanças nas necessidades do organismo em cálcio. As galinhas poedeiras depositam uma quantidade de Ca^{2+} no ovo na ordem de 10% do que está presente em todo o seu esqueleto. Este Ca^{2+} deve ser adquirido a partir de fontes dietéticas e do esqueleto, durante algumas horas (BROWN & MACLOAD, 2001). Subsequentemente, no entanto, o Ca^{2+} perdido a partir do esqueleto deve ser rapidamente repostado, para evitar o esgotamento progressivo das reservas esqueléticas de Ca^{2+} ao longo do ciclo de postura. Estes grandes fluxos de Ca^{2+} exigem que todo o Ca^{2+} iônico do

plasma da galinha seja entregue em um tempo constante da ordem de minutos (HURWITZ, 1973). No entanto, o mecanismo homeostático mineral iônico da galinha é capaz de manter quase invariável o nível de Ca^{2+} no soro (DIAZ et al., 1997; HURWITZ, 1997). Tal precisão no controle do Ca^{2+} extracelular, é claro, é crucial para assegurar a disponibilidade constante de Ca^{2+} para os processos vitais, tais como a secreção hormonal, contratilidade cardíaca, e assim por diante.

A casca do ovo deve ser bem formada, uma vez que sua função é proteger o conteúdo existente em seu interior. Sendo a qualidade da casca definida pelo peso específico e a sua relação com a porosidade da casca, uma vez que apresenta correlação positiva com a espessura e negativa com a concentração de poros (LEESSON & SUMMERS, 2000).

Aproximadamente 6 horas após a ovulação o ovo chega ao útero e permanece neste segmento durante 18 a 20 horas. A calcificação ocorre de forma muito lenta. Logo no início da entrada do ovo em formação no útero, ocorre a deposição de água para dentro do albúmen. A taxa de deposição de cálcio para a formação da casca atinge um máximo dentro de 14 horas de formação do ovo, reduzindo durante as duas horas finais.

A estrutura da casca é perfeitamente ordenada, na qual é dividida em camadas e resulta de uma deposição sequencial de frações orgânica e mineral e ocorre nos segmentos istmo e útero da galinha, durante um período predeterminado.

A porção orgânica da casca consiste nas membranas da casca, nos sítios mamilares de nucleação e na cutícula. A fração calcificada é composta pela camada mamilar (ou camada de botões mamilares), camada em paliçada e camada de cristal vertical (HUNTON, 2005).

De acordo com Solomon (1992), na região do istmo há secreção das membranas da casca pelas glândulas tubulares. Nesta região também se originam os sítios mamilares de nucleação, ao redor dos quais os sais de cálcio se depositam. O processo de calcificação ocorre nas porções iniciais do útero, onde começa a formação da camada mamilar. Em sequência, o ovo permanece no útero finalizando a formação da camada de botões mamilares e produzindo a camada em paliçada, a camada de cristal vertical e a cutícula (CHIEN et al., 2009).

Na sequência da formação da casca as primeiras camadas correspondem às membranas interna e externa, que se encontram ligadas exceto na região da câmara de ar. A membrana interna contorna o albúmen enquanto a membrana externa permanece ligada à porção calcificada da casca. Ambas têm aspecto de uma cadeia de fibras entrelaçadas com pequenas protuberâncias (LEACH JR., 1992).

As membranas da casca são semipermeáveis e permitem a troca de gases e água enquanto retêm as proteínas do albúmen (BOARD, 1980). Segundo Krampitz & Grazer (1988), a presença destas estruturas age como um filtro contra a penetração de microorganismos e também são pré-requisitos para a mineralização da casca, visto que o crescimento de cristais é iniciado caudalmente a esta região. A deposição de carbonato de cálcio na forma de calcita se inicia em agregados específicos, os chamados sítios mamilares de nucleação, que são formados nas membranas da casca. Estes núcleos orgânicos consistem num complexo proteína-mucopolissacarídeo e a presença de ovoalbumina, lisozima e ovotransferrina também têm sido demonstradas nestes locais ligadas à membrana da casca (CHIEN et al., 2009).

A camada paliçada ou camada em paliçada da casca (Figura 1) estende-se além da base da camada mamilar e termina alinhada perpendicularmente a superfície da casca numa fina camada de cristal vertical. É composta de colunas de cristais romboédricos de calcita com orifícios vesiculares e em alta magnitude tem a aparência facetada, sendo também denominada camada esponjosa (PARSONS, 1982).

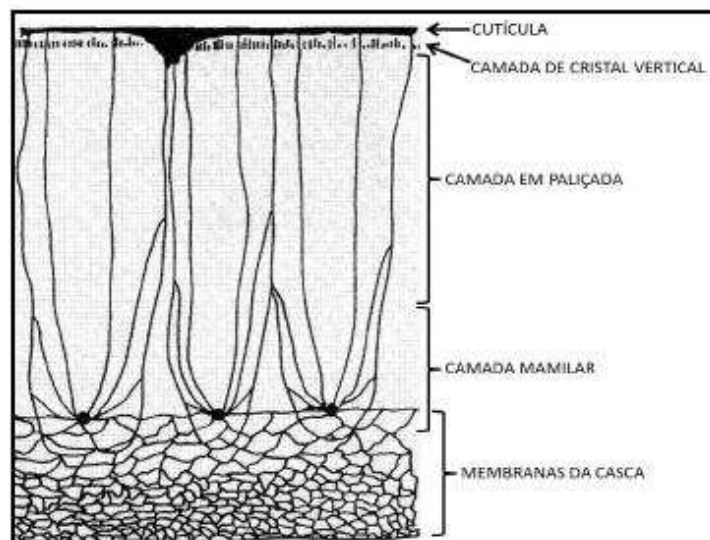


Figura 4 - Desenho esquemático de corte transversal da casca do ovo. Adaptado de Parsons (1982).

A porção calcificada da casca encerra-se na camada de cristal vertical, que é constituída de fina camada superficial de cristais com calcita verticalmente orientada, sendo uma extensão da camada em paliçada, porém contendo uma quantidade bem menor de orifícios vesiculares. A sua posição resulta na orientação da matriz perpendicular à superfície (PARSONS, 1982). Durante e posteriormente à deposição desta fina camada, os níveis séricos

de fosfato se elevam, induzindo a interrupção da calcificação. Portanto, a formação da casca é um processo sequencial e as fases se seguem com uma duração definida depois da ovulação (FERNANDEZ et al., 1997).

De acordo com Pinto et al. (2003), os ingredientes base da alimentação de aves, normalmente o milho e a soja, possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para suprir as exigências nutricionais desses animais; assim, torna-se necessário a suplementação de cálcio na ração.

A exigência de um nutriente pelas aves pode ser definida pela quantidade do mesmo a ser fornecida na ração para atender as necessidades do animal em condições de ambiente compatível com a boa saúde do animal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007). A atualização desses valores é de grande importância para todas as espécies avícolas, uma vez que determina se as aves vão atingir seu máximo potencial genético (ALBINO & BARRETO, 2003).

É importante conhecer os valores não só das exigências em cálcio e em fósforo, como também da relação cálcio/fósforo para as aves, pois, conhecendo-se estes valores pode-se evitar o excesso ou a deficiência desses minerais na ração, evitando efeitos negativos tanto no desempenho das aves, como na produção e na qualidade da casca dos ovos.

O excesso de cálcio, por exemplo, pode interferir na disponibilidade de outros minerais, como o fósforo, o manganês e o zinco, além de tornar a ração menos palatável (GERALDO et al., 2006). O zinco é crucial para assegurar o adequado suprimento de carbonato para formação da casca, uma vez que, segundo Mabe (2001), o zinco atua como ativador de enzimas, desempenhando papel importante na qualidade de casca, pois está diretamente relacionado com a atividade da anidrase carbônica; ou seja, é um cofator essencial no sistema enzimático da anidrase carbônica, a qual controla a transferência de íons bicarbonato do sangue para a glândula da casca.

Em aves adultas, rações deficientes em cálcio promovem mobilização óssea, aumentando a concentração de cálcio no sangue tornando o osso poroso, podendo levar à condição de osteoporose. De forma similar, nas aves em crescimento, a deficiência de cálcio, pode causar anormalidades no esqueleto, incluindo raquitismo, discondroplasia e artrites (SIMÕES, 2005).

Keshavarz & Nakajima (1993) não observaram reduções da capacidade de poedeiras em absorver, reter ou utilizar cálcio do osso para formação da casca, com o aumento da idade das aves. Já, Elaroussi et al. (1994) verificaram que, em poedeiras em produção, o aumento da

demanda de cálcio é acompanhado por aumento da absorção intestinal e diminuição da excreção renal, ao mesmo tempo em que, maior concentração de cálcio disponível no trato digestivo durante o período de formação da casca levaria à menor mobilização da reserva de cálcio ósseo (FARMER et al., 1986).

Narváez et al. (1997) conduziram um experimento com o objetivo de estimar as exigências de cálcio para poedeiras leves e verificaram que o nível de cálcio na ração varia em função da característica que se pretende avaliar; recomendaram um nível de 3,58% de cálcio para um consumo de 112,3g/ave/dia, o que corresponde a 4,02g/ave/dia de cálcio. Bar et al. (2002) relataram que teores entre 3,6 a 4,0% de cálcio na dieta são suficientes para boa produção de ovos e melhor qualidade da casca em poedeiras semipesadas de 57 a 92 semanas de idade. Rama Rao et al. (2003) constataram que o nível de 3,25% de cálcio por dia é suficiente para ótima produção e ótima qualidade da casca do ovo de poedeiras leves no período de 28 a 38 semanas de idade. Rodrigues et al. (2005) recomendaram 3,5% de cálcio em dietas para poedeiras leves de segundo ciclo. Em experimento com poedeiras brancas de 79 a 106 semanas de idade, Hernández-Sánchez et al. (2006) verificaram maior espessura de casca do ovo quando o consumo diário de cálcio foi de 4,02 g/ave, porém, recomendaram 3,17 g/ave/dia como nível econômico ótimo. Silva et al. (2007) recomendaram 4,2% de cálcio em dietas para poedeiras leves e semipesadas durante o terço final do ciclo de produção. Murata et al. (2009) ao estudarem níveis de cálcio e a granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras leves com 57 semanas de idade, concluíram que o aumento nos níveis de cálcio (3,75 a 4,55%) nas dietas melhorou o peso dos ovos e a espessura da casca, independentemente da utilização do calcário pedrisco; porém, os maiores níveis de cálcio (4,15 e 4,55%) não melhoraram a produção de ovos e a resistência da casca.

Na prática, segundo Calderano (2010), a proporção de cálcio deve ser sempre ajustada de acordo com o consumo de ração, assegurando um consumo de 4 a 4,5 g de cálcio por ave por dia. Rostagno et al. (2011) recomendam 4,02 g/ave/dia de cálcio na ração para poedeiras leves em produção. Porém, Pastore et al. (2012) concluíram que 3,51 g/ave/dia de cálcio é suficiente para manter a produção e a qualidade dos ovos de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade.

As aves tem a capacidade de regular o consumo de cálcio para atender sua exigência (SILVA, 1990). Taher et al. (1984) observaram que o fornecimento de ração contendo 5% de cálcio causou uma redução no consumo de calcário em pedrisco em poedeiras com 58

semanas de idade, em relação às aves recebendo ração contendo 1 e 3% de cálcio. Segundo Borges (1999), o consumo de ração pelas aves pode ser afetado pelo cálcio, o qual, possivelmente parece agir no hipotálamo, sendo ainda não conhecido se sua ação é direta ou indireta, pois o mesmo induz a liberação de noraepinefrina, um mediador que atua no sistema nervoso central, propiciando aumento no consumo de ração.

Ao contrário do cálcio, o nível de fósforo no plasma sanguíneo, não tem mecanismo de regulação eficiente e varia muito com o nível de fósforo oferecido na dieta. A qualidade da casca pode ser prejudicada tanto pelo baixo como pelo alto nível de fósforo na dieta. O fósforo tem importância significativa na qualidade de casca dos ovos, sendo este depositado no período final de formação do ovo e está presente na casca do ovo em pequena quantidade, e além disso, não está homogeneamente distribuído e se encontra na parte exterior da casca.

Em aves, a concentração sanguínea de fósforo é de 35 a 45 mg/100 ml, sendo que aproximadamente 10% deste está na forma de fosfato inorgânico (SCOTT et al., 1982). Segundo Pizzolante (2000), o fósforo está envolvido na formação de colágeno e na mineralização óssea, aumentando a resistência tênsil do osso e acelerando a cicatrização de fraturas, ativador de coenzimas para o funcionamento de vitamina B, além de função tamponante no líquido intracelular e nos fluídos tubulares dos rins. Também influencia o apetite e a eficiência alimentar (RUNHO et al., 2001), além de estar altamente relacionado com a produção e a qualidade dos ovos.

Summers (1995) ao estudar os níveis de fósforo disponível (0,2 e 0,4%) observou redução na produção de ovos de poedeiras leves, após 32 semanas de idade, ao fornecer dietas com 0,2% de fósforo disponível. Contudo, Rodrigues (1995) trabalhando com aves de segundo ciclo de postura, concluiu que 0,35% de fósforo disponível para a fase inicial e 0,25% para a fase final foram satisfatórios para o desempenho e a qualidade do ovo das mesmas. Rostagno et al. (2005) recomendam um consumo de 375mg/dia de fósforo disponível para poedeiras leves em fase de produção. Rostagno et al. (2011) recomendam 300 mg/dia de fósforo disponível e segundo o manual Hy-Line W 36, a exigência de fósforo disponível varia de 500 a 400 mg/dia, de acordo com a idade produtiva das aves. Pastore et al. (2012) recomendam a formulação de rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade com 289 mg de fósforo disponível por ave por dia; valor este, superior ao recomendado pelo NRC (1994), igual a 250 mg/ave/dia.

Segundo De Lange et al. (1999), a utilização de fósforo é afetada pela relação cálcio:fósforo da dieta e deve ser mantida em níveis baixos. Bormann et al. (2001) avaliando os

níveis de fósforo disponível de 0,18; 0,24; 0,30 e 0,36% na ração com as seguintes relações cálcio/fósforo 21,11:1; 15,83:1; 12,66:1 e 10,55:1; concluíram que 0,29% de fósforo disponível (relação cálcio/fósforo 13,10:1) é suficiente para atender as exigências de poedeiras leves com 72 semanas de idade, além disso, relataram que conforme se aumentam os níveis de fósforo disponível na ração, ou seja, menor relação cálcio/fósforo, piora a qualidade da casca. Silva et al. (2008) ao avaliarem relações cálcio/fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras, concluíram que dietas contendo relação cálcio: fósforo de 14:1 (4,2% de cálcio e 0,3% de fósforo) sem adição de fitase ou com relação cálcio: fósforo disponível de 12:1 (3,5% de cálcio e 0,3% de fósforo) com adição de fitase (300UF), promoveram desempenho satisfatório em poedeiras semipesadas no primeiro ciclo de produção. Pelícia et al. (2009) ao avaliarem quatro níveis de fósforo (0,25; 0,30; 0,35; e 0,40%) e quatro níveis de cálcio (3,0; 3,5; 4,0 e 4,5%) concluíram que os níveis de 4,5% de cálcio (5,61 g/ave/dia) e 0,25% de fósforo na dieta (311 mg/ave/dia), correspondentes à relação cálcio/fósforo 17,2:1, não prejudicaram o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas, no segundo ciclo de produção. Lopes (2011) concluiu que a melhor relação cálcio/fósforo disponível para poedeiras leves no segundo ciclo de produção é igual a 12,12:1, correspondente a um consumo de 325 mg de fósforo disponível/ave/dia. Da mesma forma, Pastore et al. (2012) também concluíram que a melhor relação cálcio/fósforo para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade é igual a 12,12:1, correspondente a um consumo de 289 mg de fósforo disponível/ave/dia.

O fósforo é um mineral que requer atenção especial, tanto pela sua importância metabólica como econômica. Segundo Gomes (2004), o fósforo é indicado como o terceiro nutriente mais caro em ração para monogástricos, ficando atrás somente da energia e da proteína, particularmente dos aminoácidos sulfurados e da lisina.

Desta forma, justifica-se a necessidade de estabelecer não só, as exigências de cálcio e de fósforo como também, as relações cálcio/fósforo para poedeiras comerciais, uma vez que, são escassas as informações; a fim de alcançar o máximo desempenho produtivo, priorizando a qualidade dos ovos.

2.4. Importância do cálcio e do fósforo e das relações cálcio/fósforo sobre as características ósseas de poedeiras

Tanto o cálcio, como o fósforo, realizam uma função muito importante no metabolismo animal, principalmente com respeito à formação óssea, assim, uma deficiência ou excesso desses minerais na dieta impossibilita a expressão do máximo desempenho

animal. A vitamina D está estreitamente relacionada ao metabolismo do cálcio e do fósforo, assim na falta de algum deles, há o comprometimento da homeostase destes minerais e, conseqüentemente redução na calcificação e limitações no crescimento das aves (MACARI et al., 2002).

O osso é constituído de 22% de matriz orgânica, 9% de água e 69% de materiais inorgânicos. A matriz orgânica tem como componente predominante o colágeno (90%), que participa no processo de mineralização óssea, sendo os 10% restantes referentes à substância amorfa (BANKS, 1991). O sistema ósseo desempenha para o animal várias funções importantes, tais como proteção mecânica de tecidos e órgãos, suporte estrutural para o corpo, atuação como sistema de alavancas transformando as contrações musculares em movimentos úteis, e alojamento da medula óssea (SEIFERT & WARTKINS, 1997). Ainda, serve de reserva metabólica de cálcio e de fósforo ao organismo, os quais podem ser mobilizados durante alterações da homeostase (PIZAURO JÚNIOR, 2002).

O tecido ósseo é um tipo especializado de tecido formado por células e material extracelular calcificado, a matriz óssea. As células são os osteócitos, que se situam em cavidades ou lacunas no interior da matriz; os osteoblastos, produtores da parte orgânica da matriz e os osteoclastos, células gigantes, móveis e multinucleadas, que reabsorvem o tecido ósseo, participando dos processos de remodelação dos ossos (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004).

Uma suplementação mineral inadequada durante a fase de crescimento terá como consequência um desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado dos ossos das aves, ou seja, calcificação anormal dos ossos (MUNIZ et al., 2007). No entanto, o cálcio em excesso pode agir como antagonista dificultando a absorção de alguns minerais tais como ferro, cobre, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros. O principal sintoma de deficiência de cálcio e de fósforo é, além de um menor desempenho das aves, o aparecimento de ossos e bicos frágeis (ARAÚJO et al., 2008).

De acordo com Bar (2003), a ave desenvolve nos primeiros dias de vida um mecanismo adaptativo típico, relacionado com a síntese de proteína ligadora de cálcio duodenal, que se mantém com a idade e então, durante o crescimento suas necessidades minerais para a formação óssea mantêm-se constante.

A resposta das aves para o cálcio dietético e a exigência de cálcio é modificada pela taxa de crescimento (HURWITZ et al., 1995). O crescimento ósseo é sinalizado pelo cálcio extracelular nos receptores de membrana Ca^{2+} sensíveis localizados na paratireoide, osso,

cartilagem e rim, o que determina o início da diferenciação dos osteoblastos (CHANG, 2008). Inicia-se então um período de intensa formação óssea entre os 4 e 18 dias, para prover um adequado suporte esquelético para o crescimento da ave (WILLIAMS, 2000). A demanda de cálcio aumenta nesta idade e depois diminui (BRONNER, 1993).

Segundo Anderson (1989), a calcificação ocorre em duas fases. Na primeira fase o cálcio e o fosfato são transportados para o interior da vesícula por um canal de cálcio através da membrana. No interior da vesícula extracelular, o cálcio liga-se aos lipídeos da membrana e às proteínas ligadoras de cálcio localizadas no interior das vesículas da matriz. Concomitantemente, a fosfatase alcalina fornece o fosfato através da sua ação sobre seu substrato fisiológico. No interior da vesícula o aumento do cálcio iônico em relação ao fosfato, provoca a precipitação do fosfato de cálcio e formação de cristais na forma de pequenas agulhas. O primeiro cristal que se forma no interior da vesícula não é cristalino. Ele é formado como um intermediário e depois convertido em hidroxiapatita. Na segunda fase denominada fase de crescimento do mineral, os cristais de hidroxiapatita rompem a membrana da vesícula e extravasam para o meio extracelular, provocando o crescimento dos cristais.

O desenvolvimento ósseo está intimamente relacionado com o crescimento do animal, desta maneira o tecido ósseo cresce e se desenvolve à medida que está sendo utilizado e pode atrofiar quando em desuso. Funciona como uma reserva metabólica de cálcio e de fósforo que pode ser exigida do animal quando houver alterações na homeostase (KUSSAKAWA & FARIA, 1998). As deficiências do conteúdo de cálcio e ou de fósforo ou a inadequada relação entre esses minerais podem dificultar o crescimento do osso e levar à maior incidência de anomalias nas pernas (XIE et al., 2009).

Uma redução no cálcio plasmático estimula a secreção de PTH, que atua diretamente nos rins na reabsorção de cálcio e no aumento da síntese de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Com o aumento da reabsorção de cálcio nos ossos, há um aumento da absorção de cálcio no intestino e aumento nas concentrações plasmáticas de cálcio, levando à liberação de calcitonina, que atuará inibindo o processo de forma a manter a homeostase no organismo (BAYNES & DOMINICZAK, 2000).

No metabolismo ósseo, o PTH age ativando os osteoclastos, a partir dos osteoblastos, os quais possuem receptores para este hormônio. Por sua vez, a calcitonina tem efeito antagônico inibindo a ação dos osteoclastos, por meio da diminuição de células progenitoras (BAYNES & DOMINICZAK, 2000). Além disso, o PTH estimula a ação da enzima $1-\alpha$ -

hidroxilase em baixas concentrações séricas de fosfato e de cálcio. O $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ aumenta a absorção de cálcio e fosfato atuando juntamente com o PTH (BAYNES & DOMINICZAK, 2000).

A mobilização do cálcio do osso ocorre quando o fornecimento, tanto de cálcio quanto de fósforo for inadequado para atender aos requerimentos nutricionais das aves (JULIAN, 2005; AGROCERES ROSS, 2006). A liberação do cálcio ósseo é acompanhada pela de fósforo, aumentando significativamente o nível de fósforo no sangue, o qual é mais do que suficiente para suprir as necessidades da ave, tanto metabólicas, quanto para deposição na casca do ovo (MAGALHÃES, 2007).

Se a concentração de cálcio no sangue diminui, rapidamente o cálcio é então mobilizado dos ossos para que seu nível na corrente sanguínea seja normalizado (Vargas Jr. et al., 2004). Fisiologicamente, isso pode ser explicado pelo fato que, quando o cálcio é fornecido em níveis baixos na ração, há maior síntese da proteína ligadora de cálcio, aumentando a eficiência de absorção e melhorando o aproveitamento do cálcio. No entanto, essa melhora ocorre até determinado nível, a partir do qual a elevação dos teores de cálcio reduz a absorção, comprovando que, sob baixa disponibilidade, há maior eficiência de utilização desse mineral (DELL'ISOLA & BAIÃO, 2001).

De acordo com Mazzuco (2006), esse mecanismo de reabsorção óssea é particularmente importante para aves de postura devido à elevada exigência de cálcio para formação da casca durante toda sua vida produtiva; sendo que o cálcio é obtido via circulação sanguínea seguida de sua absorção via intestinal ou via reabsorção óssea, particularmente dos ossos medulares (tíbia e úmero), ou sob algumas condições de deficiência de cálcio, também de ossos estruturais como o osso cortical.

Whitehead (2004) destacou que o processo dinâmico sobre os depósitos de cálcio no esqueleto durante período de postura, com o decorrer do tempo pode causar efeitos prejudiciais sobre a resistência óssea devido à perda da estrutura óssea. A extensão e a duração dessas mudanças na qualidade do osso dependem de inúmeros fatores e podem fazer com que ocorra incidência de osteoporose em poedeiras no final do período de postura e, conseqüentemente, fraturas ósseas, o que tem sido um sério problema com poedeiras alojadas em gaiolas.

Roland (1986) relatou que a habilidade das poedeiras em depositar ou armazenar cálcio para futura formação da casca do ovo é limitada, afirmando que a maioria das poedeiras tem reserva de cálcio nos ossos suficientes para 4 a 5 ovos, porém a máxima

qualidade da casca não pode ser mantida nem mesmo por um dia sem cálcio na dieta, caso tenha apenas cálcio ósseo disponível para formação da casca.

Almeida Paz et al. (2009) ao avaliar o efeito do cálcio dietético sobre a qualidade dos ossos e da casca dos ovos e também sobre a produção de ovos, utilizando níveis adequados (3,8%) e baixos (1,8%) de cálcio, constataram que as aves mobilizaram minerais ósseos para a produção de ovos, independentemente do nível de cálcio na ração, e além disso, os baixos níveis de cálcio na ração influenciaram a qualidade da casca dos ovos.

Araújo et al. (2010) trabalhando com poedeiras semipesadas de 24 a 58 semanas de idade, avaliando os níveis de 0,28; 0,38 e 0,48% de fósforo disponível em dietas contendo 3,5% de cálcio, não verificaram efeito das relações cálcio/fósforo sobre o percentual de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na tíbia das poedeiras.

Mazzuco (2006) relatou que se a concentração de cálcio na ração da poedeira estiver próxima ou superior a 3,6% a maior parte do cálcio da casca é derivada diretamente do intestino, porém, se estiver igual ou inferior a 2%, entre 30 a 40% do cálcio presente na casca do ovo será suprido via reabsorção dos ossos.

2.5. Balanço de cálcio e fósforo

A eficiência na absorção de cálcio é influenciada pelo metabolismo do cálcio, regulado endocrinamente e dependente da idade das aves, do estágio fisiológico das aves de postura e do nível de cálcio da dieta, com consequências na excreção total de cálcio (VIEIRA, 2009).

A redução da inclusão de cálcio na dieta juntamente com o aumento de sua absorção pode aumentar a eficiência animal e otimizar o espaço ocupado por esse ingrediente na formulação de rações para aves (VIERIA, 2009).

A absorção de cálcio é definida como o total de cálcio consumido menos a excreção total de cálcio. Essa medida está inversamente relacionada com o nível de cálcio na dieta, e estima-se que em poedeiras a absorção aparente do cálcio seja de 58% com 4,0% de cálcio e 51% com 4,5% de cálcio na dieta (LICHOVNICOVA, 2007). A diferença entre o consumo e a excreção representa o desaparecimento líquido de cálcio ingerido através do trato gastrintestinal (AMMERMAN, 1995) e esse valor está confundido com a excreção endógena fecal e a excreção urinária em aves, e por isso essa absorção aparente de cálcio não expressa o quanto da absorção que é devida exclusivamente à ração.

Em rações com elevado teor de cálcio solúvel, há rápida absorção no intestino pela via paracelular, em função do gradiente eletroquímico favorável (BRONNER, 1998), isso, faz com que ocorra o aumento do cálcio iônico no sangue, levando então, à inibição do apetite das aves (LOBAUGH et al., 1981). O cálcio das fontes inorgânicas, como por exemplo, carbonato de cálcio, calcário, casca de ostras e fosfatos de cálcio, podem ser rapidamente solubilizados pelo meio ácido do proventrículo e da moela das aves (KLASING, 1998).

Entretanto, rações com baixo nível de cálcio, a absorção do mesmo acontece principalmente através da via transcelular, dependente do transporte ativo (BRONNER, 2003), conforme descrito anteriormente. Nesse sistema o cálcio ligado pode ser armazenado em vesículas (via vesicular), permanecendo como reserva temporária no interior da célula. Devido à coexistência desses mecanismos de transporte ativo, a difusão do cálcio através do citoplasma torna-se uma etapa limitante da absorção, pois, tanto a via transcelular quanto a via vesicular de transporte de cálcio são dependentes das proteínas ligadoras de cálcio, cuja produção é reduzida com o aumento do nível de cálcio na ração (HURWITZ & BAR, 1971) e, dessa forma o acúmulo desse mineral torna-se relativamente ineficiente (BRONNER & PANSU, 1999).

De acordo com Vieira (2009), tanto em aves de postura, quanto de corte, quanto menor o nível de cálcio na ração, maior será a eficiência de retenção de cálcio, mas a retenção absoluta será inversamente relacionada. Dessa forma, a suplementação de cálcio deve ser considerada mais que um nível nutricional e sim uma necessidade fisiológica com consequências metabólicas a curto e longo prazo e que podem ainda influenciar o aproveitamento de outros nutrientes da ração.

A eficiência de transporte intestinal de cálcio é dependente das proteínas ligadoras de cálcio, assim como dos transportadores de cálcio e da bomba de cálcio, além de ser modulada pela idade, pela vitamina D₃ e pelo cálcio da ração (BROWN et al., 2005).

Além da eficiência de retenção de cálcio ser inversamente proporcional à concentração de cálcio na ração (GEORGIEWSKII, 1982), a ovoposição é determinante no balanço de cálcio e de fósforo em poedeiras (HURWITZ, 1965), uma vez que uma poedeira elimina aproximadamente 500 g de cálcio durante todo o período de postura; para produzir entre 250 a 260 ovos; esta quantidade de cálcio excretada é 25 vezes maior do que sua reserva total de cálcio corporal (GEORGIEWSKII, 1982).

Em rações com baixos níveis de cálcio e de fósforo, ocorre o aumento dos níveis de mRNA para a síntese dos transportadores de membrana (BROWN et al., 2005) e também o

aumento da síntese da proteína ligadora duodenal, e ainda ocorre reabsorção do cálcio ósseo (BAR et al., 2003).

Em poedeiras a eficiência de absorção de cálcio está inversamente relacionada com o aumento do nível de cálcio dietético (CHANDRAMONI & SINHA, 1998). O cálcio em excesso é eliminado nas excretas. Este excesso de cálcio acaba provocando uma baixa retenção absoluta de cálcio no organismo (CHANDRAMONI & SINHA, 1998). Segundo Dell'Isola & Baião (2001), há maior eficiência de utilização de cálcio quando este se encontra sob baixa disponibilidade. Entretanto, as aves podem apresentar maior retenção de cálcio, com o aumento desse mineral nas rações, fato que pode estar relacionado com a maior quantidade de calcário utilizada na formulação das rações para atender o nível mais elevado de cálcio, o que proporciona maior quantidade de partículas de calcário mais grossas, disponíveis na moela, em relação às rações com baixos níveis de cálcio. Segundo Zhang & Coon (1997), partículas grandes de calcário podem atravessar o trato digestivo mais lentamente por causa de uma maior retenção na moela, permitindo que o calcário permaneça num ambiente ácido por um longo período de tempo, a acidez, então iria aumentar a possibilidade de dissociação do CaCO_3 em cálcio iônico e dessa forma ocorreria uma produção de cálcio mais disponível para a absorção.

A disponibilidade do cálcio para deposição na casca em aves em postura parece controlar a excreção de cálcio e de fósforo, pois a excreção de cálcio e de fósforo diminui quando o consumo excede a taxa de utilização pela glândula da casca (WIDEMAN, 1987). Isso ocorre, pois o cálcio necessário, de origem dietética e óssea para formação da casca é intermitente e afetado pelo estágio de formação da casca (ETCHEs, 1987).

A absorção de cálcio e de fósforo que ocorre no intestino delgado, depende de fatores como a fonte, a proporção e os níveis de cálcio e de fósforo, pH intestinal e vitamina D. Sendo que, quanto maior a necessidade maior é a absorção, até determinado nível de ingestão. Esta absorção é facilitada pelo baixo pH, pois este se faz necessário para a solubilidade destes elementos químicos (HAYS & SWENSON, 1996).

Outro fator importante, além do fósforo estar relacionado a problemas econômicos, também está relacionado a problemas ambientais. Somente cerca de um terço do fósforo total presente nos alimentos utilizados na formulação das rações está disponível para aves (COSTA et al., 2007). Assim, a lixiviação do fósforo a partir de excretas de aves para a água de superfície e lençóis freáticos, gera um grave problema de poluição ambiental.

O uso em excesso do fósforo nas rações animais pode provocar o processo denominado eutrofização de ecossistemas aquáticos (SCHAEFER et al., 2000). Este problema ocorre quando há uma frequente aplicação de dejetos de aves como fertilizante, ultrapassando assim o nível máximo de fósforo, bem como de nitrogênio, necessário ao desenvolvimento de plantas. A capacidade de adsorção de fósforo pelas partículas do solo se torna saturada e o fósforo passa a ser lixiviado, alcançando o lençol freático. Com isso, ocorre a multiplicação desenfreada de algas, o que prejudica a proliferação de peixes e outros organismos aquáticos. Assim é importante a formulação de rações com níveis adequados de fósforo, atendendo à exigência nutricional das aves, sem que haja excesso ou deficiência desse mineral, permitindo o máximo desempenho produtivo.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES ROSS. **Manual de manejo de matrizes**. Agrocere Ross Melhoramento Genético de Aves S.A, 2006. Disponível: www.agrocere.com.br, Acesso: 25/11/2013.

AHMAD, H.A.; BALANDER, R.J. Alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level for better eggshell quality in commercial layers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.509-514, 2003.

ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. **Codornas: Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003, 289p.

AL-MASRI, M.R. Absorption and endogenous excretion of phosphorus in growing broiler chickens, as influenced by calcium and phosphorus ratios in feed. **The British Journal of Nutrition**, v.4, n.3, p.407-415, 1995.

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; MENDES, A.A.; BALOG, A. et al. Efeito do cálcio na qualidade óssea e de ovos de poedeiras. **Revista Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p.173-183, 2009.

AMMERMAN, C. Methods for estimation of mineral bioavailability. IN: AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS, A.J. Eds. **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**, San Diego: Academic Press, p.83-94, 1995.

ANDERSON, H.C. 1989. Biology of disease: mechanism of mineral formation in bone. **Pathology Reviews**, p.13-23, 1990.

ANDERSON, K.E.; HARVENSTEIN, G.B.; BRAKE, J. Effects of strain and dietary rearing regimens on brown-egg pullet growth and strain, rearing dietary regimens, density and feed space effects on subsequent laying performance. **Poultry Science**, v.74, n.7, p.1079-1092, 1995.

ARAÚJO, J.A. **Fornecimento e granulometria do calcário na alimentação de poedeiras durante a estação quente**. 2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, 2009.

ARAÚJO, J.A.; SILVA, H.V.; AMÂNCIO, A.L.L. et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, p.53-60, 2008.

BAIÃO, N.C.; LÚCIO, C.G. Nutrição de matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A.A. **Manejo de matrizes de corte**. Campinas: FACTA, 2005. p.197-212.

BANKS, W.J. Tecidos de sustentação - osso. In: Banks, W.J. (Ed.). **Histologia veterinária**. 2ª ed. Manole. São Paulo. p.137-165, 1991.

BAR, A.; RAZAPHKOVSKY, V.; VAX, E. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens. **British Poultry Science**, v.43, p.261-269, 2002.

- BAR, A.; SCHINDER, D.; YOSEFI, S. et al. Metabolism and requirements for calcium and phosphorus in the fast-growing chicken as affected by age. **British Journal of Nutrition**, v.89, n.1, p.51-60, 2003.
- BAYNES, J.; DOMINICZAK M.H. **Bioquímica médica**. São Paulo: Manole, 2000. 566p.
- BECK, M. M.; HANSEN, K. K. Role of estrogen in avian osteoporosis. **Poultry Science**, n.83, v.2, p.200-206, 2004.
- BELL, D.D.; WEAVER,W.D.JR. Vitamins, minerals and trace ingredients. **Commercial Chiken Meat and Egg Production**, p. 371-393, 2001. BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006.
- BERTECHINI, A.G. Mitos e verdades sobre o ovo e consumo. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2003, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2003. p.19–26.
- BINDELS, R.J. Calcium handling by the mammalian kidney. **Journal of Experimental Biology**, v. 184, p. 89–104, 1993. BOARD, R. G. The avian eggshell – a resistance network. **Journal of Applied Bacteriology**, v.48, p.303-313, 1980.
- BORGES, A.L.C.C. Controle da ingestão de alimentos. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG: FEP-MVZ**, 1999, 1.27, p.67-79, 1999.
- BORRMANN, M.S.L.; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T. et al. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciências Agrotécnicas**, v.25, p.11181-187, 2001.
- BRONNER, F. Calcium absorption – a paradigm for mineral absorption. **Journal of Nutrition**, v.128, n.5, p.917-920, 1998.
- BRONNER, F. Mechanisms of intestinal calcium absorption. **Journal Cell Biochemical**, v.88, n.2, p.109-113, 2003.
- BRONNER, F.; PANSU, D. Nutritional aspects of calcium absorption. **Journal of Nutrition**, v.29, n.1, p.9-12, 1999.
- BROWN, A.J.; KRITS, I.; ARMBRECHT, H.J. Effect of age, vitamin D, and calcium on the regulation of rat intestinal epithelial calcium channels. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.437, n.1, p.51-58, 2005.
- BROWN, E.M., MACLEOD, R.J. Extracellular calcium sensing and extracellular calcium signaling. **Physiology Reviews**, v. 81, n.1, p. 239–297, 2001.
- CABRAL, G.H. **Níveis de cálcio em rações para frango de corte**. 1999. 83p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- CALDERANO, A.A. Fracionamento de dietas com níveis diferenciados de cálcio e fósforo para aves de postura. **Revista Eletrônica Nutritime**, artigo 122, v.7, n.5, p. 1346-1352, 2010.

CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S.; OLIVEIRA, S.C. Níveis de fósforo em rações para poedeiras. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisa Zootécnicas “Francisco Osório”**, v.10, p.7-16, 1983.

CHAMPE, P.C; HARVEY, R.A. Aminoácidos: Catabolismo dos Esqueletos de Carbono. **Bioquímica Ilustrada**. Artes Médicas, Porto Alegre, 2ª edição, p. 249-262, 1996.

CHANDROMINI, S.B.J.; SINHA, R.P Effect of dietary calcium and phosphorus concentration on retention of these nutrients by caged layers. **British Poultry Science**, v.39, n.4, p.544-548, 1998.

CHANG, W.; SHOBACK, D. Extracellular Ca^{2+} - sensing receptors - an overview. **Cell Calcium**, n.35, p.183–196, 2004.

CHANG, W.; TU, C.; CHEN, T. et al. The extracellular calcium-sensing receptor (CaSR) is a critical modulator of skeletal development. **Science Signaling**, v.1, n.35, p.1-13, 2008.

CHIEN, Y.C.; HINCKE, M.T.; MCKEE, M.D. Avian eggshell structure and osteopontin. **Cells Tissues Organs**, v.189, p.38-43, 2009.

COSTA, F.G.P.; BRANDÃO, P.A.; BRANDÃO, J.S. et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência Agrotécnica**, v.31, p.865-870, 2007.

COSTA, F.G.P.; OLIVEIRA, C.F.S.; DOURADO, L.R.B. et al. Levels of calcium in diets for brown layers post-peak production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.624-628, 2008.

CRANSBERG, P.H.; PARKINSON, G.B.; WILSON, S. et al. Sequential studies of skeletal calcium reserves and structural bone volume in a commercial layer flock. **British Poultry Science**, v.2, n.2, p.260-265, 2001.

CROWELL, G.L. Bioavailability of calcium and phosphorus in plant and animal ingredients. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2000-2008, 1993.

DE LANGE, K.; NYACHOTI, M.; BIRKETT, S. Manipulation of diets to minimize the contribution to environmental pollution. **Advances in Pork Production**, v.10, p.173-186, 1999.

DELL’ISOLA, A.T.P.; BAIÃO, N.C. Cálcio e fósforo para galinhas poedeiras-Avicultura. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, n.34, p.65-92, 2001.

DIAZ, R.; HURWITZ, S.; CHATTOPADHYAY, N. et al. Cloning, expression, and tissue localization of the calcium-sensing receptor in chicken (*Gallus domesticus*). **The American Journal of Physiology**, v.273, p.1008–1016, 1997.

ELAROUSSI, M.A.; FORTE, L.R.; EBER, S.L. et al. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. **Poultry Science**, v.73, p.1581-1589, 1994.

ETCHES, R.J. **Reproduction in poultry**. CAB International, Wallingford, UK, 1996 328p.

ETCHES, R.J. Calcium logistics in the laying hen. **Journal of Nutrition**, v.117, n.13, p.1 619-628, 1987.

FEHER, J.J.; FULLMER, C.S.; WASSERMAN, R.H. Role of facilitated diffusion of calcium by calbindin in intestinal calcium absorption. **The American Journal of Physiology**, v.262, p.C517–C526, 1992.

FERNANDEZ, M.S.; ARAYA, M.; ARIAS, J.L. Eggshells are shaped by a precise spatio-temporal arrangement of sequentially deposited macromolecules. **Matrix Biology**, v.16, p.13-20, 1997.

GARCIA, J.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N.; FURLAN, A.C. Exigências Nutricionais de Cálcio e Fósforo para Codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em Postura. **Acta Scientiarum**, v.22, n.3. p.733-739, 2000.

GEORGIEVSKII, V.I. **Mineral Nutrition of animal**: Studies in the agricultural and food science. London: Butterworths, 1982, 474p.

GERALDO, A.; BERTECHINI, A.G.; KATO, R.K. et al. Níveis de cálcio e granulometrias do calcário para frangas e seus efeitos sobre a produção e qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1720-1727, 2006.

GOMES, P.C.; RUNHO, C.R. et al. Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1734-1746, 2004.

GOFF, J.P. **Minerais**. DUKES - Fisiologia dos Animais Domésticos. Editado por REECE, W. O. Editora Guanabara Koogan, 12 ed., 2006, 532-555p.

GRAHN, M.F.; BUTTERWORTH, P.J. Phosphate uptake by proximal tubule cells isolated from chick kidney. **Biochemical Society Transactions**, v.9, p.465-466, 1982.

GUYTON, A.C.; HALL, A.J.E. **Tratado de Fisiologia Médica** – 11a edição, Rio de Janeiro, Ed. Elsevier, 2006. 632p.

HARMS, R.H. The influence of nutrition on eggshell quality. **Phosphorus Feedstuffs**, p.25-26, 1982.

HAYS, V.W.; SWENSON, M.J. Minerais. DUKES – **Fisiologia dos Animais Domésticos**. Editado por SWENSON, M.J.; REECE, W.O. Editora Guanabara Koogan, 11 ed., 1996, 47-487p.

HEANNEY, R.P.; NORDIN, B.E.C. Calcium effects on phosphorus absorption: Implications for the prevention and co-therapy of osteoporosis. **Journal of the American College of Nutrition**, v.21, n.3, p.239-244, 2002.

HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, J.; CUCA-GARCÍA, M.; PRÓ-MARTÍNEZ, A. et al. Nivel óptimo biológico y económico de cálcio en gallinas Leghorn blancas de segundo ciclo de postura biological and economic optimum level of calcium in white leghorn of second cycle laying hens. **Revista Agrociência**, v.40, n.1, 2006.

HOENDEROP, J.G.L.; NILIUS, B.; BINDELS, R.J.M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, n.35, p.373-422; 2005.

HONMA, N.H. **Efeitos dos níveis nutricionais de cálcio sobre a capacidade reprodutiva e integridade dos ossos de galos reprodutores de corte**. 1992. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.

HUNTON, P. Research on eggshell structure and quality: An historical overview. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, n.2, p.67-71, 2005.

HURWITZ, S. Homeostatic control of plasma calcium concentration. **Critical Reviews Biochemistry Molecular Biology**, v.31, p.41-100, 1996.

HURWITZ, S.; BAR, A. Calcium and Phosphorus interrelationships in the intestine of the fowl. **Journal of Nutrition**, v.101, p.677-686, 1971.

HURWITZ, S.; BAR, A.; COHEN, I. Regulation of calcium absorption in fowl intestine. **The American Journal of Physiology**, v.225, n.1, p.140-154, 1973.

HURWITZ, S.; PLAVINIK, I.; SHAPIRO, A. A calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. **Journal of Nutrition**, v.10, n.125, p. 2679-2686, 1995.

HY-LINE DO BRASIL. **Guia de manejo comercial da Hy-line W-36 2009-2011**. Disponível em: www.hylinedobrasil.com.br

JULIAN, R.J. Patologias ósseas em aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. Santos. **Anais...** 2005, p.107-122.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 10ª ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 427p, 2004.

KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science Journal**, v.72, p.114-153, 1993.

KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. London: CAB Internacional, 1998. 350p.

KORVER, D. Prevenção e tratamento da tetania hipocalcêmica em matrizes de corte. **Informativo Agroross Tecnologia – Agrocerec Ross**, ano 4, n.7, 2002, 5p.

KRAMPITZ, G.; GRAZER, G. Molecular mechanisms of biomineralization in the formation of calcified shells. **Angewandte Chemie International Edition**, v.27, p.1145-1156, 1988.

KUSSAKAWA, K.C.K.; FARIA, H.G. Discondroplasia tibial em frangos de corte: aspectos nutricionais. **Arquivo de Ciências e Saúde Unipar**, v.2, n.3, p. 275-282, 1998.

LAMBERS, T.T.; MAHIEU, F.; OANCEA, E. et al. Calbincin-D28k dynamically controls TRVP5-mediated Ca²⁺ transport. **The Embo Journal**, v.25, n.13, p.2978-2988, 2006.

LEACH JR., R.M. Biochemistry of the organic matrix of the eggshell. **Poultry Science**, v.61, p.2040-2047, 1982.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2.ed. Ontario: Book University, 1997. 350p.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Broiler breeder production**. Guelph: University Books, 2000.

LESSON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 4 ed. Guelph, Ontario: University of Guelph. Department of Animal & Poultry Science, 2001, 587p.

LI, J.H.; YUAN, J.M.; GUO, Y.M. et al. The influence of dietary calcium and phosphorus imbalance on intestinal NaPi-IIb and calbindin mRNA expression and tibia parameters of broilers. **Asian Austral Journal Animal**, v.25, n.4, p.552-558, 2012.

LIANG, C.T.; BALAKIR, R.A.; BARNES, J. et al. Responses of chick renal cell to parathyroid hormone: effect of vitamin D. **The American Journal of Physiology**, v.246, p.401-406, 1984.

LIANG, C.T.; BARNES, J.; CHENG, L. et al. Effects of 1,25-(OH)₂D₃ administered in vivo on phosphate uptake by isolated chick renal cells. **The American Journal of Physiology**, v.242, p.312-318, 1982.

LICHOVNICOVA, M. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. **British Poultry Science**, v.48, n.1, p.71-75, 2007.

LOBAUGH, B.; JOSHUA, I.G.; MUSLLER, W.J. Regulation of calcium appetite in broiler chickens. **Journal of Nutrition**, v.111, n.2, p.298-306, 1981.

MABE, I. et al. **Efeitos da suplementação dietética com quelatos de zinco e de manganês na produção e na qualidade dos ovos**. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas, 1999. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999, p53.

MACARI, M.; FURLAM, L.R.; GONZAÇES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2° ed. Jaboticabal, SP: FUNEP/UNESP, 2002, 375p.

MACARI, M.; MENDES, A.A. **Manejo de Matrizes de Corte**. ed, FACTA, 2005, 421p.

MAGALHÃES, A.P.C. **Qualidade de ovos comerciais de acordo com a integridade da casca, tipo de embalagem e tempo de armazenamento**. 2007. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

MAZZUCO, H. **Integridade óssea em poedeiras comerciais: influência de dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados e tipo de muda induzida**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA; 2006. Circular Técnica, 47.

MCDOWELL, L.R. 1992. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press. 524p.

MUNDY, G.R.; GUISE, T.A. Hormonal control of calcium homeostasis. **Clinical Chemistry**, v.45, p.1347-1352, 1999.

MUNIZ, E.B.; ARRUDA, A.M.V.; FASSANI, E.J. TEIXEIRA, A.S.; PEREIRA, E.S. Avaliação de fontes de cálcio para frangos de corte. **Revista Caatinga**, v.20, n.1, p.5-14, 2007.

MURATA, L.S.; ARIKI, J.; SANTANA, A.P. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. **Revista Biotemas**, v.22, n.1, p.103-110, 2009.

NARVÁEZ, W.V.; ROSTAGNO, H.S.; SOARES, P.R. et al. Níveis de cálcio para poedeiras comerciais leves de 46 a 62 semanas de idade. In: XXXIV REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997.

NIYS, Y.; PARKERS, C.O.; THOMASSET, M. Effects of suppression and resumption of shell formation and parathyroid hormone on uterine calcium binding protein, carbonic anhydrase, and intestinal calcium absorption in hens. **General Comparative Endocrinology**, v.2, n.64, p.293-299, 1986.

NOEBAUER, M.R. **Efeitos das diferentes relações cálcio:fósforo disponível e fitase sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo de poedeiras de ovos de casca marrom.** 2006. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

NORMAN, A. Intestinal calcium absorption: a vitamin D-hormone-mediated adaptive response. **American Journal Clinical Nutrition**, v.51, p.290-300, 1990.

NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; SCHERER, C. et al. Efeito dos teores de cálcio para poedeiras semi-pesadas durante a fase de pré-postura e início de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2007-2012, 2006.

ODERKIRK, A. The role of calcium phosphorus and vitamin D₃ in egg shell and bone formation. **Poultry Fact Sheet**, p.3, 1998.

PARSONS, A.H. Structure of the eggshell. **Poultry Science**, v.61, p.2013-2021, 1982.

PASTORE, S.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Calcium levels and calcium: available phosphorus rations in diets for white egg layers from 42 to 58 weeks of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.12, p.2424-2432, 2012.

PASTORE, S.M. **Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade.** 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

PINTO, R.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1166-1173, 2003.

PELÍCIA, K. **Efeito dos níveis de cálcio, fósforo e granulometria de calcário na dieta de poedeiras comerciais no primeiro ciclo de produção e no segundo ciclo de produção.** 2008. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2008.

- PINES, M.; POLIN, D.; HURWITZ, S. Urinary cyclic AMP excretion in birds: dependence on parathyroid hormone activity. **General Comparative Endocrinology**, v.49, p.90-96, 1983.
- PIZAURO JR, J.M. Estrutura e função do tecido ósseo. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. FUNEP. Jaboticabal-SP. p247-265. 2002.
- PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade da fitase e sua utilização em frangos de corte**. 2000. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- PRASHADD, N.; EDWARDS, N.A. Phosphate excretion in the laying fowl. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.46A, p.131-137, 1973.
- QUEIROZ, L.S.B. **Biodisponibilidade relativa do fósforo de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial**. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2008.
- RAMA RAO, S.V.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.L. N. et al . Requirement of calcium for comercial broilers and whit Leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Science Technology**, v.106, p.199-208, 2003.
- RENFRO, J.L.; CLARK, N.B. Parathyroid hormone effect on chicken renal brush-border membrane phosphate transport. **The American Journal of Physiology**, v.247, p.302-307, 1984.
- RODRIGUES, E.A.; JUNQUEIRA, O.M.; VALÉRIO, M. et al. Níveis de cálcio em rações de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura. **Acta Scientiarum**, v.27, p.49-54, 2005.
- RODRIGUES, P.B. **Fatores que afetam a qualidade do ovo de poedeiras de segundo ciclo**. 1995. 156p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1995.
- ROLAND, D.A. Eggshell quality III: Calcium and phosphorus requirements of commercial Leghorns. **World's Poultry Science Journal**, v.42, p.154-165, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 à 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.187-196, 2001.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283p.

SALDANHA, E.S.P.B. **Efeitos de minerais orgânicos no desempenho e qualidade de ovos e qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção.** 2008. 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2008.

SCHAEFER, C.E.; ALBUQUERQUE, M.A.; CHARMELO, L.L. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, 2000.

SEIFERT, M.F.; WATKINS, B.A. Role of dietary lipid and antioxidants in bone metabolism. **Nutrition Research**, v.17, n.7, p.1209-1228, 1997.

SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken.** 3 ed. New York: Ithaca, 1982, 562p.

SIMÕES, A.F. **Influência da atividade física no tratamento da osteoporose.** Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: 24/11/2013.

SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A.; GOULART, C.C. Relação cálcio: fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e no segundo ciclo de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2166- 2172, 2008.

SILVA, J.H.V.; BATISTA, J.M.S.; SILVA, E.L. et al. Exigências de cálcio para poedeiras leves e semipesadas no terço final do primeiro ciclo de produção. In: 44° REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2007.

SILVA, M.L.F. **Exigências nutricionais de cálcio para galinhas reprodutoras de corte.** 1990. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.

SIMÕES, A.F. **Influência da atividade física no tratamento da osteoporose.** Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: 24/07/2011.

SOHAIL, S.S.; ROLAND, D.A. Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-line W36 hens. **Poultry Science**, v.81, p.75-83, 2002.

SOLOMON, S.E. Egg and Eggshell Quality – Review. **The Journal of Agricultural Science**, v.118, p.259-259, 1992.

SUGIYAMA, T.; KIKUCHI, H.; HIYAMA, S. et al. Expression and localization of calbindin D28K in all intestinal segments of laying hen. **British Poultry Science**, v.48, n.2, p.233-238, 2007.

SUMMERS, J.D. Reduced dietary phosphorus levels for layers. **Poultry Science Journal**, v.74, p.1977-1983, 1995.

TAHER, A.I.; GLEAVES, E.W.; BECK, M. Special calcium appetite in laying hens. **Poultry Science**, v.63, n.11, p.2261-2267, 1984.

VARGAS JR., J.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 13 a 20 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1263-1273, 2004.

VANDEPOPULIERE, J.M.S; LYONS, J.J. Effect of inorganic phosphate source and eggshell quality. **Poultry Science Journal**, v.71, p.1022-1031, 1992.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo – aspectos nutricionais. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 6., 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Paulista de Avicultura, p.77-91, 1996.

VIEIRA, D.V.G.; BARRETO, S.L.T.; VALERIANO, M.H. et al. Exigências de cálcio e de fósforo disponível para codornas japonesas de 26 a 38 semanas de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p.204-213, 2012.

VIEIRA, M.M. **Metabolismo de cálcio em aves de corte e de postura com ácidos orgânicos e fitase na dieta**. 2009. 127p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

WALTERS, J.R; HOWARD, A.; CHARPIN, M.V. et al. Stimulation of intestinal basolateral membrane calcium-pump activity by recombinant synthetic calbindin- D9k and specific mutants. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.170, p.603-608, 1990.

WANG, B.; YIN, Y. Regulation of the type IIb sodium dependente phosphate co-transporter expression. In the intestine. **Frontiers of Agriculture in China**, v.3, n.2, p.226-330, 2009.

WIDEMAN JR., R. Renal regulation of avian calcium and phosphorus metabolism. **Journal of Nutrition**, v.117, p.808-815, 1987.

WIDEMAN JR., R.F.; CLARK, N.B.; BRAUN, E.I. Effects of phosphate loading and parathyroid hormone on starling renal phosphate excretion. **The American Journal of Physiology**, v.239, p.233-243, 1980.

WIDEMAN JR., R.F.; YOURZ, S.L. Comparisons of avian renal responses to bovine parathyroid extract, synthetic bovine (1-34) parathyroid hormone, and synthetic human (1-34) parathyroid hormone. **General Comparative Endocrinology**, v.57, p.480-490, 1985.

WILSON, H.R.; MILLER, E.R.; HARMS, R.H et al. Hatchability of chicken eggs by dietary phosphorus and calcium. **Poultry Science**, v.59, p.1284-1289, 1980.

WHITEHEAD, C.C. Overview of bone biology in the egg-laying hen. **Poultry Science**, v.83, p.193-199, 2004.

XIE, M.; WANG, S.X.; HOU, S.S. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus on growth performance and bone ash in early White Pekin Ducklings. **Animal Feed Science Technology**, v.151, p. 161-166, 2009.

ZHANG, B.; COON, C.N. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, v.76, p.1702-1706, 1997.

CAPÍTULO I

NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÕES CÁLCIO: FÓSFORO EM RAÇÕES PARA GALINHAS POEDEIRAS LEVES DE 24 A 40 SEMANAS DE IDADE

RESUMO

Com o objetivo de determinar a exigência nutricional de cálcio e a melhor relação cálcio: fósforo disponível (Ca: Pd) para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade, realizou-se um experimento, no qual, foram utilizadas 576 galinhas poedeiras Hy-Line W-36, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, composto por 4 níveis de cálcio (3,4; 3,8; 4,2 e 4,6%) e 3 relações Ca: Pd (9:1; 13:1 e 17:1), totalizando doze tratamentos com oito repetições e seis aves por unidade experimental. Foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo (produção de ovos, ganho de peso, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos), de qualidade do ovo (porcentagem, peso e espessura da casca, gravidade específica dos ovos) de composição da casca (teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na casca), de características ósseas (peso da tíbia, teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na tíbia), de balanço de cálcio e de fósforo (consumo de cálcio e de fósforo, teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na excreta e retenção de cálcio e de fósforo pelas aves) e mortalidade. Houve efeito ($P < 0,05$) quadrático dos níveis de cálcio sobre a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos. Não se observou efeito ($P > 0,05$) dos níveis de cálcio e das relações Ca: P sobre o consumo de ração e a produção de ovos. O aumento dos níveis de cálcio na ração proporcionou redução ($P > 0,05$) no peso e percentual da gema; aumento ($P < 0,01$) no peso e no percentual de casca e também na gravidade específica dos ovos. Houve efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para a matéria mineral e o fósforo, em gramas e em porcentagem, e também para o cálcio, em gramas, contidos na casca do ovo. O aumento do nível de cálcio na ração proporcionou aumento linear ($P < 0,01$) na porcentagem de matéria mineral da tíbia. Houve efeito ($P < 0,01$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para o percentual de fósforo na tíbia. Verificou-se efeito linear ($P < 0,01$) dos níveis de cálcio sobre o consumo de cálcio; porém as relações Ca: Pd não influenciaram ($P > 0,05$) esse parâmetro. Exceto para o consumo de cálcio, houve efeito ($P < 0,01$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para todos os parâmetros relacionados ao balanço de cálcio e de fósforo. A exigência de cálcio estimada para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade é de 4,27%, correspondendo a um consumo médio de 4,0 g de cálcio/ave/dia. A melhor relação cálcio/fósforo é de 17:1, que corresponde a um consumo médio de 235 mg de fósforo disponível/ave/dia.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da atividade avícola de postura comercial envolve o domínio da nutrição, da ambiência, do manejo e da sanidade para permitir que a ave possa expressar o máximo possível de seu potencial genético e, desta forma, alcançar o retorno econômico desejado.

A formulação comercial de rações para aves consiste na combinação de ingredientes em proporções adequadas para atingir o perfil nutricional desejado visando o nível ótimo entre desempenho e custo, e, portanto, máxima rentabilidade.

Os minerais estão envolvidos praticamente em todas as vias metabólicas do organismo animal e desempenham funções importantes na reprodução, no crescimento, no metabolismo energético entre tantas outras funções fisiológicas vitais, não só para a manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade animal. Quando o objetivo da criação é produção de ovos, os minerais estão diretamente relacionados com o desempenho produtivo, influenciando a taxa de postura, o peso dos ovos e a conversão alimentar (VIEIRA, 2009).

A casca é considerada a embalagem natural do ovo, constituída por uma armação de substâncias orgânicas e minerais e, representa de 8 a 11% dos constituintes do ovo. A parte mineral é composta por 98,2% de carbonato de cálcio; 0,9% de carbonato de magnésio; e 0,9% de fosfato de cálcio (ORNELLAS, 2001).

O cálcio e o fósforo são cruciais para a produção e a qualidade dos ovos, haja visto que, o cálcio é o principal componente da casca do ovo e o fósforo essencial para a adequada mineralização e calcificação da mesma, sendo que a eficiência de utilização desses minerais é dependente da quantidade e da relação entre ambos. O excesso de cálcio pode prejudicar a absorção de outros minerais; enquanto que o excesso de fósforo afeta a liberação de cálcio ósseo e a adequada mineralização da casca. Entretanto, a deficiência tanto de cálcio, quanto de fósforo pode resultar em ovos de casca fina e queda na produção.

A determinação da exigência de cálcio e de fósforo para poedeiras e a relação ideal entre esses dois minerais pode contribuir para melhor qualidade da casca, melhor produtividade, além de redução no custo com a formulação de ração e da excreção de fósforo para o ambiente. Desta forma, objetivou-se com este trabalho determinar a exigência de cálcio e a relação cálcio/fósforo disponível para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG, no período de março de 2012 a junho de 2012.

Foram utilizadas 576 galinhas poedeiras leves, da marca comercial Hy-Line W-36 durante o período experimental de 24 a 40 semanas de idade.

As aves foram adquiridas com um dia de idade e até atingirem a idade da fase experimental (24 semanas) foram manejadas de acordo com o manual da linhagem Hy-Line W-36, porém, alimentadas segundo as recomendações de Rostagno et al. (2011). O manejo de cria e de recria das aves foi feito de acordo com as recomendações contidas no manual Hy-Line (2009). Nas fases de cria e recria as aves foram criadas sob piso em um galpão experimental com pé direito de 3 m, fechado nas laterais com tela e coberto com telha de barro, subdividido em boxes de 1,0 x 1,5 m, contendo 20 aves cada. Na 16^o semana de idade, as aves foram transferidas para um galpão de postura (12,0 x 8,0m), fechado com tela nas laterais e coberto com telha de barro, e alojadas aos pares em gaiolas de 25 x 40 x 45 cm.

Na 20^o semana as aves foram pesadas e distribuídas nas respectivas unidades experimentais, padronizando-as por peso. O peso corporal das aves durante o período experimental variou em média entre 1,375 kg (20 semanas de idade) e 1,548 Kg (40 semanas de idade). Foi realizado o controle da produção de ovos no período de 20 a 24 semanas, de modo a permitir a uniformização da produção de ovos das aves nas unidades experimentais.

Ao completarem 24 semanas de idade as aves foram redistribuídas nas unidades experimentais padronizadas por peso corporal e por postura, e então foram submetidas aos tratamentos. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3 (4 níveis de cálcio x 3 relações cálcio/fósforo) totalizando doze tratamentos, com oito repetições e seis aves por unidade experimental.

O programa de luz adotado foi o mesmo utilizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, consistindo no fornecimento de um fotoperíodo de 17 horas de luz, natural e artificial (4 às 21h).

A temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente por quatro termômetros de máxima e de mínima os quais foram distribuídos aleatoriamente pelo galpão, posicionados à altura das aves.

As rações experimentais foram preparadas à base de milho e de farelo de soja suplementadas com vitaminas e minerais. Exceto para os níveis de cálcio e de fósforo, as rações foram formuladas para atender às exigências nutricionais das poedeiras em produção no período de 24 a 40 semanas, atendendo as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2011).

As rações foram suplementadas com calcário de forma a obter-se os níveis de 3,4; 3,8; 4,2; e 4,6% de cálcio, sendo que foram utilizados 50% de calcário fino e 50% de calcário pedrisco, e, foram também suplementadas com fosfato bicálcico de textura média, de forma a manter as relações cálcio/fósforo iguais a 9,0; 13,0 e 17,0%, nas rações. Foram realizadas análises de cálcio e de fósforo nos alimentos e nas fontes de cálcio e de fósforo, segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Composição percentual de proteína bruta, de cálcio e de fósforo dos alimentos utilizados na formulação das rações experimentais

Ingredientes	Valores analisados		
	Proteína bruta (%)	Cálcio (%)	Fósforo (%)
Farelo de soja	46,4	0,23	0,54
Milho	7,87	0,03	0,25
Farelo de glúten de milho	60,6	0,02	0,52
Fosfato bicálcico	-	24,2	18,4
Calcário fino	-	37,8	-
Calcário pedrisco	-	37,8	-

As rações foram fornecidas diariamente em dois horários, às 7:00 e às 16:00 horas garantindo às aves consumo de alimento a vontade durante todo o período experimental. A água foi fornecida ad libitum.

Na tabela 2 está descrito a composição percentual e nutricional da ração basal utilizada para compor as rações experimentais, onde o termo variável compreende os ingredientes que variaram nas rações experimentais (calcário, fosfato bicálcico e areia), a fim de se obter os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo desejadas. A composição nutricional dos nutrientes cálcio e fósforo é proveniente dos alimentos milho, farelo de soja e glúten de milho.

Tabela 2 – Composição percentual e calculada da ração basal

Ingredientes	(%)
Milho	57,52
Farelo de soja	22,69
Óleo de soja	3,51
Glúten de milho	2,50
Sal	0,53
DL-Metionina, 99%	0,26
Suplemento vitamínico ¹	0,10
Suplemento mineral ²	0,05
Cloreto de colina, 60%	0,02
BHT ³	0,01
Variável	12,81
Total	100,00
Composição calculada	
Proteína bruta (%)	16,50
Energia metabolizável (Mcal/Kg)	2,90
Cálcio ⁴	0,07
Fósforo disponível ⁴	0,28
Lisina digestível (%)	0,79
Metionina + cistina digestível (%)	0,79
Metionina digestível (%)	0,51
Treonina digestível (%)	0,64
Triptofano digestível (%)	0,20
Valina digestível (%)	0,77
Isoleucina digestível (%)	0,65
Leucina digestível (%)	1,54
Sódio (%)	0,22
Cloro (%)	0,35
Potássio (%)	0,59
Ácido linoléico (%)	3,17

¹ Suplementação vitamínica: vit. A - 8.000 UI; vit. D₃ - 2.400 UI; vit. E - 22,5 mg; vit. B₁ - 2,8 mg; vit. B₂ - 7,7 mg; vit. B₁₂ - 18,0 mg; vit. B₆ - 4,5 mg; ácido pantotênico - 13,0 mg; vit. K - 1,8 mg; ácido fólico - 1,3 mg; ácido nicotínico - 31,5 mg; selênio - 0,4 mg; antioxidante 0,25 g e excipiente q. s. p. - 1.000g.

² Suplementação mineral: manganês 80,0 g; ferro - 80,0 g; zinco 50,0 g; cobre - 10,0 g; cobalto- 2,0 g iodo - 1,0 g; e excipiente q. s. p. - 500 g.

³ Antioxidante - BHT.

⁴ Proveniente apenas do milho, farelo de soja e glúten de milho.

Tabela 3 – Composição percentual e calculada das rações experimentais

(%)	Níveis de cálcio e Relações cálcio/fósforo					
	3,4/9,0	3,4/13,0	3,4/17,0	3,8/9,0	3,8/13,0	3,8/17,0
Ração basal	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19
Calcário	7,81	8,21	8,43	8,71	9,17	9,41
Fosfato bicálcico	1,56	0,93	0,59	1,80	1,09	0,72
Areia	3,44	3,67	3,79	2,30	2,55	2,68
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
Cálcio	3,4	3,4	3,4	3,8	3,8	3,8
Fósforo disponível	0,38	0,26	0,20	0,42	0,29	0,22
Relação cálcio: fósforo	9,0	13,0	17,0	9,0	13,0	17,0

Tabela 4 – Composição percentual e calculada das rações experimentais

(%)	Níveis de cálcio e Relações cálcio/fósforo					
	4,2/9,0	4,2/13,0	4,2/17,0	4,6/9,0	4,6/13,0	4,6/17,0
Ração basal	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19
Calcário	9,62	10,12	10,38	10,52	11,07	11,35
Fosfato bicálcico	2,04	1,26	0,85	2,29	1,43	0,98
Areia	1,15	1,43	1,58	0,00	0,31	0,48
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
Cálcio (%)	4,2	4,2	4,2	4,6	4,6	4,6
Fósforo disponível (%)	0,47	0,32	0,25	0,51	0,35	0,27
Relação cálcio: fósforo	9,0	13,0	17,0	9,0	13,0	17,0

O experimento teve duração de 16 semanas e foi subdividido em quatro fases de coleta de dados, sendo cada uma correspondente a 28 dias, em que foram coletados e avaliados os seguintes parâmetros:

- **Produção de ovos:** foi anotada diariamente (1 coleta realizada às 16:00 horas). De acordo com o número de aves alojadas por unidade experimental, foi calculada a produção média de ovos por ave/alojada e a produção de ovos por ave/dia;

- **Consumo de ração:** foi determinado ao término de cada período de 28 dias, a partir da razão da quantidade de ração consumida em cada unidade experimental pelo número de aves das unidades experimentais por dia. Dessa forma, o consumo foi expresso como gramas

de ração por ave/dia. Na ocorrência de mortalidade no tratamento, foi descontado o consumo médio de cada ave morta para obtenção do consumo médio corrigido;

- **Conversão alimentar:** foi calculada pela divisão do consumo de ração pela produção em dúzias de ovos (kg/dz) e pela massa de ovos (kg/kg), em cada uma das quatro fases;

- **Ganho de peso:** todas as poedeiras de cada repetição foram pesadas no início e no final do período experimental, para obtenção do ganho de peso médio, o qual foi obtido pela diferença entre as duas pesagens;

- **Mortalidade:** foi registrada por unidade experimental diariamente e computada para cada fase avaliada;

- **Peso médio dos ovos:** foram utilizados todos os ovos íntegros coletados nos três últimos dias de cada uma das quatro fases de 28 dias. A média do peso dos ovos foi obtida pela divisão do peso total dos ovos coletados pelo número de ovos coletados, por unidade experimental;

- **Massa de ovos:** expressa em gramas por ave por dia (g/ave/dia), foi calculada multiplicando o peso médio dos ovos de cada fase pelo número total de ovos produzidos na respectiva fase, dividido pelo número total de aves dos dias relativos a cada fase (28dias);

- **Perda de ovos:** foram registrados todos os ovos de casca fina e sem casca; sendo estes considerados como ovos perdidos. A relação de ovos perdidos e o total de ovos produzidos no experimento está apresentada na forma de porcentagem;

- **Peso médio dos componentes dos ovos:** foram utilizados dois ovos por dia de cada repetição durante os três últimos dias de cada fase. Após pesados os ovos foram quebrados sendo feita a separação da gema e do albúmen. As gemas foram pesadas, as cascas lavadas e pesadas depois de secas ao ar. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo e o peso da gema mais o peso da casca;

- **Gravidade específica dos ovos:** Nos três últimos dias de cada fase, todos os ovos íntegros coletados foram imersos e avaliados em soluções de NaCl com densidade variando de 1,055 a 1,100 g/cm³, com intervalos de 0,005 g/cm³ entre elas, sendo a densidade ou peso específico medido por meio de um densímetro da marca OM-5565.

- **Espessura da casca:** A espessura média da casca foi obtida a partir da medição de cada casca resultante da avaliação da qualidade do ovo, mencionada anteriormente. As espessuras foram medidas incluindo as membranas. Foram realizadas leituras em três pontos

distintos na região equatorial da casca, por meio de um paquímetro digital do tipo AMES S-6428, com precisão de 0,01 mm (0,01 – 150,00 mm).

- **Porcentagem de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na casca de ovo:** Após as mensurações da espessura, as cascas dos ovos foram agrupadas por tratamento e por fase, moídas em moinho de bola e armazenadas para análises laboratoriais. De acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), foram quantificados a matéria seca, a matéria mineral, o cálcio e o fósforo nas cascas. A matéria seca foi obtida, utilizando-se estufa a 105°C, na qual as amostras permaneceram por 16 horas, e para determinação da matéria mineral, as amostras foram queimadas a 600°C por 4 horas. A matéria mineral foi expressa em gramas e em porcentagem da matéria seca da casca do ovo. As análises para determinação do cálcio e do fósforo foram realizadas via úmida. O cálcio foi quantificado por espectrofotometria de absorção atômica e o fósforo por colorimetria. Os teores de cálcio e de fósforo foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da casca do ovo.

- **Porcentagem de matéria mineral, de cálcio e de fósforo no osso:** Ao final do experimento, às 40 semanas de idade, 96 aves (uma ave por repetição de cada tratamento) foram abatidas por deslocamento cervical para retirada das tíbias. As tíbias foram identificadas por tratamento e por repetição, foram armazenadas em freezer. Depois as tíbias direitas foram descarnadas, pesadas, prensadas e pré-desengorduradas durante 4 horas, em seguida foram levadas à estufa de ventilação forçada, onde permaneceram por 16 horas. Após, as tíbias foram novamente pesadas e moídas em moinho de bola. Para a quantificação da matéria seca as tíbias foram secas em estufa a 105°C por 16 horas; para a quantificação da matéria mineral, foram queimadas a 600°C por 4 horas. A matéria mineral foi expressa em gramas e em porcentagem da matéria seca da tíbia pré-desengordurada. A solução mineral foi preparada conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), aplicando-se o procedimento da via úmida. A partir da solução mineral foram quantificados os teores de fósforo, pelo método colorimétrico, e o de cálcio, pelo método de absorção atômica. Os teores de cálcio e de fósforo na tíbia foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da tíbia pré-desengordurada.

- **Balanco de cálcio e de fósforo:** na última semana do período experimental (40 semanas) foi pesada a ração e fornecida durante três dias consecutivos. Ao final desse período, as sobras da ração foram pesadas e o consumo de ração foi calculado pela diferença entre a ração fornecida e as sobras de ração. O consumo de cálcio e de fósforo foi obtido pelo consumo de ração total desse período e multiplicado pelo nível de cálcio e de fósforo do

respectivo tratamento e dividido por 100. Durante esse período, foram colocadas bandejas metálicas revestidas com plástico sob o piso das gaiolas de quatro repetições de cada tratamento para coleta total das excretas, a qual foi realizada diariamente, duas vezes ao dia, às 7:00 e às 15:00 horas. As excretas coletadas em cada unidade experimental, após a retirada das penas, resíduos de ração e outras fontes de contaminação, foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer. Posteriormente, o conteúdo armazenado foi descongelado, pesado e homogeneizado por repetição e retirada uma alíquota, a qual foi mantida em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55°C para pré-secagem. Em seguida, as excretas foram expostas ao ar para entrar em equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente; então, foram pesadas, moídas em moinho de bola e acondicionadas em embalagens plásticas identificadas, para posteriores análises laboratoriais. Para a quantificação da matéria seca, as excretas foram secas em estufa a 105°C por 16 horas e, para quantificação da matéria mineral, foram queimadas a 600°C por 4 horas. A matéria mineral foi expressa em gramas e em porcentagem da matéria seca da excreta. A solução mineral foi preparada conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), utilizando-se o procedimento da via úmida. A partir da solução mineral foram quantificados os teores de cálcio e de fósforo, pelo método de absorção atômica e pelo método colorimétrico, respectivamente. Os teores de cálcio e de fósforo foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da excreta. Após a obtenção dos resultados laboratoriais, calculou-se o balanço de cálcio e de fósforo.

Os resultados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo (relação cálcio/fósforo), as médias foram comparadas utilizando-se o Teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (níveis de cálcio), utilizou-se a análise de regressão. Utilizou-se o programa computacional “Sistema para análises estatísticas e genéticas” (SAEG, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de temperatura mínima e máxima no interior do galpão durante o período experimental foram respectivamente, 16,67 e 26,24°C. As aves neste experimento estavam na faixa de termoneutralidade, que é de 15 a 28°C, segundo Ferreira (2005).

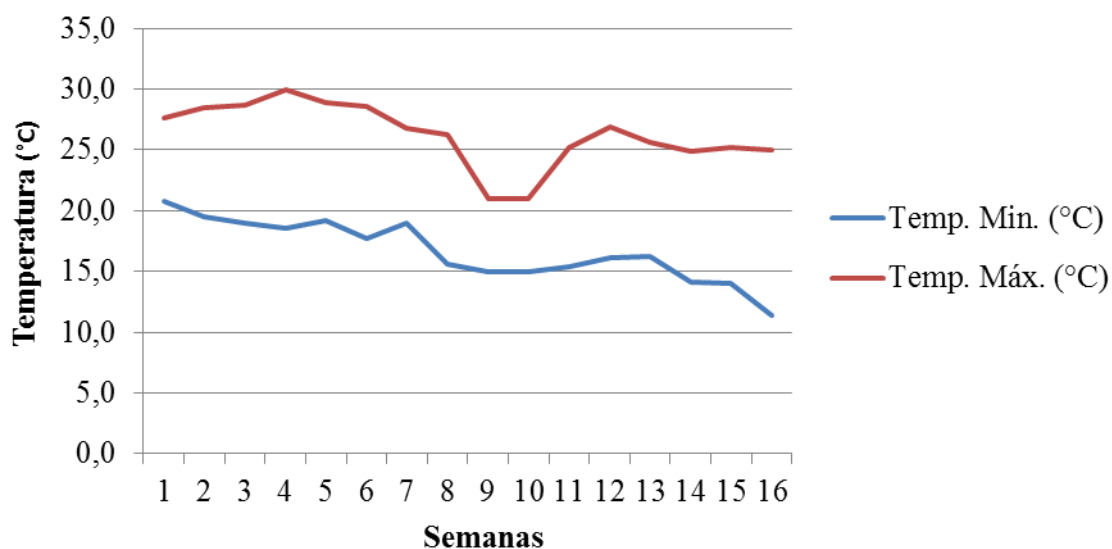


Figura 1 – Variação das temperaturas durante o período experimental

A taxa de mortalidade foi de 1,21% e foi considerada normal, uma vez que, este valor é inferior ao considerado como normal (3,33%) de acordo com o manual da marca comercial Hy-Line (2009).

Os ovos perdidos (ovos de casca fina e sem casca) corresponderam, em média, a 0,67% do total de ovos bons, durante todo o período experimental.

3.1. Desempenho produtivo

Não houve efeito ($P>0,05$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo, assim como, das relações cálcio/fósforo estudadas para nenhuma das variáveis de desempenho avaliadas.

Não se observou efeito ($P>0,05$) dos níveis de cálcio para o consumo de ração, postura, peso e massa de ovo e, também para o ganho de peso. Entretanto, a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos foram influenciadas ($P<0,05$) pelos níveis de cálcio (Tabela 5).

O consumo médio de ração foi de 93,74 g/ave/dia, independente dos tratamentos avaliados. Os resultados encontrados para o consumo de ração estão de acordo com os de Noebauer (2006), ao avaliar três relações cálcio/fósforo (8:1; 11:1 e 14:1) em dietas para duas linhagens de poedeiras no período de 28 a 36 semanas de idade. Da mesma forma, Silva et al.

(2008) não observaram diferença no consumo de ração em poedeiras semipesadas no primeiro ciclo de produção alimentadas com rações contendo relações cálcio/fósforo iguais a 9:1 (ração com 3,5% de cálcio e 0,38% de fósforo disponível) e 14:1 (ração contendo 4,2% de cálcio e 0,3% de fósforo disponível). Resultados semelhantes para o consumo de ração também foram encontrados por Vellasco et al. (2010), estudando níveis de 3,9; 4,2 e 4,5% de cálcio e três relações cálcio/fósforo 9,3:1; 10,53:1 e 12,12:1; em dietas poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, em que, não encontraram diferença significativa para o consumo de ração. Entretanto, divergem daqueles encontrados por Gordon & Roland (1998), ao avaliarem três níveis de cálcio (2,5; 2,8 e 3,1%) e dois níveis de fósforo disponível (0,1 e 0,3%) nas rações (relações variando de 31:1 a 8,3:1), observaram aumento linear no consumo de ração com a redução nos valores das relações de cálcio/fósforo em poedeiras leves de 58 a 64 semanas de idade.

Tabela 5 – Valores médios relacionados ao desempenho produtivo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)					Relações cálcio/fósforo				
	3,4	3,8	4,2	4,6	Efeito	9:1	13:1	17:1	Efeito	CV (%)
CR (g/ave/dia)	94,69	93,93	93,5	92,83	ns	93,71	93,99	93,5	ns	2,67
Postura (%)	90,19	91,13	91,66	90,88	ns	91,09	91,9	89,88	ns	3,98
Peso do ovo (g)	61,35	60,95	61,35	61,14	ns	61,28	61,02	61,29	ns	1,75
MO (g/ave/dia)	55,27	55,52	56,24	55,51	ns	55,76	56,05	55,09	ns	3,95
GP (g/ave)	40,27	41,91	38,31	37,85	ns	38,88	42,14	37,74	ns	27,15
CADZ (Kg/dz)	1,26	1,24	1,23	1,23	*Q	1,24	1,25	1,26	ns	3,98
CAMO (Kg/Kg)	1,72	1,69	1,67	1,67	*Q	1,68	1,67	1,7	ns	3,68

ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; Q – efeito quadrático; CV – coeficiente de variação.

CR – consumo de ração; MO – massa de ovo; GP – ganho de peso; CADZ - conversão alimentar/dúzia de ovos; CAMO – conversão alimentar/massa de ovos.

Foi possível observar que o maior nível de cálcio (4,6%) proporcionou redução de 1,96% no consumo de ração em relação ao menor de nível de cálcio (3,4%). Segundo Vicenzi (1996), o excesso de cálcio na ração pode provocar redução no consumo em virtude da pior palatabilidade, além da incidência de excretas moles e de depósitos calcários na casca do ovo.

Embora a postura não tenha sido influenciada ($P>0,05$) pelos níveis de cálcio e pelas relações cálcio/fósforo, observou-se que com o nível de 4,2% de cálcio a taxa de postura foi 1,6 pontos percentuais superiores à obtida com o nível de 3,4% de cálcio. Lim et al. (2003) também não observaram diferença estatística para produção de ovos em poedeiras

semipesadas de 21 a 30 semanas de idade alimentadas com dietas contendo dois níveis de cálcio (3,0 e 4,0%) e dois níveis de fósforo não fítico (0,15 e 0,25%). Castillo et al. (2004) ao avaliarem os seguintes níveis de cálcio 2,96; 3,22; 3,83; 4,31 e 4,82% para poedeiras leves durante três fases (23 a 38; 39 a 54 e 55 a 70 semanas de idade) não verificaram diferença na produção de ovos entre os níveis de cálcio para cada fase estudada; além disso esses autores afirmaram que as poedeiras são capazes de tolerar elevados níveis de cálcio na ração.

Não houve efeito ($P>0,05$) das relações cálcio/fósforo sobre a produção de ovos. Porém, para o período de 31 a 41 semanas de idade Lim et al. (2003) observaram efeito significativo dos níveis de fósforo e das relações cálcio/fósforo sobre a taxa de postura em poedeiras semipesadas alimentadas com rações contendo 3 ou 4% de cálcio com 0,15 ou 0,25% de fósforo disponível; onde observaram maior produção de ovos em aves alimentadas com rações formuladas com relação cálcio/fósforo igual a 12:1 (3% de cálcio e 0,25% de fósforo disponível). Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2004), que estudando diferentes níveis de fósforo disponível (0,375, 0,305 e 0,235%) e 4,2% de cálcio com as relações cálcio/fósforo iguais a 11,2:1; 13,77:1 e 17,87:1 em rações para poedeiras semipesadas de 40 a 42 semanas de idade também não encontraram efeito significativo das relações cálcio/fósforo sobre a taxa de postura. Entretanto, Silva et al. (2008) observaram redução de 8,4 pontos percentuais na produção de ovos das aves alimentadas com rações formuladas com a relação cálcio/fósforo 9:1 (3,5% de cálcio e 0,38% de fósforo disponível) em relação às aves alimentadas com rações formuladas com a relação cálcio/fósforo igual a 14:1 (4,2% de cálcio e 0,3% de fósforo disponível), trabalhando com poedeiras semipesadas no período de 28 a 44 semanas de idade.

Não se observou efeito ($P>0,05$) dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo sobre os parâmetros peso e massa de ovos. Neste mesmo sentido, Gordon & Roland (1998) ao avaliarem níveis de cálcio iguais a 2,5; 2,8 e 3,1% e níveis de fósforo disponível iguais a 0,1 e 0,3% em rações para poedeiras leves de 58 a 64 semanas de idade, não observaram efeito significativo dos níveis de cálcio sobre o peso médio dos ovos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2010), ao trabalhar com poedeiras semipesadas no período de 24 a 58 semanas de idade com diferentes rações experimentais contendo 3,5% de cálcio e três níveis de fósforo disponível (0,28; 0,38 e 0,48%), também não observaram efeito significativo das relações cálcio/fósforo para o peso e para a massa de ovos. De mesma forma, Rosa et al. (2011) ao estudarem as relações cálcio/fósforo iguais a 8:1; 11:1 e 14:1 também não observaram efeito significativo das

relações cálcio/fósforo sobre o peso dos ovos de galinhas poedeiras da linhagem UFSM-V de 28 a 36 semanas de idade. Em contrapartida, Ceylan et al. (2003) em um estudo avaliando os seguintes níveis de fósforo disponível 0,4; 0,35; 0,30; 0,25 e 0,20% em rações contendo 3,8% de cálcio com relações cálcio/fósforo variando de 9,5:1 a 19:1 para poedeiras leves no período de 20 a 40 semanas de idade observaram efeito significativo das relações cálcio/fósforo para o peso e para a massa de ovos; onde o maior peso e a maior massa de ovo ocorreram nas aves alimentadas com rações formuladas com as relações cálcio/fósforo iguais a 9,5:1 e 10,85:1, respectivamente.

O peso corporal das aves durante o período experimental variou em média entre 1,375 kg (início do experimento) e 1,548 kg (final do experimento), sendo que esse parâmetro não foi influenciado ($P>0,05$) nem pelos níveis de cálcio e nem pelas relações cálcio/fósforo. Esses dados corroboram com os obtidos por Ceylan et al. (2003) avaliando níveis de fósforo disponível de 0,4; 0,35; 0,30; 0,25 e 0,20% em rações com 3,8% de cálcio com relações cálcio/fósforo variando de 9,5:1 a 19:1 para poedeiras leves no período de 20 a 40 semanas de idade. Os resultados para o ganho de peso, também estão de acordo com os encontrados por Snow et al. (2005), estudando dois níveis de fósforo disponível (0,14 e 0,45%) em rações com 3,8% de cálcio para duas linhagens de poedeiras leves no período de 20 a 50 semanas de idade, onde não constataram diferenças sobre o ganho de peso das aves em função dos níveis de fósforo disponível na ração.

Os resultados encontrados neste estudo evidenciam que mesmo a relação cálcio/fósforo 17:1, ou seja, o menor nível de fósforo disponível nas rações foi suficiente para atender os requerimentos nutricionais das aves, durante o período de 24 a 40 semanas de idade, mantendo o desempenho produtivo sem comprometer o peso corporal das mesmas.

A conversão alimentar por dúzia de ovos não foi influenciada ($P>0,05$) pelas relações cálcio/fósforo; porém foi influenciada ($P<0,05$) pelos níveis de cálcio. O nível de cálcio igual a 4,37% é o nível estimado que proporciona o melhor resultado para esse parâmetro correspondente a 1,20 Kg/dz, conforme demonstrado na figura 1. Resultados semelhantes para a conversão alimentar por dúzia de ovos foram encontrados por Pelícia et al. (2009), onde verificaram efeito dos níveis de cálcio (3,0; 3,75 e 4,5%) e observaram melhor conversão alimentar por dúzia de ovos com o nível de 4,5% de cálcio dietético, para poedeiras semipesadas no período de 59 a 70 semanas de idade. Entretanto, Vellasco et al. (2010) não constataram influência dos níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) sobre a conversão alimentar por dúzia de ovos em poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

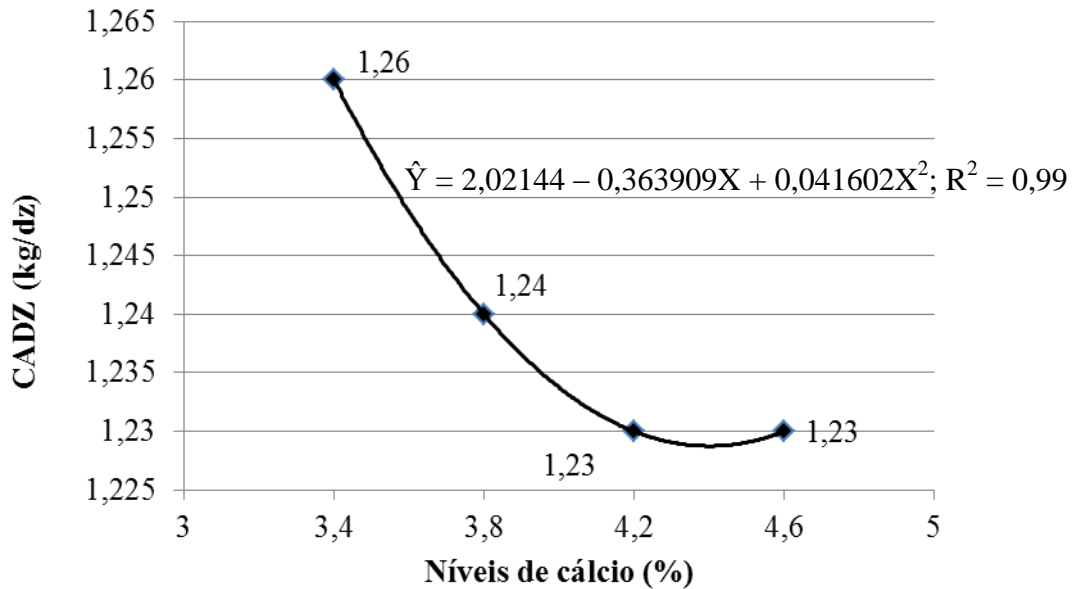


Figura 2 – Conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ), de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

A conversão alimentar por massa de ovos foi influenciada apenas pelos níveis de cálcio ($P < 0,05$). A melhor conversão por massa de ovos, foi obtida com 4,41% de cálcio (Figura 2). Ao contrário, Rama Rao et al. (2003) ao avaliarem seis níveis de cálcio (3,25; 3,50; 3,75; 4,0; 4,25 e 4,50%) nas rações contendo 0,28% de fósforo disponível com relações cálcio/fósforo variando entre 11,6:1 a 16,07:1, para poedeiras leves de 28 a 48 semanas de idade, não observaram efeito significativo dos níveis de cálcio sobre a conversão alimentar por massa de ovos. As relações cálcio/fósforo não exerceram efeito ($P > 0,05$) sobre a conversão alimentar por massa de ovos. Em contrapartida, Da Silva & Ribeiro (2004) trabalhando com poedeiras semipesadas a partir de 28 semanas de idade obtiveram a melhor conversão por massa de ovos com a relação cálcio/fósforo igual a 14:1 (4,2% de cálcio e 0,3% de fósforo disponível) e a pior conversão com a relação cálcio/fósforo igual a 11,6:1 (3,5% de cálcio e 0,3% de fósforo disponível). Contudo, Noebauer (2006) ao realizar um estudo das relações cálcio/fósforo iguais a 8:1; 11:1 e 14:1 em duas linhagens de poedeiras semipesadas no período de 28 a 36 semanas de idade, não verificou efeito significativo dos tratamentos sobre a conversão alimentar por massa de ovos.

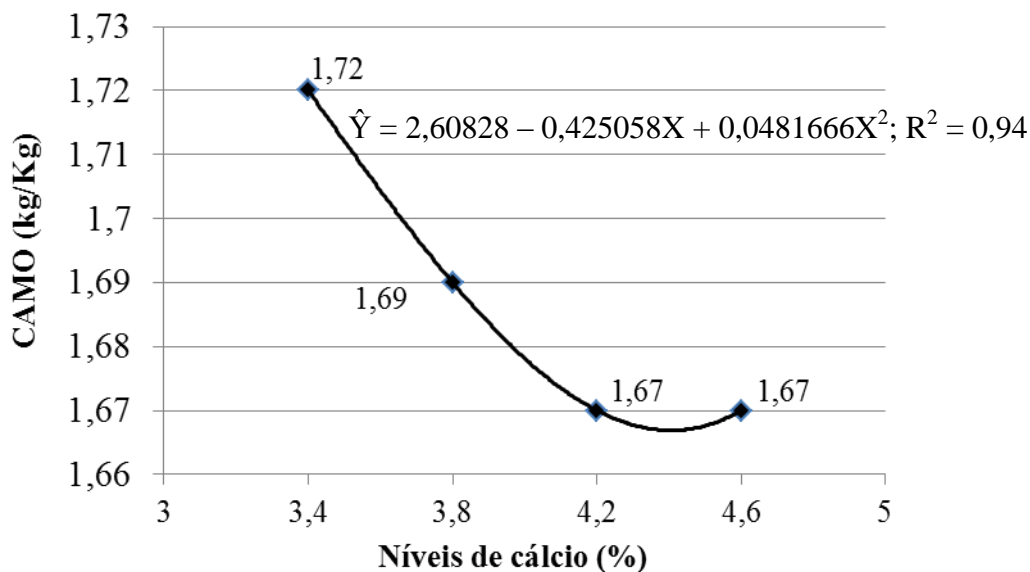


Figura 3 – Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO), de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

Diante do exposto, levando em consideração a média entre os melhores valores de cálcio para conversão alimentar por dúzia (4,37%) e por massa de ovos (4,41%), o melhor nível de cálcio para a conversão alimentar foi de 4,39%. Considerando o consumo médio de ração pelas poedeiras de 93,74 g/ave/dia; em valor absoluto, obteve-se o melhor desempenho produtivo com 4,12 g de cálcio/ave/dia, valor superior ao recomendado por Rostagno et al. (2011), os quais recomendam 4,02 g de cálcio/ave/dia, considerando um consumo de ração igual a 103,0 g/ave/dia.

Para o desempenho produtivo, verificou-se que a melhor relação cálcio/fósforo foi igual a 17:1; uma vez que, não houve efeito significativo das relações avaliadas sobre os parâmetros de desempenho produtivo; então, foi possível constatar que as dietas formuladas com menor nível de fósforo disponível atenderam as exigências nutricionais das aves para esse mineral. Fato de grande importância, uma vez que, a redução no nível de fósforo disponível contribui para redução do custo da ração visto que, o fósforo é o terceiro nutriente mais caro na formulação de rações e ainda contribui para a redução da excreção desse mineral para o ambiente, diminuindo assim, a poluição ambiental causada pela produção animal.

Considerando o nível de cálcio 4,39% e a relação cálcio/fósforo 17:1, então o nível de fósforo disponível que atendeu perfeitamente a exigência nutricional deste mineral para as poedeiras leves foi igual a 0,258%, o que correspondeu a um consumo médio de 0,242 g/ave/dia; valor inferior ao recomendado por Rostagno et al. (2011). Porém, de acordo com

Rosa et al. (2011), a redução dos níveis de fósforo dietético para poedeiras deve ser realizada com racionalidade, uma vez que, os suplementos utilizados apresentam disponibilidade variada desse elemento.

3.2. Qualidade do ovo

Não houve efeito ($P > 0,05$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo e nem das relações cálcio/fósforo para nenhum dos parâmetros relacionados à qualidade do ovo. No entanto, observou-se efeito significativo dos níveis de cálcio sobre o peso da gema, sobre o peso da casca e sobre a gravidade específica dos ovos (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores médios relacionados à qualidade do ovo de poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)					Relações cálcio/fósforo				
	3,4	3,8	4,2	4,6	Efeito	9:1	13:1	17:1	Efeito	CV (%)
Gema (%)	25,30	25,19	24,98	24,60	*L	24,90	25,13	25,02	ns	3,20
Gema (g)	15,77	15,56	15,57	15,36	*L	15,49	15,59	15,61	ns	3,09
Albúmen (%)	65,92	65,71	65,9	66,23	ns	66,11	65,84	65,88	ns	1,35
Albúmen (g)	41,05	40,54	41,02	41,33	ns	41,10	40,81	41,05	ns	2,71
Casca (%)	8,78	9,09	9,18	9,13	**Q	8,99	9,03	9,10	ns	3,19
Casca (g)	5,46	5,61	5,69	5,72	**Q	5,59	5,59	5,67	ns	3,31
EC (mm)	0,3605	0,3701	0,3709	0,3733	ns	0,3684	0,3691	0,3685	ns	5,36
GE (g/cm ³)	1,0837	1,0848	1,0856	1,0865	**L	1,0848	1,0852	1,0855	ns	0,13

ns - não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; **Significativo a 1% para o teste F; L - efeito linear; Q - efeito quadrático; CV - coeficiente de variação. EC - espessura da casca; GE - gravidade específica.

A equação de regressão ajustada, $\hat{Y} = 27,3259 - 0,576943X$, $R^2 = 0,93$; descreve a influência dos níveis de cálcio sobre a porcentagem de gema, na qual, a cada unidade de aumento no nível de cálcio observou-se uma redução na porcentagem de gema igual a 0,576943%. A equação de regressão ajustada, $\hat{Y} = 16,7774 - 0,303033X$, $R^2 = 0,89$; representa o efeito dos níveis de cálcio sobre o peso da gema em gramas e cada unidade de aumento no nível de cálcio levou a uma diminuição no peso da gema igual a 0,303033g. De forma contrária, Vellasco et al. (2010) não encontraram diferença significativa para o peso da gema, ao avaliar três níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) na ração para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. Da mesma forma, Pastore et al. (2012) não observaram efeito significativo dos níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) para poedeiras leves no período de

42 a 58 semanas de idade. Provavelmente, essa redução no peso e na porcentagem de gema com o aumento do nível de cálcio dietético, ocorreu devido à redução no consumo de ração, que mesmo apesar de não ter sido influenciado significativamente pelos níveis de cálcio, observou-se que as aves alimentadas com rações contendo 4,6% de cálcio apresentaram uma redução no consumo de 1,96 pontos percentuais, em relação às aves alimentadas com rações contendo 3,4% de cálcio. Menor consumo de ração, menor aporte de nutrientes necessários para a formação da gema; conseqüentemente menor o seu peso. Além disso, segundo Costa et al. (2008), o excesso de cálcio interfere na disponibilidade de outros minerais, como fósforo, magnésio, manganês e zinco, e dilui outros componentes; tornando-os indisponíveis para serem absorvidos e utilizados pelo organismo animal; sendo que, parte da gema é constituída por fosfolipídeos, e estes por sua vez, apresentam em sua composição o fósforo, então, uma deficiência de fósforo pode levar a diminuição na síntese desses fosfolipídeos que compõe a gema e como consequência menor será o peso da gema. Segundo Closa (1999), a gema é uma emulsão de gordura em água (52%) composta por um terço de proteínas (16%), dois terços de lipídios (34%), vitaminas solúveis em lipídios A, D, E e K, glicose, lecitina e sais minerais, envolta pela membrana vitelina. A porção lipídica é constituída por 66% de triacilgliceróis, 28% de fosfolipídios e 5% de colesterol.

O peso e a porcentagem do albúmen, não foram afetados ($P>0,05$) pelos níveis de cálcio e nem pelas relações cálcio/fósforo. Resultados semelhantes foram encontrados por Pelícia et al. (2009), onde também não observaram efeito dos níveis de cálcio (3,0; 3,5; 4,0 e 4,5%) e dos níveis de fósforo disponível (0,25; 0,30 e 0,35%) com relações cálcio/fósforo variando de 18:1 a 8,6:1; para a porcentagem de albúmen em poedeiras de ovos marrons no segundo ciclo de produção.

Observou-se efeito significativo ($P<0,01$) dos níveis de cálcio sobre a porcentagem e sobre o peso de casca. A maior porcentagem de casca (9,18%) foi proporcionada pelo nível de 4,36% de cálcio e o maior peso da casca (5,72 g) foi obtido com 4,65% de cálcio na ração (Figuras 3 e 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Gordon & Roland (1998), que observaram efeito linear crescente dos níveis de cálcio (2,5; 2,8 e 3,1%) sobre o peso da casca de poedeiras leves com 58 semanas de idade. Da mesma forma, Vellasco et al. (2010) também observaram efeito linear crescente dos níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) sobre o peso e a porcentagem de casca em poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade, e ainda constataram que, o aumento no peso e no percentual de casca, com o aumento do nível de cálcio na ração, pode ser resultado da maior deposição de cálcio na casca; dados que

corroboram com os encontrados por Pelícia et al. (2009), os quais observaram aumento no teor de cálcio da casca do ovo com o aumento do nível de cálcio na ração.

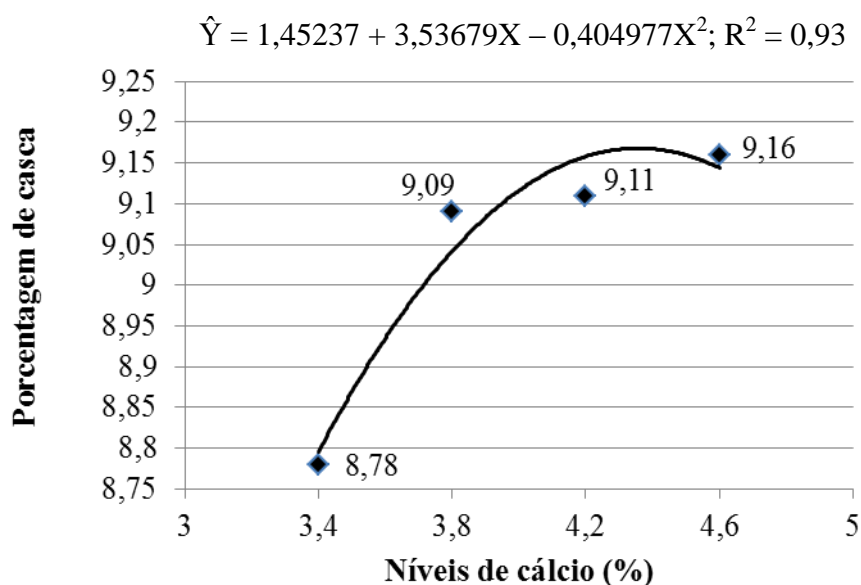


Figura 4 – Porcentagem de casca de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

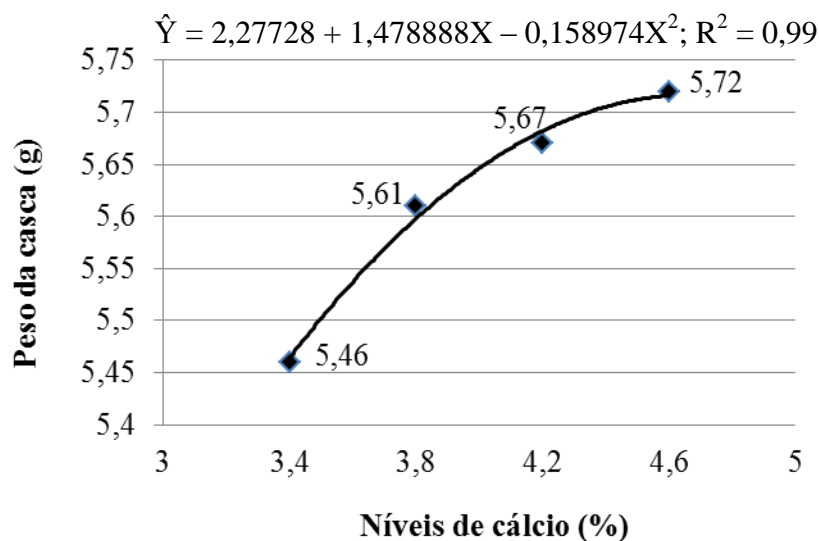


Figura 5 – Peso da casca do ovo (g) de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

As relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P > 0,05$) o peso e o percentual de casca. De modo semelhante, Costa et al. (2004) ao avaliarem os níveis de fósforo disponível de 0,375; 0,305 e 0,235%, com 4,2% de cálcio, e as relações cálcio: fósforo 11,2:1; 13,77:1 e 17,87:1; não encontraram efeito significativo das relações cálcio/fósforo para o peso e o percentual de casca de poedeiras semipesadas com 40 semanas de idade. Araújo et al. (2010)

também não observaram efeito significativo das relações cálcio/fósforo sobre o peso e o percentual de casca ao avaliarem os níveis de fósforo disponível de 0,28, 0,38 e 0,48% com 3,5% de cálcio e as relações cálcio/fósforo de 12,5:1,0; 9,2:1,0 e 7,29:1,0; de poedeiras semipesadas no período de 24 a 58 semanas de idade.

Os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P>0,05$) a espessura da casca. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Pelícia et al. (2009), ao estudarem o efeito dos níveis de cálcio (3,0; 3,5; 4,0 e 4,5%) e dos níveis de fósforo disponível (0,25; 0,30 e 0,35%) com relações cálcio/fósforo variando de 18,0:1 a 8,6:1; sobre a espessura da casca em poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção. Da mesma forma, Lopes (2011) também não encontrou efeito significativo das relações cálcio/fósforo (12,12:1; 10,81:1 e 9,76:1) sobre a espessura da casca de poedeiras leves no segundo ciclo de produção.

A gravidade específica dos ovos foi influenciada ($P<0,01$) pelos níveis de cálcio, houve aumento linear ($\hat{Y} = 1,07591 + 0,00231302X$; $R^2 = 0,99$) da gravidade específica com o aumento no nível de cálcio dietético. Da mesma forma, Ahmad et al. (2003) ao avaliarem os níveis de cálcio iguais a 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 e 5,0% em dietas para poedeiras semipesadas de 57 a 65 semanas de idade, também observaram efeito linear crescente dos níveis de cálcio sobre a gravidade específica. Castillo et al. (2004) trabalhando com poedeiras leves nos períodos de 23 a 38; 39 a 54 e 55 a 70 semanas de idade a fim de avaliar cinco níveis de cálcio (2,96; 3,22; 3,83; 4,31 e 4,82%), observaram efeito quadrático dos níveis de cálcio sobre a gravidade específica, onde o melhor resultado, foi obtido com 4,31% de cálcio na dieta.

As relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P>0,05$) a gravidade específica. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2008), que avaliando as seguintes relações cálcio/fósforo 14:1; 12:1 e 9:1 também não verificaram efeito significativo das relações cálcio/fósforo sobre a gravidade específica de ovos de poedeiras semipesadas durante o primeiro ciclo de produção.

Constatou-se que o melhor nível de cálcio para o peso e o percentual de gema foi 3,4% (3,19 g de cálcio/ave/dia); entretanto para o peso e para o percentual de casca, os níveis cálcio que proporcionaram melhores resultados foram respectivamente, 4,36% (4,09 g de cálcio /ave/dia) e 4,65%; (4,36 g de cálcio /ave/dia) e, para a gravidade específica, o melhor nível de cálcio foi 4,6% (4,31 g de cálcio/ave/dia), portanto fazendo a média dos valores citados, o nível de cálcio que proporcionou a melhor qualidade do ovo foi igual a 4,25% o que

correspondeu a um consumo médio diário de 3,98 g de cálcio/ave. A melhor relação cálcio/fósforo observada para a qualidade do ovo foi igual a 17:1; uma vez que, não houve diferença entre as relações cálcio/fósforo para esses parâmetros, sugerindo que o menor nível de fósforo disponível na ração foi suficiente para atender a exigência desse mineral pelas poedeiras, sem comprometer a qualidade do ovo.

3.3. Composição da casca do ovo

Exceto para o percentual de cálcio na casca, houve efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo para todas as variáveis relacionadas à composição da casca.

Os valores médios de matéria mineral, cálcio e fósforo na casca do ovo, em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios relacionados à composição da casca do ovo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)				Efeito	Relação cálcio/fósforo				CV (%)
	3,4	3,8	4,2	4,6		9:1	13:1	17:1	Efeito	
MMC (%)	92,59	93,2	92,77	93,15	**	92,99	93,01	92,77	ns	0,38
MMC (g)	4,97	5,14	5,15	5,22	**	5,10	5,10	5,16	**	0,46
CaC (%)	34,71	34,83	34,96	35,15	ns	35,29	34,53	34,92	ns	2,84
CaC (g)	1,86	1,92	1,94	1,97	**	1,94	1,90	1,94	*	2,81
PC (%)	0,0802	0,0820	0,0780	0,0796	ns	0,0791	0,0811	0,0797	ns	4,46
PC (mg)	4,43	4,73	4,58	4,7	**	4,52	4,65	4,65	ns	3,78

ns - não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; **Significativo a 1% para o teste F; CV – coeficiente de variação.

MMC – matéria mineral na casca; CaC – cálcio na casca; PC – fósforo na casca.

Observou-se que o percentual de cálcio na casca do ovo não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos níveis cálcio e nem pelas relações cálcio/fósforo (Tabela 7). Resultados semelhantes foram verificados por Pastore et al. (2012), ao avaliarem níveis de cálcio (3,9, 4,2 e 4,5%) e relações cálcio/fósforo (9,3:1; 10,53:1 e 12,12:1) em rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, onde também não observaram significância tanto dos níveis de cálcio, quanto das relações cálcio/fósforo sobre o percentual de cálcio na casca do ovo.

Houve efeito significativo da interação entre as relações cálcio/fósforo e os níveis de cálcio sobre a matéria mineral em porcentagem e em gramas e sobre o cálcio, em gramas, da

casca do ovo (Tabela 8). Não houve diferença entre as relações cálcio/fósforo sobre o percentual de matéria mineral na casca do ovo, para os níveis de 3,4; 4,2 e 4,6% de cálcio, dessa forma, a melhor relação foi 17:1, ou seja, o menor nível de fósforo foi suficiente para atender as exigências das aves, sem comprometer a deposição de matéria mineral na casca. Entretanto, para o nível de 3,8% de cálcio, a melhor relação cálcio/fósforo foi igual a 13:1. A relação cálcio/fósforo que proporcionou maior deposição de matéria mineral na casca do ovo, em gramas, foi 17:1 para 3,4% de cálcio; 13:1 e 17:1 para 3,8% de cálcio; 9:1 e 17:1 para 4,2% de cálcio e 9:1 para 4,6% de cálcio na ração. O fósforo em excesso na ração prejudica a liberação de cálcio do osso e a adequada calcificação da casca do ovo, assim, ao receberem dietas com maior nível de fósforo disponível, as aves responderam melhor à dietas com nível mais elevado de cálcio, pois, verificou-se que mesmo recebendo rações formuladas com a relação 9:1, as poedeiras mantiveram adequada deposição de matéria mineral na casca, mostrando que as aves são capazes de desenvolver eficientes mecanismos de absorção e utilização de cálcio e de fósforo, quando submetidas à condições adversas, de forma a permitir a adequada formação da casca do ovo, conforme foi observado. Além disso, segundo Pelícia (2008), o aumento do nível de cálcio dietético promove uma elevação no nível de cálcio plasmático, o qual poderá, então, ser utilizado na mineralização da casca. Lopes (2011) não observou efeito da interação relação cálcio/fósforo sobre o peso e a porcentagem da matéria mineral da casca do ovo ao avaliar os níveis de cálcio 3,7; 4,0; e 4,3% e as relações 9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1 para poedeiras leves no segundo ciclo de produção, porém, observou efeito linear dos níveis de cálcio sobre o conteúdo de mineral da casca, tanto em porcentagem, quanto em gramas.

Tabela 8 – Valores médios de matéria mineral e de cálcio na casca do ovo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Matéria mineral (%)			Matéria mineral (g)			Cálcio (g)		
	Ca/P			Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	92,69A	92,36A	92,70A	4,92B	4,95B	5,03A	1,83A	1,86A	1,90A
3,8	93,03B	93,94A	92,62B	5,03B	5,18A	5,22A	1,91B	1,86B	2,00A
4,2	92,86A	92,87A	92,57A	5,14A	5,12B	5,18AB	1,97A	1,93A	1,91A
4,6	93,40A	92,87A	93,17A	5,30A	5,17B	5,20B	2,03A	1,92B	1,96AB

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A relação cálcio/fósforo que proporcionou maior conteúdo de cálcio em gramas (Tabela 8) na casca do ovo foi igual 17:1 para 3,8% de cálcio e 9:1 e 17:1 para 4,6% de cálcio. Vellasco (2010) não observou efeito da interação relações cálcio/fósforo e níveis de cálcio para o teor de cálcio na casca ao estudar três níveis de cálcio 3,9; 4,2 e 4,5% e três relações cálcio/fósforo 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 em poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade.

O conteúdo de fósforo na casca, em porcentagem e em miligramas, foi influenciado ($P < 0,05$) pela interação entre as relações cálcio/fósforo e os níveis de cálcio (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios do fósforo na casca do ovo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Fósforo (%)			Fósforo (mg)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	0,08A	0,08A	0,08A	4,09C	4,45B	4,75A
3,8	0,08B	0,09A	0,08B	4,67A	4,90A	4,63A
4,2	0,08A	0,08A	0,08A	4,61A	4,56A	4,56A
4,6	0,08A	0,08A	0,08A	4,72A	4,70A	4,67A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Conforme demonstrado na tabela 9, para o nível de cálcio igual 3,8%, o melhor resultado, ou seja, o maior percentual de fósforo na casca foi obtido com a relação cálcio/fósforo igual a 13:1. Considerando o fósforo em miligramas na casca, para o nível de 3,4% de cálcio, a maior quantidade de fósforo depositada na casca do ovo foi proporcionada pela relação 17:1. Rações com baixo nível de fósforo disponível estimulam a absorção desse mineral e aumentam a eficiência de utilização desse pelas aves. Segundo Brown et al. (2005), baixos níveis de fósforo e de cálcio promovem um aumento dos níveis de mRNA para a síntese dos transportadores de membrana para esses minerais. Diferente dos resultados encontrados, Pastore et al. (2011) não observaram efeito da interação relações cálcio/fósforo e níveis de cálcio para o fósforo na casca do ovo, ao avaliar os níveis de cálcio de 3,9, 4,2 e 4,5% e as relações cálcio/fósforo 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1, para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

Levando em consideração o percentual de matéria mineral na casca do ovo, para a relação cálcio/fósforo 9:1, os níveis de cálcio exerceram efeito linear, $\hat{Y} = 91,0613 + 0,483272X$, $R^2 = 0,68$; sobre essa variável. Para a relação cálcio/fósforo 13:1, ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se que os níveis de cálcio não influenciaram o percentual de matéria mineral ($\hat{Y} = 93,01$) na casca. Entretanto, para a relação cálcio/fósforo 17:1, de acordo com a equação de regressão ajustada, $\hat{Y} = 108,155 - 8,14189X + 1,06039X^2$, $R^2 = 0,91$; o nível cálcio que promoveu o maior percentual de matéria mineral na casca do ovo foi igual a 3,84%. Da mesma forma, para a relação cálcio/fósforo 9:1, os níveis de cálcio exerceram efeito linear $\hat{Y} = 3,82830 + 0,317142X$, $R^2 = 0,99$, sobre o conteúdo de matéria mineral, em gramas, na casca do ovo. Considerando as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1, a maior deposição de matéria mineral na casca do ovo, em gramas, foi proporcionada por 4,26% e 4,23% de cálcio, para ambas as relações cálcio/fósforo, de acordo com as equações de regressão ajustadas, $\hat{Y} = 0,208288 + 2,33030X - 0,273238X^2$, $R^2 = 0,75$ e $\hat{Y} = 0,600189 + 2,18388X - 0,257967X^2$, $R^2 = 0,81$; respectivamente.

Considerando o cálcio da casca do ovo, em gramas, para as relações cálcio/fósforo 9:1 e 13:1, observou-se efeito linear dos níveis de cálcio: $\hat{Y} = 1,26821 + 0,166934X$, $R^2 = 0,99$ e $\hat{Y} = 1,63306 + 0,0654714X$, $R^2 = 0,75$; respectivamente. Entretanto, para a relação cálcio/fósforo 17:1, ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se que os níveis de cálcio não influenciaram ($\hat{Y} = 1,9418$), a deposição de cálcio na casca do ovo, em gramas. Abdallah et al. (1993) ao avaliarem níveis de cálcio de 1,7 a 3,9% verificaram aumento no conteúdo de cálcio da casca do ovo quando aumentaram os níveis de cálcio na ração das poedeiras. Roland et al. (1975) afirmam que a deposição de cálcio na casca do ovo é constante ou aumenta insignificativamente com o aumento no nível de cálcio dietético, pois o excesso de cálcio dietético passa ao longo do trato gastrintestinal sem ser absorvido. Vieira (2009) não verificou efeito dos níveis de cálcio 2,8; 3,3 e 3,8% sobre o conteúdo de cálcio da casca do ovo de poedeiras semipesadas com 40 semanas de idade. Vellasco (2010) não observou efeito da interação níveis de cálcio e relações cálcio/fósforo para o teor de cálcio na casca ao estudar três níveis de cálcio 3,9; 4,2 e 4,5% e três relações 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 em poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade; entretanto, este mesmo autor, observou efeito linear crescente dos níveis de cálcio sobre o peso e o percentual de cálcio na casca do ovo.

Para o percentual de fósforo na casca do ovo, considerando as relações cálcio/fósforo 9:1 e 13:1, ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se que os níveis de cálcio não atuaram sobre essa variável, $\hat{Y} = 0,0791$ e $\hat{Y} = 0,0811$, respectivamente. Porém, para a relação

cálcio/fósforo 17:1, os níveis de cálcio influenciaram o percentual de fósforo na casca ($\hat{Y} = 0,311525 - 0,113054X + 0,0136089X^2$, $R^2 = 0,94$) e verificou-se que o maior percentual de fósforo na casca foi obtido com 4,15% de cálcio dietético.

Para as relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1, o conteúdo de fósforo da casca do ovo em miligramas, foi influenciado pelos níveis de cálcio, sendo as equações $\hat{Y} = -8,865851 + 6,31594X - 0,733049X^2$, $R^2 = 0,86$ e $\hat{Y} = 10,7030 - 2,98618X + 0,363841X^2$, $R^2 = 0,96$; as que descrevem respectivamente o efeito dos níveis de cálcio sobre a deposição de fósforo na casca, onde a maior deposição desse mineral foi obtida com 4,31% de cálcio, para a relação 9:1 e com 4,1% de cálcio para a relação 17:1. Considerando a relação cálcio/fósforo 13:1, ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se ausência do efeito ($\hat{Y} = 4,65$) dos níveis de cálcio, sobre o conteúdo de fósforo na casca do ovo, em miligramas.

Ao avaliar as variáveis relacionadas à composição da casca do ovo, foi possível observar a constante interação entre o metabolismo do cálcio e do fósforo, e para que as aves expressem seu potencial produtivo é necessário atender as suas exigências não apenas em cálcio ou em fósforo, mas principalmente na relação entre esses dois minerais; de forma que não haja excesso ou deficiência dos minerais em questão.

Conforme foi relatado, quando as aves foram alimentadas com rações formuladas com a relação cálcio/fósforo 9:1, verificou-se que houve maior deposição tanto de matéria mineral, em percentual e em gramas, quanto de cálcio, em gramas, na casca do ovo, quando receberam rações contendo 4,6% de cálcio (4,31 g de cálcio/ave/dia). Provavelmente, o nível mais elevado de fósforo afetou a mobilização do cálcio ósseo, para a formação da casca e nessa situação, o nível dietético mais elevado de cálcio foi suficiente para atender a exigência das aves para que ocorresse a adequada mineralização e calcificação da casca. Entretanto, quando as rações foram formuladas com a relação cálcio/fósforo 17:1, verificou-se que houve maior deposição de matéria mineral, em gramas, na casca do ovo com o nível de 4,23% de cálcio (3,94 g de cálcio/ave/dia); para o conteúdo de cálcio, em gramas, na casca, não houve efeito dos níveis de cálcio e ainda observou-se maior deposição de fósforo em miligramas com 4,1% de cálcio (3,84 g de cálcio/ave/dia).

3.4. Características ósseas

Os níveis de cálcio afetaram significativamente o peso da tíbia, a matéria mineral, tanto em porcentagem, quanto em gramas, o cálcio, em gramas e o fósforo, em porcentagem e

em gramas, da tíbia. As relações cálcio/fósforo influenciaram significativamente a matéria mineral da tíbia, em percentual e em gramas (Tabela 11). Os diferentes níveis de cálcio na ração não afetaram o peso da tíbia. Da mesma forma, Saffa et al. (2008) ao avaliarem dois níveis de cálcio (3,5 e 4,0%) para poedeiras semipesadas de 58 a 73 semanas de idade, também não constataram diferença para o peso da tíbia. Resultados semelhantes foram encontrados por Vellasco (2010) avaliando os níveis de cálcio 3,9; 4,2 e 4,5%, onde, não observaram efeito dos níveis cálcio sobre o peso da tíbia de poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade.

Tabela 11 – Valores médios relacionados às características ósseas de poedeiras de 24 a 40 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)				Efeito	Relações cálcio/fósforo				CV (%)
	3,4	3,8	4,2	4,6		9:1	13:1	17:1	Efeito	
Tíbia (g)	4,08	4,39	4,15	4,18	ns	4,25	4,22	4,11	ns	6,92
MMT (%)	57,72	57,55	58,22	58,34	**L	58,4	57,81	57,67	**	1,67
MMT (g)	2,36	2,53	2,41	2,44	**R ^{ns}	2,48	2,44	2,37	*	6,93
CaT (%)	19,30	19,46	19,51	19,68	ns	19,51	19,67	19,29	ns	5,34
CaT (g)	0,789	0,855	0,809	0,821	*R ^{ns}	0,830	0,832	0,794	ns	9,76
PT (%)	8,97	9,70	9,58	9,99	**	9,64	9,45	9,59	ns	4,85
PT (g)	0,366	0,426	0,397	0,417	**R ^{ns}	0,410	0,400	0,394	ns	4,88

^{ns} não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F; L – efeito linear; R^{ns} – efeito não significativo da regressão; CV – coeficiente de variação.

MMT – matéria mineral na tíbia; CaT – cálcio na tíbia; PT – fósforo na tíbia

Não se observou efeito ($P > 0,05$) das relações cálcio/fósforo sobre peso da tíbia. Estes resultados discordam dos encontrados por Lopes (2011), em que, ao avaliar os níveis de cálcio 3,7; 4,0 e 4,3% com as seguintes relações cálcio/fósforo 9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1; verificou efeito significativo das relações cálcio/fósforo sobre o peso da tíbia, sendo que o maior valor foi obtido com a relação cálcio/fósforo 12,12:1.

Os níveis de cálcio exerceram efeito ($P < 0,01$) linear crescente sobre a matéria mineral da tíbia, em percentual ($\hat{Y} = 55,4451 + 0,628812X$; $R^2 = 0,73$). De acordo com Farmer et al. (1986), em rações com elevados níveis de cálcio, maior quantidade desse mineral seria absorvido, o que aumentaria a disponibilidade de cálcio no trato intestinal, fazendo com que durante o período de formação da casca, houvesse menor mobilização óssea. Assim, o aumento do nível de cálcio melhora a resistência da tíbia, o valor de cinza nos ossos e a concentração iônica plasmática (FROST & ROLAND, 1991). Resultados diferentes foram obtidos por Rama Rao et al. (2002), que ao avaliarem níveis de cálcio de 3,25; 3,5; 3,75; 4,0;

4,25 e 4,5% em rações para poedeiras leves no período de 28 a 48 semanas de idade não verificaram efeito dos níveis de cálcio sobre o percentual de matéria mineral na tíbia. Considerando a matéria mineral na tíbia, em gramas, ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se que não houve influência dos níveis de cálcio sobre este parâmetro ($\hat{Y} = 2,43$). De modo semelhante, Vellasco (2010) não encontrou efeito significativo dos níveis de cálcio para a matéria mineral óssea, em gramas em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

Considerando as relações cálcio/fósforo, houve efeito significativo sobre a matéria mineral óssea, em porcentagem e em gramas. Observou-se maior deposição de matéria mineral na tíbia (Tabela 12), quando as aves alimentadas receberam rações formuladas com a relação cálcio/fósforo igual a 9:1; fato que pode ser explicado pelo maior nível de fósforo contido nas rações formuladas com menor relação cálcio/fósforo, conseqüentemente menor reabsorção óssea de cálcio para mineralização e calcificação da casca do ovo; uma vez que o excesso de fósforo na ração prejudica a liberação de cálcio ósseo para a formação da casca. Entretanto, Rosa et al. (2011) ao avaliarem as relações cálcio/fósforo de 8:1; 11:1 e 14:1 para poedeiras semipesadas com 28 semanas de idade, observaram maior conteúdo de matéria mineral na tíbia com a maior relação cálcio/fósforo (14:1).

Tabela 12 – Valores médios da matéria mineral na tíbia de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas relações cálcio/fósforo

Relações cálcio/fósforo	Matéria mineral na tíbia (%)	Matéria mineral na tíbia (g)
9:1	58,39A	2,48A
13:1	57,81B	2,44A
17:1	57,67B	2,37B

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com a análise de variância, os níveis de cálcio exerceram efeito ($P < 0,01$) sobre o conteúdo de cálcio na tíbia, em gramas (Tabela 11), porém, ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se ausência do efeito ($\hat{Y} = 0,819$) dos níveis de cálcio, sobre o conteúdo de cálcio na tíbia em gramas, ou seja, independente do nível de cálcio dietético não houve variação na deposição de cálcio na tíbia. Entretanto, Almeida Paz et al. (2009) ao estudarem o efeito do cálcio na qualidade óssea e de ovos de poedeiras marrons, utilizando dois níveis de cálcio (1,8 e 3,8%) verificaram diferença significativa do conteúdo de cálcio na tíbia para os diferentes períodos de idade avaliados (16, 22, 28, 34 e 40 semanas de idade), além disso,

relataram que independentemente do nível de cálcio dietético, as aves mobilizam constantemente minerais ósseos para a formação da casca do ovo. Lopez (2011) observou efeito linear dos níveis de cálcio sobre o conteúdo de cálcio na tíbia de poedeiras leves no segundo ciclo de produção, ao estudar três níveis de cálcio (3,7; 4,0 e 4,3%).

As relações cálcio/fósforo também não influenciaram ($P>0,05$) os níveis de cálcio na tíbia, tanto em percentual quanto, em gramas (Tabela 11). Da mesma forma, Pastore et al. (2012) também não verificaram efeito significativo das relações cálcio/fósforo sobre o conteúdo de cálcio da tíbia de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade avaliando as seguintes relações cálcio/fósforo 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1. Resultados diferentes foram encontrados por Rosa et al. (2011), que ao avaliarem as relações cálcio/fósforo 8:1; 11:1 e 14:1, verificaram efeito significativo destas sobre o cálcio ósseo em poedeiras semipesadas com 28 semanas de idade.

Considerando a análise de variância, observou-se efeito ($P_0<01$) dos níveis de cálcio, sobre o fósforo da tíbia, em gramas (Tabela 11). Contudo, ao se fazer a análise de regressão, verificou-se que os níveis de cálcio não afetaram ($\hat{Y} = 0,40$) o conteúdo de fósforo da tíbia, em gramas. De maneira semelhante, Vellasco (2010) observou ausência de significância dos níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) sobre o fósforo ósseo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. Entretanto, Lopes (2011) verificou que os níveis de cálcio promoveram efeito linear crescente sobre o conteúdo de fósforo, em gramas, na tíbia de poedeiras leves no segundo ciclo de produção; fato esse, segundo o mesmo autor, devido ao aumento linear no peso da tíbia promovido pelo aumento no nível de cálcio dietético. Almeida Paz et al. (2009) também observaram aumento no teor de fósforo, em gramas, na tíbia e no fêmur de poedeiras semipesadas quando aumentou o nível de cálcio dietético de 1,8 para 3,8%.

Não houve efeito das relações cálcio/fósforo ($P>0,05$) para o percentual de fósforo na tíbia (Tabela 11). Resultados semelhantes foram encontrados por Pastore et al. (2011) ao estudarem as relações 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1; para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade. Entretanto, Noebauer (2006) ao avaliar as relações cálcio/fósforo iguais a 14:1; 11:1 e 8:1 e suplementação de fitase para duas linhagens de poedeiras semipesadas observaram efeito das relações sobre o fósforo da tíbia, no qual, observaram maior teor desse mineral na tíbia das aves que receberam rações formuladas com a maior relação cálcio/fósforo, 14:1, isentas de fitase.

Houve efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo ($P<0,01$) apenas para o percentual de fósforo na tíbia. Verificou-se que para o

nível de 4,2% de cálcio a relação cálcio/fósforo 13:1 promoveu a menor deposição de fósforo na tíbia (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores médios de fósforo na tíbia de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio e relações cálcio/fósforo

Níveis de Cálcio (%)	Relações cálcio/fósforo		
	9:1	13:1	17:1
3,4	9,27A	8,85A	8,79A
3,8	9,66A	9,86A	9,59A
4,2	9,70A	9,07B	9,98A
4,6	9,93A	10,03A	9,99A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Considerando a relação cálcio/fósforo igual 9:1, obteve-se a equação de regressão ajustada para o conteúdo de fósforo na tíbia ($\hat{Y} = 4,00968 + 2,33172X - 0,228159X^2$; $R^2 = 0,93$), de acordo com essa equação o maior conteúdo de fósforo em gramas na tíbia ocorreu quando as rações foram formuladas com 5,1% de cálcio. Para a relação cálcio/fósforo 13:1, não houve efeito dos níveis de cálcio sobre o percentual de fósforo ósseo, $\hat{Y} = 9,4538$. Entretanto, levando-se em consideração a relação cálcio/fósforo de 17:1, houve efeito dos níveis de cálcio, conforme descrito pela equação de regressão ajustada, $\hat{Y} = -13,7694 + 10,7994X - 1,122472X^2$; $R^2 = 0,99$; onde o maior percentual de fósforo na tíbia ocorreu com 4,8% de cálcio dietético. Elevado nível de cálcio dietético também prejudica a reabsorção óssea, sendo assim, com nível mais alto de cálcio na ração, mantém-se o fósforo ósseo. Entretanto, segundo Heaney & Nordin (2002), a alta relação cálcio/fósforo, mantendo alto nível de cálcio e baixo nível de fósforo disponível, pode causar a formação de fosfato tricálcico insolúvel no trato intestinal, o qual não é utilizado pelo animal e então é excretado, contribuindo assim para perda óssea. Fato que não foi observado, pois, ao se aumentar os níveis de cálcio, houve também um respectivo aumento nos níveis de fósforo disponível a fim de manter as relações cálcio/fósforo.

Ao analisar as características ósseas, foi possível verificar que as aves alimentadas com rações formuladas com a menor relação cálcio/fósforo, 9:1, apresentaram o conteúdo de matéria mineral na tíbia superior aos obtidos com as outras relações cálcio/fósforo avaliadas; mostrando que, o excesso de fósforo prejudicou a reabsorção óssea, mantendo a matéria mineral da tíbia e indisponibilizando o cálcio ósseo para a calcificação da casca do ovo.

Também foi possível observar que as aves alimentadas com rações contendo a relação cálcio/fósforo 17:1 (tabela12), independente dos níveis de cálcio avaliados apresentaram menor conteúdo de matéria mineral na tíbia, provavelmente porque as dietas formuladas com a relação 17:1 promoveram resultados satisfatórios para a maioria dos parâmetros avaliados relacionados à produção e à qualidade dos ovos, permitindo dizer que, com essa relação houve mobilização mineral óssea para manter a produção; além disso, baixo nível de fósforo disponível na dieta estimula a reabsorção óssea a fim de manter o fósforo plasmático em níveis constantes.

3.5. Balanço de cálcio e de fósforo

Os valores médios referentes à matéria mineral na excreta, consumo de cálcio, cálcio excretado e retido, consumo de fósforo disponível, fósforo excretado e retido, são apresentados na tabela 14. O consumo de cálcio foi afetado significativamente ($P < 0,01$) pelos níveis de cálcio dietético de forma linear ($Y = -1,52832 + 0,941919X$, $R^2 = 0,98$). Fato que está de acordo com os níveis de cálcio das rações. Da mesma forma, Vellasco (2010) observou efeito linear dos níveis de cálcio sobre o consumo de cálcio ao estudar níveis de cálcio iguais a 3,9; 4,2 e 4,5% em rações para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade. As relações cálcio/fósforo não exerceram efeito ($P < 0,05$) sobre o consumo de cálcio.

Exceto para o consumo de cálcio, todos os demais parâmetros avaliados relacionados ao balanço de cálcio e fósforo, sofreram efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo.

Tabela 14 – Valores médios do conteúdo de matéria mineral na excreta e balanço de cálcio e fósforo de poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)					Relações cálcio/fósforo				
	3,4	3,8	4,2	4,6	Efeito	9:1	13:1	17:1	Efeito	CV (%)
MME (%)	38,54	36,02	36,61	36,84	**	36,75	36,92	37,35	ns	4,07
MME (g/ave/dia)	8,776	8,07	7,7	7,78	*	7,94	8,31	7,98	ns	10,28
CCa (g/ave/dia)	3,20	3,59	3,84	4,37	**L	3,27	3,22	3,11	ns	6,61
CaE (%)	41,54	48,55	52,29	49,35	**	46,63	49,64	47,53	**	4,08
CaE (g/ave/dia)	1,33	1,75	2,01	2,16	**	1,77	1,88	1,78	ns	8,59
CaR (%)	58,46	51,45	47,71	50,65	**	53,37	50,36	52,47	**	4,08
CaR (g/ave/dia)	1,87	1,85	1,83	2,21	**	1,99	1,91	1,92	ns	7,29
CP _{disp.} (g/ave/dia)	0,387	0,437	0,414	0,485	**	0,508	0,432	0,352	**	6,12
PE (%)	80,78	80,61	76,86	77,86	**	81,27	78,54	77,27	**	2,43
PE (g/ave/dia)	0,314	0,353	0,318	0,380	**	0,414	0,339	0,271	**	6,99
PR (%)	19,22	19,39	23,14	22,14	**	18,73	21,46	22,73	**	9,17
PR (g/ave/dia)	0,072	0,083	0,096	0,104	**	0,093	0,093	0,080	**	10,35

ns - não significativo a 5% para o teste F, *Significativo a 5% para o teste F, ** Significativo a 1% para o teste F, L – efeito linear, CV – coeficiente de variação.

MME – matéria mineral na excreta; CCa – consumo de cálcio; CaE – cálcio excretado; CaR – cálcio retido; CP_{disp.} – consumo de fósforo disponível; PE – fósforo excretado; PR – fósforo retido.

A interação significativa entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo para os parâmetros relacionados ao balanço de cálcio e de fósforo demonstrou que os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo comportam-se de forma dependente. Em contra partida, Lopez (2011) ao avaliar os níveis de cálcio (3,7; 4,0 e 4,3%) e as relações cálcio/fósforo (9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1) em rações para poedeiras leves no segundo ciclo de produção, não verificou efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo para nenhum dos parâmetros relacionados ao balanço de cálcio e de fósforo.

Na tabela 15, encontram-se os valores de matéria mineral na excreta, em gramas e em porcentagem; e o cálcio excretado em porcentagem, para as respectivas combinações dos níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo. Considerando os níveis de cálcio avaliados, verificou-se que não houve diferença entre as relações cálcio/fósforo para matéria mineral na excreta, em gramas. Porém, observou-se diferença significativa para o percentual de matéria mineral na excreta entre as relações apenas para o nível de 4,6% de cálcio, onde a menor concentração mineral na excreta foi obtida com a relação 13:1. Verificou-se que o menor percentual de cálcio excretado para ambos os níveis de 3,4% e 3,8% de cálcio ocorreu quando as rações foram formuladas com as relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1. Porém, para os níveis

de cálcio 4,2 e 4,6% de cálcio a menor excreção de cálcio foi proporcionada pelas relações cálcio/fósforo 9:1 e 13:1, respectivamente.

Tabela 15 – Valores médios de matéria mineral e de cálcio na excreta de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Matéria mineral na excreta (g/ave/dia)			Matéria mineral na excreta (%)			Cálcio excretado (%)		
	Ca/P			Ca/P			Ca/p		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	9,12A	9,12A	8,03A	39,00A	38,70A	37,92A	39,97B	46,43A	38,22B
3,8	7,76A	8,61A	7,83A	35,33A	37,21A	35,53A	45,39B	53,52A	46,76B
4,2	7,10A	8,37A	7,64A	35,30A	37,24A	37,27A	490,2B	54,76A	53,11A
4,6	7,80A	7,13A	8,42A	37,36A	34,52B	38,66A	52,16A	43,86B	52,02A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A maior retenção percentual de cálcio para ambos os níveis dietéticos 3,4 e 3,8% de cálcio foi obtida com as relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1; ao passo que, para 4,2 e 4,6% de cálcio na ração a maior porcentagem de cálcio retido foi obtida com as relações 9:1 e 13:1, respectivamente. (Tabela 16).

Tabela 16 – Valores médios de cálcio excretado e retido de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Cálcio excretado (g/ave/dia)			Cálcio retido (%)			Cálcio retido (g/ave/dia)		
	Ca/P			Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	1,31B	1,50A	1,19B	60,03A	53,57B	61,78A	1,97A	1,73A	1,92A
3,8	1,64B	1,94A	1,66B	54,61A	46,48B	53,24A	1,96A	1,69B	1,89AB
4,2	1,85B	2,22A	1,97AB	50,98A	45,24B	46,89B	1,92A	1,83A	1,74A
4,6	2,29A	1,89B	2,31A	47,84B	56,14A	47,98B	2,10B	2,40A	2,13B

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na tabela 17, estão descritos os valores médios de consumo de fósforo e fósforo excretado, para as respectivas combinações dos níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo.

Verificou-se que para todos os níveis de cálcio que o maior consumo de fósforo ocorreu nas aves alimentadas com as rações formuladas com a menor relação cálcio/fósforo, 9:1; ou seja, as rações que continham maior nível de fósforo disponível. Exceto para o nível de cálcio 4,2%, observou-se que a menor excreção de fósforo em percentual ocorreu com a relação cálcio/fósforo 17:1. Para o nível de cálcio 4,2% a menor excreção de fósforo em percentual foi obtida com a relação cálcio/fósforo 9:1. Para o fósforo excretado em gramas por ave por dia, observou-se que para todos os níveis de cálcio a relação cálcio/fósforo 17:1 foi a que proporcionou menor excreção de fósforo pelas aves.

Tabela 17 – Valores médios de consumo de fósforo disponível e de fósforo excretado em poedeiras leves de 24 a 40 semanas para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Consumo de fósforo disponível (g/ave/dia)			Fósforo excretado (%)			Fósforo excretado (g/ave/dia)		
	Ca/P			Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	0,47A	0,38B	0,31C	84,52A	79,51B	78,32B	0,40A	0,30B	0,24C
3,8	0,54A	0,43B	0,34C	83,31A	78,76B	79,75B	0,45A	0,34B	0,27C
4,2	0,44A	0,46A	0,35B	74,40B	78,29A	77,88A	0,32A	0,36A	0,28B
4,6	0,59A	0,46B	0,41C	82,86A	77,61B	73,12C	0,49A	0,36B	0,30C

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na tabela 18, encontram-se os valores médios de fósforo retido em percentual e em gramas por ave por dia, para as respectivas combinações dos níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo. Para os níveis de cálcio 3,4 e 3,8% o maior percentual de fósforo retido foi observado em poedeiras que receberam rações formuladas com as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1; para o nível de 4,6% de cálcio, a maior retenção de fósforo, em porcentagem, foi obtida com a relação cálcio/fósforo 17:1; ou seja, rações que continham menor conteúdo de fósforo disponível. De acordo com Queiroz (2008), as aves tem a capacidade de desenvolver mecanismos de adaptação que resultam em aumento na absorção de fósforo, quando fornecido em baixos níveis dietéticos; visto que o menor nível de fósforo disponível foi proporcionado pela maior relação cálcio/fósforo. Entretanto, para 4,2% de cálcio, o maior percentual de fósforo retido, foi obtido com a relação cálcio/fósforo 9:1. Considerando os níveis de cálcio

3,8 e 4,2% a maior absorção de fósforo, em gramas por ave por dia, foi obtida com as relações cálcio/fósforo 9:1 ou 13:1.

Tabela 18 – Valores médios de fósforo retido em poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Fósforo retido (%)			Fósforo retido (g/ave/dia)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	15,48B	20,49A	21,68A	0,07A	0,08A	0,07A
3,8	16,69B	21,24A	20,25A	0,09A	0,09A	0,07B
4,2	25,60A	21,71B	22,12B	0,11A	0,10A	0,08B
4,6	17,14C	22,39B	26,88A	0,10A	0,10A	0,11A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na tabela 19 estão descritas as equações de regressão que descrevem o efeito dos níveis de cálcio para cada relação cálcio/fósforo sobre a matéria mineral na excreta, em porcentagem e em gramas, sobre o cálcio excretado e retido, em porcentagem e em gramas/ave/dia, sobre o consumo de fósforo, em gramas/ave/dia, sobre o fósforo excretado e retido, ambos, em porcentagem e em gramas/ave/dia.

A menor excreção de matéria mineral tanto em porcentagem, quanto em gramas para as três relações cálcio/fósforo 9:1; 13:1 e 17:1, foi obtida com os níveis de cálcio iguais a 4,2; 4,6 e 3,8%, respectivamente. Apesar de Lopes (2011) não ter verificado interação significativa entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo sobre a matéria mineral na excreta, em percentual e em gramas, ao estudar os níveis de cálcio 3,7; 4,0 e 4,3% e as relações cálcio/fósforo 9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1, observou efeito linear crescente dos níveis de cálcio sobre a excreção de matéria mineral em poedeiras leves no segundo ciclo de produção.

Tabela 19 – Equações de regressão ajustadas das variáveis mineral na excreta (MME); cálcio excretado (CaE); cálcio retido (CaR); consumo de fósforo (CP); fósforo excretado (PE) e fósforo retido (PR) para as respectivas relações cálcio/fósforo (Ca/P), coeficientes de determinação (R^2), maior valor com respectivo nível de cálcio (MAV/Ca) e menor valor com respectivo nível de cálcio (MEV/Ca)

Variáveis	Ca/P	Equação	R^2	MAV/Ca	MEV/Ca
MME (%)	9:1	$\hat{Y} = 183,165 - 72,8587X + 8,95169X^2$	0,98	38,92/3,4	35,06/4,2
	13:1	$\hat{Y} = 18,9676 + 12,2943X - 1,92762X^2$	0,89	38,48/3,4	34,73/4,6
	17:1	$\hat{Y} = 126,604 - 46,2072X + 5,89946X^2$	0,81	38,88/4,6	36,20/4,2
MME (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = 63,5714 - 26,9805X + 3,22808X^2$	0,99	9,15/3,4	7,19/4,2
	13:1	$\hat{Y} = -3,58278 + 7,61481X - 1,14630X^2$	0,96	9,05/3,4	7,18/4,6
	17:1	$\hat{Y} = 31,0544 - 11,9319X + 1,52186X^2$	0,85	8,37/4,6	7,68/3,8
CaE (%)	9:1	$Y = 6,45056 + 10,0460X$	0,98	52,66/4,6	40,60/3,4
	13:1	$\hat{Y} = -387,841 + 223,168X - 28,0979X^2$	0,97	54,46/3,8	44,18/4,6
	17:1	$\hat{Y} = -237,7758 + 132,213X - 15,0351X^2$	0,99	52,29/4,2	37,94/3,4
CaE (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = -1,38685 + 0,78963X$	0,98	2,24/4,6	1,29/3,4
	13:1	$\hat{Y} = -18,7777 + 10,0923X - 1,21647X^2$	0,96	2,15/4,2	1,47/3,4
	17:1	$\hat{Y} = -1,900694 + 0,921968X$	0,99	2,34/4,6	1,23/3,4
CaR (%)	9:1	$\hat{Y} = 93,5494 - 10,0460X$	0,98	59,39/3,4	47,33/4,6
	13:1	$\hat{Y} = 487,841 - 223,168X + 28,0979X^2$	0,97	55,81/4,6	45,53/3,8
	17:1	$\hat{Y} = 337,758 - 132,213X + 15,0351X^2$	0,99	62,03/3,4	47,68/4,2
CaR (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = 6,05487 - 2,15380X + 0,280837X^2$	0,82	2,08/4,6	1,92/3,8
	13:1	$\hat{Y} = 14,7723 - 7,06881X + 0,951572X^2$	0,98	2,39/4,6	1,65/3,8
	17:1	$\hat{Y} = 11,8583 - 5,15294X + 0,658736X^2$	0,71	2,09/4,6	1,78/3,8
CP (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = 0,5083$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = -1,01543 + 0,667836X - 0,07555016X^2$	0,99	0,45/4,6	0,38/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 0,593373 - 0,199392X + 0,0343552X^2$	0,96	0,40/4,6	0,31/3,4
PE (%)	9:1	$\hat{Y} = 81,27$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = 84,7070 - 1,54084X$	0,99	79,46/3,4	77,61/4,6
	17:1	$\hat{Y} = -58,0444 + 72,9971X - 9,67136X^2$	0,99	79,69/3,8	73,09/4,6
PE (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = 0,4146$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = -0,7801171 + 0,522264X - 0,0598308X^2$	0,99	0,56/4,2	0,30/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 0,103758 + 0,0419690X$	0,92	0,29/4,6	0,24/3,4
PR (%)	9:1	$\hat{Y} = 18,72$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = 15,2930 + 1,54084X$	0,99	22,38/4,6	20,53/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 158,044 - 72,9971X + 9,67136X^2$	0,99	26,90/4,6	20,30/3,8
PR (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = -0,683587 + 0,366141X - 0,0424367X^2$	0,91	0,10/4,2	0,07/3,4
	13:1	$\hat{Y} = 0,0123365 + 0,0202049X$	0,92	0,10/4,6	0,08/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 0,670155 - 0,332774X + 0,0457818X^2$	0,98	0,10/4,6	0,66/3,8

Considerando a relação cálcio/fósforo 9:1 o percentual de cálcio excretado foi afetado de forma linear crescente pelo aumento nos níveis de cálcio dietético. Para as três relações cálcio/fósforo avaliadas observou-se que houve menor excreção de cálcio quando as rações foram formuladas com o menor nível de cálcio (3,4%); fato que pode ser explicado pela eficiência de absorção desse mineral pelas aves quando fornecido em níveis muito baixos na ração.

Levando em consideração o cálcio excretado, em gramas/ave/dia, pelas poedeiras que receberam rações formuladas com a relação cálcio/fósforo 9:1, verificou-se que houve aumento linear na excreção do mesmo com aumento dos níveis de cálcio na ração. Resultado que está de acordo com os de Keshavarz & Nakajima (1993), que sugerem que o aumento dietético do nível de cálcio faz com que esse mineral passe ao longo do trato digestivo sem ser absorvido. Segundo Lopes (2011), isso acontece porque a ave retém apenas a quantidade necessária e elimina o excesso nas excretas. Vieira (2009) avaliando níveis de cálcio para poedeiras semipesadas no período de 40 a 44 semanas de idade observou um efeito crescente na excreção de cálcio, à medida que se aumentou o nível de 2,8 a 3,8% de cálcio da ração.

A maior retenção de cálcio, em percentual foi obtida com o menor nível de cálcio dietético (3,4%) para relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1 De forma contrária, Clunies et al. (1992), avaliando os níveis de cálcio (2,5, 3,5 e 4,5%) em rações para poedeiras leves com 42 semanas de idade, verificaram maior retenção de cálcio pelas aves aumentando o nível desse mineral na dieta.

A eficiente retenção de cálcio está relacionada com a capacidade intestinal em aproveitar o cálcio dietético, além da contribuição endócrina para o controle de níveis plasmáticos de cálcio; essa regulação é estrategicamente eficiente, e as mínimas variações no cálcio plasmático ativam a regulação hormonal e na prática, dificilmente serão afetados pelo cálcio dietético (VIEIRA, 2009). Segundo Bertechini (2006), conforme aumentam os níveis de cálcio dietético, ocorre redução na síntese da proteína transportadora de cálcio duodenal, além disso, ocorre aumento do pH intestinal e de acordo com Berggard et al. (2000), o aumento do pH intestinal prejudica a funcionalidade da proteína transportadora de cálcio intestinal reduzindo a eficiência absorptiva desse mineral. Dessa forma, a melhor eficiência de utilização desse nutriente ocorre quando fornecidos níveis baixos na ração (BERTECHINI, 2006).

Observou-se que o maior consumo de fósforo, para ambas as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1, foi obtido com 4,6% de cálcio dietético. Nas rações com maiores níveis de cálcio, a concentração de fósforo disponível também foi maior, pois, para manter a mesma relação cálcio/fósforo nos diferentes níveis de cálcio, foi necessário alterar o nível de fósforo na ração de acordo com os níveis de cálcio.

Para as relações 13:1 e 17:1 a menor excreção de fósforo em percentual foi obtida com 4,6% de cálcio na ração, para ambas as relações cálcio/fósforo. Para o fósforo excretado em gramas/ave/dia, a menor excreção foi obtida com 3,4% de cálcio, para ambas as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1.

Considerando as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1, a maior retenção de fósforo em porcentagem, foi obtida com 4,6% de cálcio dietético em ambas as relações. A maior retenção de fósforo em gramas/ave/dia, para a relação cálcio/fósforo 9:1, foi proporcionada pelo nível de 4,2% de cálcio dietético, e, para as relações cálcio/fósforo, 13:1 e 17:1; 4,6% de cálcio, foi o nível que promoveu maior conteúdo de fósforo retido, em gramas/ave/dia.

Constatou-se com a avaliação do balanço de cálcio e de fósforo que as aves alimentadas com rações formuladas com 4,2% de cálcio (3,94 de cálcio/ave/dia), e relação cálcio/fósforo 17:1, apresentaram menor percentual de matéria mineral na excreta; além disso, rações formuladas com 4,6% cálcio (4,31 de cálcio/ave/dia), proporcionaram maior retenção de cálcio e de fósforo, em gramas por ave por dia, assim o nível médio de cálcio que proporcionou melhor resultado para o balanço de cálcio e de fósforo foi de 4,4%. Além disso, foi possível observar com o balanço de cálcio e de fósforo a importância de se formular rações com adequados níveis de cálcio e de fósforo, levando em consideração a relação entre esses dois minerais, a fim de manter a produção e a qualidade dos ovos, sem afetar a integridade óssea e também aproveitar ao máximo os nutrientes oferecidos na ração, evitando o desperdício, contribuindo para a redução do custo da ração e da excreção desses minerais para o meio ambiente.

Levando em consideração os níveis estimados de cálcio que proporcionaram os melhores resultados para o desempenho produtivo (4,39%), para a qualidade do ovo (4,25%), para a composição da casca (4,1 e 4,23%), para o balanço de cálcio e de fósforo (4,4%), o nível médio de cálcio que atendeu a exigência das galinhas poedeiras para esse mineral foi de 4,27% de cálcio, o que correspondeu a um consumo médio diário de 4,0 g de cálcio. A melhor relação cálcio/fósforo foi de 17:1, visto que não houve comprometimento do desempenho produtivo e da qualidade do ovo com menor nível de fósforo na ração.

4. CONCLUSÃO

A exigência de cálcio para galinhas poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade de 4,27%, correspondendo a um consumo médio de 4,0 g de cálcio por ave por dia. A melhor relação cálcio/fósforo é igual a 17:1, correspondendo a 0,251% de fósforo disponível e consumo médio de 235 mg de fósforo disponível por ave por dia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, G.; HARMS, R.H.; EL-HUSSEIN, O. Performance of laying eggs with heavy or light shell weight when fed diets with different calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v.72, n.10, p.1881-1891, 1993.

AHMAD, H.A.; BALANDER, R.J. Alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level for better eggshell quality in commercial layers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.509-514, 2003.

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; MENDES, A.A.; BALOG, A. et al. Efeito do cálcio na qualidade óssea e de ovos de poedeiras. **Revista Achivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p.173-183, 2009.

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M; ARAÚJO, C.S.S. et al. Níveis de fósforo disponível e tamanho de partícula do fosfato bicálcico na ração de poedeiras comerciais de 24 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1223-1227, 2010.

BERGGARD, T.; SILOW, M.; THULIN, E. et al. Ca^{2+} and H^+ dependent conformational changes of calbindin D28K. **Biochemistry**, v.39, p.6864-6873, 2000.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006, 181p.

BROWN, A.J.; KRITS, I.; ARMBRECHT, H.J. Effect of age, vitamin D, and calcium on the regulation of rat intestinal epithelial calcium channels. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 437, n.1, p.51-58, 2005.

CASTILLO, C.; CUCA, M.; PRO, A. et al. Biological and economic optimum level of calcium in White Leghorn Laying Hens. **Poultry Science**, v.83, n.6, p.868-872, 2004.

CEYLAN, N.; SHEIDELER, S.E.; STILBORN, H.L. High available phosphorus corn and phytase in layer diets. **Poultry Science**, v.82, n.5, p.789-795, 2003.

CLOSA, S. J.; MARCHESICH, C.; CABRERA, M. et al. Composición de huevos de gallina y codorniz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, n.2, p.185-189, 1999.

CLUNIES, M.; PARKS, D.; LEESON, S. Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. **Poultry Science**, v.71, n.3, p.482-489, 1992.

COSTA, F.G.P.; JÁCOME, I.M.T.D.; SILVA, J.H.V. et al. Níveis de fósforo disponível e de fitase na ração de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.2, p.73-81, 2004.

COSTA, F.G.P.; OLIVEIRA, C.F.S; DOURADO, L.R.B. et al. Níveis de cálcio em rações para poedeiras semipesadas após o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.624-628, 2008.

DA SILVA, J.H.V.; RIBEIRO, M.L.G. **A fitase reduz a relação ótima Ca:Pd para poedeiras semipesadas.** Conferência APINCO 2004 de Ciência e Tecnologia Avícola, Santos-SP, p.113, 2004.

FERREIRA, R.A. **A maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

FROST, T.I.; ROLAND SR.; D.A. The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. **Poultry Science**, v.70, p.963, 1991.

GORDON, R.W.; ROLAND SR., D.A. Influence of supplemental phytase on calcium and phosphorus utilization in laying hens. **Poultry Science**, v.77, n.2, p.290-294, 1998.

HY-LINE DO BRASIL. **Guia de manejo comercial da Hy-line W-36 2009.** Disponível em: www.hylinedobrasil.com.br

KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science Journal**, v.72, p.114-153, 1993.

LIM, H.S.; NAMKUNG, H.; PAIK, I.K. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorus excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorus. **Poultry Science**, v.82, n.1, p.92-99, 2003.

LOPES, R.A. **Níveis de cálcio e relação cálcio: fósforo disponível em rações para galinhas poedeiras leves no segundo ciclo de produção.** 2011. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2011.

NOEBAUER, M.R. **Efeitos das diferentes relações cálcio: fósforo disponível e fitase sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo de poedeiras de ovos de casca marrom.** 2006. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

ORNELLAS, L.H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos.** 7. ed. São Paulo: Editora Metha, 2001. 330p.

PASTORE, S.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Calcium levels and calcium: available phosphorus rations in diets for white egg layers from 42 to 58 weeks of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.12, p.2424-2432, 2012.

PASTORE, S.M. **Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade.** 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

PELÍCIA, K. **Efeito dos níveis de cálcio, fósforo e granulometria de calcário na dieta de poedeiras comerciais no primeiro ciclo de produção e no segundo ciclo de produção.** 2008. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2008.

PELÍCIA, K. GARCIA, E.A.I.I.; FAITORONE, A.B.G. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian, Journal of Poultry Science**, v.11, n.1, p.39-49, 2009.

QUEIROZ, L.S.B. **Biodisponibilidade relativa do fósforo de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial**. 2008. 95p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

RAMA RAO, S.V.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.L.N. et al. Requirement of calcium for commercial broilers and whit Leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Science Technology**, v.106, p.199-208, 2003.

ROLAND, D.A.; FARMER, M.; MARPLE, D. Calcium and relationship to excess feed consumption, body weight, egg size, fat deposition, shell quality, and fatty liver hemorrhagic syndrome. **Poultry Science**, v.64, n.12, p.2341-2350, 1985.

ROLAND, D.A.; SLOAN, D.R.; HARMS, R.H. The ability of hens to maintain calcium deposition in the eggshell and egg yolk as the hen ages. **Poultry Science**, v.54, n.5, p.1720-1723, 1975.

ROSA, A.P.; FERREIRA, P.B.; NOEBAUER, M.R. et al. Diferentes relações cálcio: fósforo disponíveis e fitase em dietas de poedeiras UFVSM-V: desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo, **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1831-1837, 2011.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

SAFAA, H.M.; SERRANO, M.P.; VALENCIA, D.G. et al. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. **Poultry Science**, v.87, n.10, p.2043-2051, 2008.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos), 3º ed, Viçosa, MG: UFV, 2002, 235p.

SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A.; GOULART, C.C. et al. Relação cálcio: fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2166-2172, 2008.

SNOW, J.L.; RAFACZ, K.A.; UTTERBACK, P.L. et al. Hy-line W-36 and Hy-Line W-98 laying hens respond similarly to dietary phosphorus levels. **Poultry Science**, v.84, n.5, p.757-763, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Central de Processamento de Dados – UFV/CPD. SAEG – **Sistema para análise estatística e genética**. Versão 9.1 Viçosa, MG: UFV, 2007, 54p.

VELLASCO, C.R. **Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade**. 2010. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2010.

VELLASCO, C.R.; GOMES, P.C.; DONZELLE, J.L. et al. Níveis de cálcio relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. **Anais...** In: 47º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Salvador, BA – UFBA, 2010.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo – aspectos nutricionais. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 6., 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Paulista de Avicultura, p.77-91, 1996.

VIEIRA, M.M. **Metabolismo de cálcio em aves de corte e de postura com ácidos orgânicos e fitase na dieta.** 2009. 127p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

CAPÍTULO II

NÍVEIS DE CÁLCIO E RELAÇÕES CÁLCIO: FÓSFORO EM RAÇÕES PARA GALINHAS POEDEIRAS LEVES DE 42 A 58 SEMANAS DE IDADE

RESUMO

A fim de determinar a exigência nutricional de cálcio e a melhor relação cálcio: fósforo disponível (Ca:Pd) para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, foi realizado um experimento utilizando 576 galinhas poedeiras Hy-Line W36, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, composto por 4 níveis de cálcio (3,4; 3,8; 4,2 e 4,6%) e três relações Ca:Pd (9:1; 13:1 e 17:1), totalizando doze tratamentos com oito repetições e seis aves por unidade experimental. Foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo (produção de ovos, ganho de peso, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos), de qualidade do ovo (porcentagem, peso e espessura da casca, gravidade específica dos ovos) de composição da casca (teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na casca), de características ósseas (peso da tíbia, teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na tíbia), e, de balanço de cálcio e de fósforo (consumo de cálcio e de fósforo, teores de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na excreta e retenção de cálcio e de fósforo pelas aves). Verificou-se efeito quadrático dos níveis de cálcio sobre o consumo de ração. A conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos melhorou com o aumento do nível de cálcio na ração, observou-se efeito linear decrescente dos níveis de cálcio sobre essas variáveis. As relações Ca: Pd não influenciaram ($P>0,05$) os parâmetros relacionados ao desempenho produtivo. Houve efeito quadrático dos níveis de cálcio sobre o peso e o percentual de casca, sobre a espessura da casca e sobre a gravidade específica dos ovos. As relações Ca: Pd não afetaram ($P>0,05$) os parâmetros relacionados à qualidade do ovo. Observou-se que o aumento do cálcio na ração proporcionou um aumento linear ($P<0,01$) no teor de cálcio da casca, em gramas. As relações Ca: Pd não influenciaram ($P>0,05$) os parâmetros relacionados à composição da casca do ovo. Houve efeito ($P<0,01$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd para a matéria mineral, em porcentagem e em gramas; para o fósforo, em percentual e em miligramas; e, para o percentual de cálcio na casca do ovo. Não houve efeito ($P>0,05$) das relações Ca: Pd sobre os parâmetros relacionados a características ósseas das poedeiras. Os níveis de cálcio exerceram efeito quadrático sobre o conteúdo de cálcio e de fósforo na tíbia, em gramas. Verificou-se efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo, para a matéria mineral, tanto em porcentagem, quanto em gramas; e, para o percentual de cálcio e de fósforo na tíbia. Observou-se aumento no consumo de cálcio, com aumento dos níveis do mesmo nas

rações. Os níveis de cálcio atuaram de forma quadrática sobre o cálcio excretado e retido, em percentual e em gramas. Verificou-se aumento na excreção de fósforo, em gramas, com o respectivo aumento do nível de cálcio nas rações. As relações Ca: Pd afetaram ($P < 0,01$) apenas o fósforo excretado em gramas/ave/dia, onde a menor excreção de fósforo foi obtida com a relação Ca: Pd 17:1. Houve efeito significativo da interação entre os níveis de cálcio e as relações Ca: Pd sobre o percentual de matéria mineral na excreta; consumo de fósforo; fósforo excretado, em percentual; e fósforo retido, em percentual e em gramas/ave/dia. A exigência de cálcio estimada para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade é de 4,43%, correspondendo a um consumo médio de 4,27 g de cálcio/ave/dia. A melhor relação cálcio/fósforo é de 17:1, que corresponde a um consumo médio de 251 mg de fósforo disponível/ave/dia.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura desempenha um importante papel na economia do país, gerando empregos e divisas, além de ter o ovo, como principal produto, considerado um alimento de alto valor nutricional a custos acessíveis. A produção de ovos de poedeiras foi de 681,99 milhões de dúzias no 2º trimestre de 2013, indicativo de aumentos tanto com relação ao 2º trimestre de 2012 (1,3%), quanto com relação ao 1º trimestre de 2013 (2,4%) (IBGE, 2013).

A casca é a embalagem natural do ovo, o qual está pronto para ser comercializado e, para isso, deve ser resistente para não sofrer nenhum dano físico, devendo resistir à postura pela ave, coleta, classificação e transporte, até o consumidor final. Os nutricionistas e os produtores devem-se preocupar com os níveis de nutrientes específicos que são exigidos para produzir ovos com casca de boa qualidade. Logo, a nutrição mineral está intimamente relacionada com a qualidade da casca do ovo. Ovos de casca fina e quebrados são duas condições que causam grandes perdas econômicas para os produtores. Estima-se que 10 a 15% dos ovos produzidos por poedeiras comerciais sejam perdidos por apresentarem má qualidade da casca (COUSTS et al., 2007).

O cálcio é um importante nutriente para a qualidade da casca. É o principal mineral componente da casca do ovo e conseqüentemente é responsável pela qualidade interna do ovo. Níveis deficientes de cálcio na dieta levam à redução da produção e do peso do ovo, do consumo de ração e também da densidade óssea (ROLAND et al., 1996). Enquanto que, o excesso de cálcio reduz significativamente a produção e o peso do ovo, além do consumo de ração.

O fósforo é um mineral altamente relacionado com a produção e a qualidade dos ovos, pois, participa de funções metabólicas essenciais no organismo. Por ser de alto custo e pela sua importância fisiológica, é um elemento que requer atenção especial na formulação de rações. A suplementação de fósforo representa o terceiro maior custo nas rações para aves, ficando atrás apenas da proteína e energia; além disso, o fósforo é um mineral não renovável na natureza e, em longo prazo, as fontes de fósforo inorgânico disponíveis estarão esgotadas (PENZ JR., 1998). Uma redução no consumo de fósforo, e, conseqüentemente uma redução na excreção desse nutriente, sem que o desempenho produtivo seja afetado, pode ter um impacto positivo na redução da poluição ambiental e no custo de produção.

Para que as poedeiras possam expressar todo seu potencial produtivo é essencial que suas exigências nutricionais, especialmente em cálcio e em fósforo, assim como a melhor relação entre ambos sejam adequadamente atendidas nas rações. Dessa forma, é necessário rever permanentemente as exigências de cálcio e de fósforo, bem como a relação entre esses dois minerais, visto que as necessidades desses minerais pelas aves, tem se modificado constantemente, principalmente em decorrência da evolução genética das linhagens comerciais. Portanto, objetivou-se com esse trabalho determinar a exigência de cálcio e a melhor relação cálcio/fósforo disponível para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG, no período de julho de 2012 a novembro de 2012.

Foram utilizadas 576 galinhas poedeiras leves, da marca comercial Hy-Line W-36 durante o período experimental de 42 a 58 semanas de idade. O peso corporal das aves variou entre 1,511 kg (40 semanas de idade) e 1,603 kg (58 semanas de idade).

Com 40 semanas de idade; as aves foram pesadas e distribuídas por peso nas respectivas unidades experimentais. Foi realizado controle de postura durante as duas semanas subsequentes, de modo a permitir a uniformização da postura no início do experimento. Quando completaram 42 semanas de idade, as aves foram redistribuídas nas unidades experimentais padronizadas por peso corporal e por postura, e então foram submetidas aos tratamentos. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3 (4 níveis de cálcio x 3 relações cálcio/fósforo) totalizando doze tratamentos, com oito repetições e seis aves por unidade experimental.

O programa de luz adotado foi o mesmo utilizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, consistindo no fornecimento de um fotoperíodo de 17 horas de luz, natural e artificial (4 às 21h).

A temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente por quatro termômetros de máxima e de mínima os quais foram distribuídos pelo galpão posicionados à altura das aves.

As rações experimentais foram preparadas à base de milho e de farelo de soja suplementadas com vitaminas e minerais. Exceto para os níveis de cálcio e de fósforo, as rações foram formuladas para atender às exigências nutricionais das poedeiras em produção no período de 42 a 58 semanas, atendendo as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2011).

As rações foram suplementadas com calcário de forma a obter-se os níveis de 3,4; 3,8; 4,2; e 4,6% de cálcio, sendo que foram utilizados 50% de calcário fino e 50% de calcário pedrisco, e, foram também suplementadas com fosfato bicálcico de textura média, de forma a manter as relações cálcio/fósforo iguais a 9,0; 13,0 e 17,0%, nas rações. Foram realizadas análises de cálcio e de fósforo nos alimentos e nas fontes de cálcio e de fósforo, de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Composição percentual de proteína bruta, de cálcio e de fósforo dos alimentos utilizados na formulação das rações experimentais

Ingredientes	Valores analisados		
	Proteína bruta (%)	Cálcio (%)	Fósforo (%)
Farelo de soja	46,4	0,23	0,54
Milho	7,87	0,03	0,25
Farelo de glúten de milho	60,6	0,02	0,52
Fosfato bicálcico	-	24,2	18,4
Calcário fino	-	37,8	-
Calcário pedrisco	-	37,8	-

As rações foram fornecidas diariamente em dois horários, às 7:00 e às 16:00 horas garantindo às aves consumo de alimento a vontade durante todo o período experimental. A água foi fornecida *ad libitum*.

Na tabela 2 está descrito a composição percentual e calculada da ração basal utilizada para compor as rações experimentais, onde o termo variável compreende os ingredientes que variaram nas rações experimentais (calcário, fosfato bicálcico e areia), a fim de se obter os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo desejadas. O conteúdo dos nutrientes cálcio e fósforo é proveniente dos alimentos milho, farelo de soja e glúten de milho.

Tabela 2 – Composição percentual e calculada da ração basal

Ingredientes	(%)
Milho	57,52
Farelo de soja	22,69
Óleo de soja	3,51
Farelo de glúten de milho	2,50
Sal	0,53
DL-Metionina, 99%	0,26
Suplemento vitamínico ¹	0,10
Suplemento mineral ²	0,05
Cloreto de colina, 60%	0,02
BHT ³	0,01
Variável	12,81
Total	100,00
Composição calculada	
Proteína bruta (%)	16,50
Energia metabolizável (Mcal/Kg)	2,90
Cálcio ⁴	0,07
Fósforo disponível ⁴	0,28
Lisina digestível (%)	0,79
Metionina + cistina digestível (%)	0,79
Metionina digestível (%)	0,51
Treonina digestível (%)	0,64
Triptofano digestível (%)	0,20
Valina digestível (%)	0,77
Isoleucina digestível (%)	0,65
Leucina digestível (%)	1,54
Sódio (%)	0,22
Cloro (%)	0,35
Potássio (%)	0,59
Ácido linoléico (%)	3,17

¹ Suplementação vitamínica: vit. A - 8.000 UI; vit. D₃ - 2.400 UI; vit. E - 22,5 mg; vit. B₁ - 2,8 mg; vit. B₂ - 7,7 mg; vit. B₁₂ - 18,0 mg; vit. B₆ - 4,5 mg; ácido pantotênico - 13,0 mg; vit. K - 1,8 mg; ácido fólico - 1,3 mg; ácido nicotínico - 31,5 mg; selênio - 0,4 mg; antioxidante 0,25 g e excipiente q. s. p. - 1.000g.

² Suplementação mineral: manganês 80,0 g; ferro - 80,0 g; zinco 50,0 g; cobre - 10,0 g; cobalto- 2,0 g iodo - 1,0 g; e excipiente q. s. p. - 500 g.

³ Antioxidante - BHT.

⁴ Proveniente do milho, farelo de soja e glúten de milho.

Tabela 3 – Composição percentual e calculada das rações experimentais

(%)	Níveis de cálcio e Relações cálcio/fósforo					
	3,4/9,0	3,4/13,0	3,4/17,0	3,8/9,0	3,8/13,0	3,8/17,0
Ração basal	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19
Calcário	7,81	8,21	8,43	8,71	9,17	9,41
Fosfato bicálcico	1,56	0,93	0,59	1,80	1,09	0,72
Areia	3,44	3,67	3,79	2,30	2,55	2,68
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
Cálcio	3,4	3,4	3,4	3,8	3,8	3,8
Fósforo disponível	0,38	0,26	0,2	0,42	0,29	0,22
Relação cálcio: fósforo	9,0	13,0	17,0	9,0	13,0	17,0

Tabela 4 – Composição percentual e calculada das rações experimentais

(%)	Níveis de cálcio e Relações cálcio/fósforo					
	4,2/9,0	4,2/13,0	4,2/17,0	4,6/9,0	4,6/13,0	4,6/17,0
Ração basal	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19	87,19
Calcário	9,62	10,12	10,38	10,52	11,07	11,35
Fosfato bicálcico	2,04	1,26	0,85	2,29	1,43	0,98
Areia	1,15	1,43	1,58	0,00	0,31	0,48
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada						
Cálcio	4,2	4,2	4,2	4,6	4,6	4,6
Fósforo disponível	0,47	0,32	0,25	0,51	0,35	0,27
Relação cálcio: fósforo	9,0	13,0	17,0	9,0	13,0	0,17

O experimento teve duração de 16 semanas e foi subdividido em quatro fases de coleta de dados, sendo cada uma correspondente a 28 dias, em que foram coletados e avaliados os seguintes parâmetros:

- **Produção de ovos:** foi anotada diariamente (1 coleta realizada às 16:00 horas). De acordo com o número de aves alojadas por unidade experimental, foi calculada a produção média de ovos por ave/alojada e a produção de ovos por ave/dia;

- **Consumo de ração:** foi determinado ao término de cada fase de 28 dias, a partir da razão da quantidade de ração consumida em cada unidade experimental pelo número de aves das unidades experimentais por dia. Dessa forma, o consumo foi expresso como gramas de ração por ave/dia. Na ocorrência de mortalidade no tratamento, foi descontado o consumo médio de cada ave morta para obtenção do consumo médio corrigido;

- **Conversão alimentar:** foi calculada pela divisão do consumo de ração pela produção em dúzias de ovos (kg/dz) e pela massa de ovos (kg/kg), em cada uma das quatro fases;

- **Ganho de peso:** todas as poedeiras de cada repetição foram pesadas no início e no final do período experimental, para obtenção do ganho de peso médio, o qual foi obtido pela diferença entre as duas pesagens;

- **Mortalidade:** foi registrada por unidade experimental diariamente e computada para cada fase avaliado;

- **Peso médio dos ovos:** foram utilizados todos os ovos íntegros coletados nos três últimos dias de cada uma das fases de 28 dias. A média do peso dos ovos foi obtida pela divisão do peso total dos ovos coletados pelo número de ovos coletados, por unidade experimental;

- **Massa de ovos:** expressa em gramas por ave por dia (g/ave/dia), foi calculada multiplicando o peso médio dos ovos na fase pelo número total de ovos produzidos na respectiva fase, dividido pelo número total de aves dos dias relativos a essa fase;

- **Perda de ovos:** foram computados todos os ovos de casca fina e sem casca; sendo esses considerados como ovos perdidos. A relação de ovos perdidos e o total de ovos produzidos no experimento está apresentada na forma de porcentagem;

- **Peso médio dos componentes dos ovos:** foram utilizados dois ovos por dia de cada repetição durante os três últimos dias de cada fase. Após pesados os ovos foram quebrados sendo feita a separação da gema e do albúmen. As gemas foram pesadas, as cascas lavadas e pesadas depois de secas ao ar. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo e o peso da gema mais o peso da casca;

- **Gravidade específica dos ovos:** Nos três últimos dias de cada fase, todos os ovos íntegros coletados foram imersos e avaliados em soluções de NaCl com densidade variando de 1,055 a 1,100 g/cm³, com intervalos de 0,005 g/cm³ entre elas, sendo a densidade ou peso específico medido por meio de um densímetro da marca OM-5565.

- **Espessura da casca:** A espessura média da casca foi obtida a partir da medição de cada casca resultante da avaliação da qualidade do ovo, mencionada anteriormente. As espessuras foram medidas incluindo as membranas. Foram realizadas leituras em três pontos distintos na região equatorial da casca; por meio de um paquímetro digital do tipo AMES S-6428, com precisão de 0,01 mm (0,01 – 150,00 mm).

- Porcentagem de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na casca de ovo: Após as mensurações da espessura, as cascas dos ovos foram agrupadas por tratamento e por fase, moídas em moinho de bola e armazenadas para análises laboratoriais. De acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), foram quantificados a matéria seca, a matéria mineral, o cálcio e o fósforo nas cascas. A matéria seca foi obtida, utilizando-se estufa a 105°C, na qual as amostras permaneceram por 16 horas, e para determinação da matéria mineral, as amostras foram queimadas a 600°C por 4 horas. A matéria mineral foi expressa em gramas e em porcentagem da matéria seca da casca do ovo. As análises para determinação do cálcio e do fósforo foram realizadas via úmida. O cálcio foi quantificado por espectrofotometria de absorção atômica e o fósforo por colorimetria. Os teores de cálcio e de fósforo foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da casca do ovo.

- Porcentagem de matéria mineral, de cálcio e de fósforo no osso: Ao final do experimento, às 58 semanas de idade, 192 aves (duas aves por repetição de cada tratamento) foram abatidas por deslocamento cervical para retirada das tíbias. As tíbias foram identificadas por tratamento e por repetição, foram armazenadas em freezer. Depois as tíbias direitas foram descarnadas, pesadas, prensadas e pré-desengorduradas durante 4 horas, em seguida foram levadas à estufa de ventilação forçada, onde permaneceram por 16 horas, para eliminação do éter. Após, as tíbias foram novamente pesadas e moídas em moinho de bola. Para a quantificação da matéria seca as tíbias foram secas em estufa a 105°C por 16 horas; para a quantificação da matéria mineral, foram queimadas a 600°C por 4 horas. A matéria mineral foi expressa em gramas e em porcentagem da matéria seca da tíbia pré-desengordurada. A solução mineral foi preparada conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), aplicando o procedimento da via úmida. A partir da solução mineral foram quantificados os teores de fósforo, pelo método colorimétrico, e o de cálcio, pelo método de absorção atômica. Os teores de cálcio e de fósforo na tíbia foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da tíbia pré-desengordurada.

- Balanço de cálcio e de fósforo: ao final do período experimental (58 semanas) foi pesada a ração e fornecida durante três dias consecutivos. Ao final desse período, as sobras da ração foram pesadas e o consumo de ração foi calculado pela diferença entre a ração fornecida e as sobras de ração. O consumo de cálcio e de fósforo foi obtido pelo consumo de ração total desse período, multiplicado pelo nível de cálcio e de fósforo do tratamento e dividido por 100. Durante esse período, foram colocadas bandejas metálicas revestidas com plástico sob o piso das gaiolas de quatro repetições de cada tratamento, para coleta de excretas, a qual foi

realizada diariamente, duas vezes ao dia, às 7:00 e às 15:00 horas. As excretas coletadas em cada unidade experimental, após a retirada das penas, resíduos de ração e outras fontes de contaminação, foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer. Posteriormente, o conteúdo armazenado foi descongelado, pesado e homogeneizado por repetição e retirada uma alíquota, a qual foi mantida em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55°C para pré-secagem. Em seguida, as excretas foram expostas ao ar para entrar em equilíbrio com a temperatura e umidade ambiente. Após foram pesadas, moídas em moinho de bola e acondicionadas em embalagens plásticas identificadas, para posteriores análises laboratoriais. Para a quantificação da matéria seca, as excretas foram secas em estufa a 105°C por 16 horas e, para quantificação da matéria mineral, foram queimadas a 600°C por 4 horas. A matéria mineral foi expressa em gramas e em porcentagem da matéria seca da excreta. A solução mineral foi preparada conforme metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002), utilizando-se o procedimento da via úmida. A partir da solução mineral foram quantificados os teores de cálcio e de fósforo, pelo método de absorção atômica e pelo método colorimétrico, respectivamente. Os teores de cálcio e de fósforo foram expressos em gramas e em porcentagem da matéria seca da excreta. Após a obtenção dos resultados laboratoriais, calculou-se o balanço de cálcio e de fósforo.

Os resultados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo (relação cálcio/fósforo), as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (níveis de cálcio), utilizou-se a análise de regressão. Utilizou-se o programa computacional “Sistema para análises estatísticas e genéticas” (SAEG, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de temperatura mínima e máxima no interior do galpão durante o período experimental foram, respectivamente, 15,07 e 28,03 °C. Caracterizando que as aves estavam na faixa de termoneutralidade no período de produção, que é de 15 a 28°C, segundo Ferreira (2005).

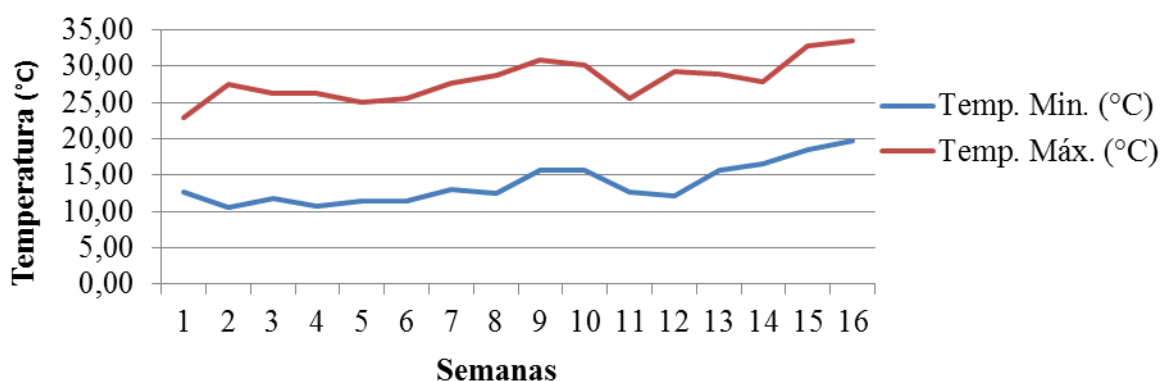


Figura 1 – Variação das temperaturas durante o período experimental

A taxa de mortalidade foi considerada normal, uma vez que alcançou o nível de 2,08%, valor este, inferior ao considerado como normal (3,33%) de acordo com o manual da marca comercial Hy-Line (2009).

Os ovos perdidos (ovos de casca fina e sem casca) corresponderam em média a 0,5% do total de ovos bons, durante todo o período experimental.

3.1. Desempenho produtivo

Os valores médios das variáveis relacionadas ao desempenho produtivo, em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo, estão descritas na tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios das variáveis relacionadas ao desempenho produtivo de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)				Efeito	Relações cálcio/fósforo				CV (%)
	3,4	3,8	4,2	4,6		9:1	13:1	17:1	Efeito	
CR (g/ave/dia)	97,04	96,89	96,38	95,13	*Q	96,85	96,16	95,93	ns	2,47
Postura (%)	84,96	84,88	87,73	85,89	**L	85,91	86,05	85,64	ns	3,40
Peso do ovo (g)	65,48	65,66	65,56	65,50	ns	66,00	65,22	65,42	ns	1,98
MO (g/ave/dia)	55,62	55,70	57,49	56,24	**L	56,69	56,11	56,00	ns	3,19
GP (g/ave)	20,64	27,86	24,24	18,55	ns	24,60	20,14	23,73	ns	60,81
CADZ (Kg/dz)	1,38	1,37	1,32	1,33	**L	1,35	1,34	1,35	ns	3,44
CAMO (Kg/Kg)	1,75	1,74	1,68	1,69	**L	1,71	1,72	1,72	ns	2,09

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F; L – efeito linear; Q – efeito quadrático; CV – coeficiente de variação.

CR – consumo de ração; MO – massa de ovo; GP – ganho de peso, CADZ – conversão alimentar por dúzia de ovos; CAMO – conversão alimentar por massa de ovos.

Apesar do consumo de ração não ter sido influenciado ($P>0,05$) pelas relações cálcio/fósforo, observou-se que os níveis de cálcio exerceram efeito ($P<0,05$) sobre esse parâmetro. O consumo médio de ração foi de 96,31 g/ave/dia. Foi possível verificar que, com o aumento do nível de cálcio dietético ocorreu redução no consumo de ração, sendo que, o menor consumo foi observado nas aves alimentadas com rações contendo 4,6% de cálcio (figura 2). Esses resultados corroboram com Roland et al. (1985) que afirmam que a relação entre a quantidade de cálcio na ração e o consumo de ração é contraditória; isto é, ao elevar o nível de cálcio dietético, ocorre redução no consumo de ração. Resultado semelhante foi obtido por Oliveira et al. (1995) avaliando os seguintes níveis de cálcio, 2,8; 3,2; 3,6; 4,0 e 4,4%, verificaram redução no consumo de ração em poedeiras leves e semipesadas com o aumento dos níveis de cálcio dietético. Segundo Narvaez et al. (2006), aves alimentadas com rações contendo níveis insuficientes de cálcio, consomem mais a fim de compensar a deficiência em cálcio. Porém, Safaa et al. (2008) não verificaram redução no consumo de ração com o aumento da ingestão de cálcio de 4,08 para 4,64 g/ave/dia; em poedeiras semipesadas de 53 a 78 semanas de idade. Da mesma forma, Pastore et al. (2012) ao estudarem os níveis de cálcio de 3,9; 4,2 e 4,5% de cálcio na ração para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade não observaram efeito dos níveis de cálcio sobre o consumo de ração.

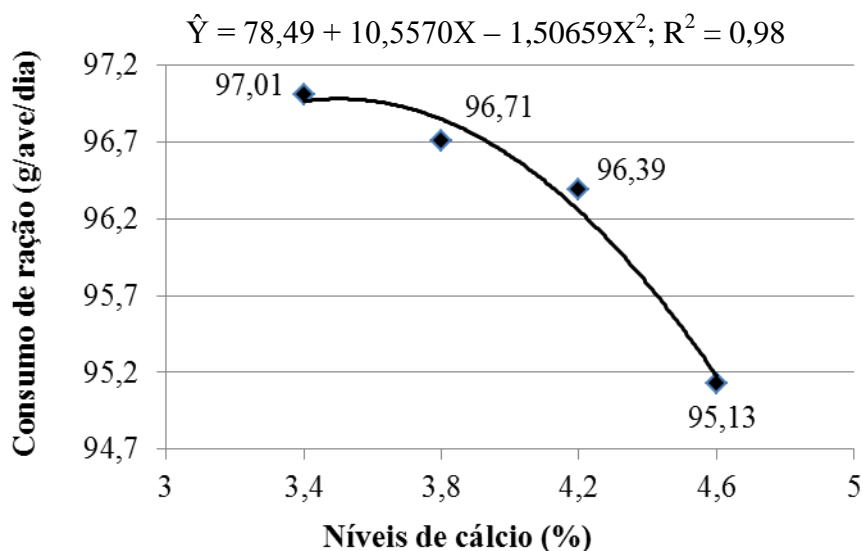


Figura 2 – Consumo de ração (g/ave/dia) em poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

Considerando a taxa de postura, verificou-se efeito ($P < 0,01$) linear dos níveis de cálcio sobre esse parâmetro ($\hat{Y} = 80,2353 + 1,40784X$; $R^2 = 0,30$) e de acordo com essa equação, 4,6 é nível de cálcio que proporciona maior taxa de postura. Entretanto, nível de 4,2% de cálcio proporcionou uma taxa de postura 3,16 pontos percentuais superiores ao nível de 3,4% de cálcio dietético (Tabela 5). Apesar de ter ocorrido menor consumo de ração com níveis mais elevados de cálcio, foi possível constatar que o nível de 4,2% de cálcio foi capaz de atender a exigência das aves para este mineral, uma vez, que se manteve a produção de ovos. Resultados diferentes para a taxa de postura foram encontrados por Rodrigues (1995), que ao avaliar os níveis de 3,8 e 4,5% de cálcio em dietas para poedeiras no segundo ciclo de produção, verificaram menor produção de ovos com maior nível de cálcio, provavelmente devido ao menor consumo de ração proporcionado pelo nível mais elevado de cálcio na ração. Entretanto, Ahamad et al. (2003) ao avaliarem níveis de cálcio variando de 2,5 a 5,0% na ração para poedeiras semipesadas com 57 a 65 semanas de idade observaram aumento na produção de ovos de 75,3% para 82,4% com aumento de cálcio dietético. Murata et al. (2009) ao estudarem três níveis de cálcio (3,57; 4,15 e 4,55%) em rações para poedeiras leves com 57 a 78 semanas de idade, verificaram diferença significativa e constataram que a maior produção de ovos foi obtida com o nível estimado de 4,05% de cálcio. Ao contrário dos resultados obtidos nesse trabalho, Silva et al. (2008) ao avaliarem as relações cálcio/fósforo iguais a 9:1; 12:1 e 14:1, verificaram melhora na produção de ovos de poedeiras semipesadas de 28 a 44 semanas de idade com aumento da relação cálcio/fósforo de 9:1 para 14:1. O mesmo foi observado por Lopes (2011) em pesquisa com poedeiras leves no segundo ciclo de produção avaliando os níveis de cálcio de 3,7; 4,0 e 4,3% e as relações cálcio/fósforo 9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1 verificou um aumento linear na produção de ovos com o aumento do nível de cálcio dietético e também constatou melhor taxa de postura com a relação cálcio/fósforo igual a 10,81:1.

Os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P > 0,05$) o peso de ovo. Porém, observou-se que os níveis de cálcio exerceram efeito ($P < 0,01$) sobre a massa de ovos ($\hat{Y} = 52,6161 + 0,912409X$; $R^2 = 0,30$). Contudo, as relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P > 0,05$) a massa de ovo. Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo et al. (2010) ao avaliar três níveis de fósforo disponível (0,28; 0,38 e 0,48%) e um nível de cálcio (3,5%) com as relações cálcio/fósforo 12,5:1; 9,2:1 e 7,2:1 para poedeiras semipesadas de 24 a 58 semanas de idade, também não verificaram efeito das relações cálcio fósforo sobre o peso e a massa de ovos. Rosa et al. (2011) também não verificaram efeito das relações

cálcio/fósforo avaliadas (8:1; 11:1 e 14:1) sobre o peso e sobre a massa de ovos de poedeiras UFSM-V com 32 e 36 semanas de idade. O nível de 4,2% de cálcio proporcionou uma massa de ovos 3,25% superior àquela obtida com o menor nível de cálcio, 3,4%; o que se deve à maior produção de ovos obtida com 4,2% de cálcio dietético, conforme demonstrado na tabela 5.

O ganho de peso não foi afetado ($P>0,05$) nem pelos níveis de cálcio e nem pelas relações cálcio/fósforo, mostrando que mesmo, os níveis mais baixos de fósforo disponível nas dietas, proporcionado pelas relações cálcio/fósforo mais elevadas, foram capazes de atender as exigências das aves para esta variável. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes (2011) ao avaliarem as os níveis de cálcio de 3,7; 4,0 e 4,3% e, as relações cálcio/fósforo 9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1 em rações para poedeiras leves no segundo ciclo de produção.

Apesar de não terem sido influenciadas ($P>0,05$) pelas relações cálcio/fósforo, a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos foram influenciadas ($P<0,05$) pelos níveis de cálcio. As equações de regressão ajustadas, $\hat{Y} = 1,53935 - 0,0475092X$, $R^2 = 0,75$ e $\hat{Y} = 1,93341 - 0,0547792X$, $R^2 = 0,70$, descrevem o efeito dos níveis de cálcio sobre a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos, respectivamente. Constatou-se que com o aumento do nível de cálcio na ração, houve melhora na conversão alimentar, o que pode ser explicado pelo menor consumo de ração proporcionado pelos níveis mais elevados de cálcio nas dietas. Resultados semelhantes foram encontrados por Narvaez et al. (2006), que, ao conduzirem uma pesquisa a fim de avaliar os níveis de cálcio (2,6; 3,0; 3,4; 3,8 e 4,2%) em rações contendo 0,35% de fósforo disponível para poedeiras leves no período de 46 a 62 semanas de idade observaram efeito quadrático dos níveis de cálcio sobre a conversão alimentar por massa de ovos, onde 3,62% de cálcio foi suficiente para se obter a melhor conversão alimentar por massa de ovo. Lelis et al. (2009) em pesquisa com poedeiras semipesadas de 50 a 66 semanas de idade alimentadas com rações com diferentes níveis de fósforo disponível (0,23; 0,29; 0,35; 0,41 e 0,47%) e 4,2% de cálcio e as correspondentes relações cálcio/fósforo variando de 18,26:1 a 8,93:1, não encontraram efeito dos tratamentos sobre a conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos. Pastore et al. (2012) também não verificaram efeito significativo tanto dos níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%), quanto das relações cálcio/fósforo (12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1) em rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade sobre a conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos.

Não se observou efeito ($P>0,05$) da interação entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo para nenhuma das variáveis de desempenho produtivo.

Diante dos resultados relacionados ao desempenho produtivo foi possível constatar que o melhor nível de cálcio foi 4,6%, uma vez que foi o nível que proporcionou a maior produção de ovos e a melhor conversão alimentar. Considerando o consumo médio de ração de 96,31 g/ave/dia, então, em valor absoluto a quantidade de cálcio que atendeu à exigência diária das aves foi de 4,43 g na ração; valor superior ao recomendado por Rostagno et al. (2011), que, considerando o consumo de ração de 103 g/ave/dia; recomendam 4,02 g de cálcio/ave/dia. A necessidade de um nível superior de cálcio observado nesse trabalho, provavelmente, foi devido ao menor consumo de ração pelas aves, o que proporcionou uma exigência superior aquela recomendada por Rostagno et al. (2011).

A melhor relação cálcio/fósforo foi 17:1; visto que, não houve influência das relações sobre nenhum dos parâmetros produtivos, mostrando que é possível reduzir os níveis de fósforo disponível, contribuindo para redução do custo de produção, pois a ração compreende cerca de 70% do custo total de produção e o fósforo é o terceiro nutriente mais caro que compõe a ração e, além disso, contribui para redução da excreção de fósforo para o ambiente com níveis inferiores de fósforo disponível na ração. Considerando o nível de cálcio 4,6% e a relação 17:1, então o nível de fósforo neste trabalho que atendeu perfeitamente a exigência nutricional deste mineral, relacionado ao desempenho produtivo para as poedeiras leves foi igual a 0,27% de fósforo disponível por dia, o que correspondeu a um consumo médio de 0,261 g/ave/dia; valor inferior ao recomendado por Rostagno et al. (2011), igual a 0,3 g/ave/dia.

3.2. Qualidade do ovo

Não houve efeito ($P>0,05$) da interação níveis de cálcio e relações cálcio/fósforo e também das relações cálcio/fósforo sobre os parâmetros relacionados à qualidade do ovo. Entretanto, os níveis de cálcio exerceram efeito significativo sobre a porcentagem e o peso de casca; sobre a espessura da casca e sobre a gravidade específica dos ovos (Tabela 6).

As variáveis, gema e albúmen, em porcentagem e em gramas, não foram afetados ($P>0,05$) pelos níveis de cálcio nem pelas relações cálcio/fósforo avaliadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Pelícia et al. (2009) trabalhando com poedeiras semipesadas, no segundo ciclo de produção, a fim de avaliarem quatro níveis de cálcio (3,0;

3,5; 4,0; 4,5) e quatro níveis de fósforo disponível (0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%) resultando em 16 relações cálcio/fósforo, não verificaram efeito dos níveis de cálcio sobre a porcentagem da gema e do albúmen. Da mesma forma, Pastore et al. (2012) avaliando os níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) e as relações cálcio/fósforo 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1; também não verificaram influência dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo sobre a gema e o albúmen, tanto em porcentagem, quanto em gramas.

Tabela 6 – Valores médios das variáveis relacionadas à qualidade do ovo de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)				Efeito	Relações cálcio/fósforo				Efeito	CV (%)
	3,4	3,8	4,2	4,6		9:1	13:1	17:1			
Gema (%)	27,27	26,76	26,96	26,96	ns	26,92	27,18	26,87	ns	3,10	
Gema (g)	17,94	17,74	17,93	17,81	ns	17,92	17,90	17,75	ns	3,05	
Albúmen (%)	63,92	64,26	64,00	63,90	ns	64,07	63,87	64,12	ns	1,32	
Albúmen (g)	42,08	42,61	42,58	42,23	ns	42,65	42,08	42,39	ns	2,84	
Casca (%)	8,81	8,99	9,03	9,14	**Q	9,01	8,95	9,01	ns	2,99	
Casca (g)	5,79	5,96	6,01	6,04	**Q	5,99	5,89	5,96	ns	3,28	
EC (mm)	0,292	0,301	0,303	0,308	*Q	0,301	0,299	0,302	ns	6,56	
GE (g/cm ³)	1,0815	1,0829	1,0828	1,0833	**Q	1,0828	1,0829	1,0831	ns	0,15	

^{ns}Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F; Q – efeito quadrático; CV – coeficiente de variação.
EC – espessura da casca; GE – gravidade específica.

Os níveis de cálcio exerceram efeito ($P < 0,01$) sobre a variável casca do ovo, em percentual e em gramas. Constatou-se que os níveis estimados de 5,06 e 4,44% de cálcio proporcionaram o máximo percentual e peso de casca, respectivamente (Figuras 3 e 4). Por outro lado, esses parâmetros não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas relações cálcio/fósforo. Resultados semelhantes foram encontrados por Safaa et al. (2008), que verificaram aumento significativo do percentual de casca ao avaliarem dois níveis de cálcio (3,5 e 4,0%) mantendo a relação cálcio/fósforo de 12:1 para poedeiras semipesadas de 58 a 73 semanas de idade. Em contrapartida Pastore et al. (2012) avaliando os níveis de 3,9; 4,2 e 4,5% de cálcio não constataram efeito dos níveis de cálcio sobre o percentual e o peso da casca de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade. Quanto à relação cálcio/fósforo, os resultados do presente estudo estão de acordo com aqueles obtidos por Vellasco et al. (2010) avaliando as relações cálcio/fósforo de 12,12:1; 10,53:2 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade, também não observaram efeito significativo das relações sobre o peso e o

percentual de casca. Resultados semelhantes também foram encontrados por Lopes (2011), que ao avaliar as relações cálcio/fósforo de 9,76:1; 10,81:1 e 12,12:1 não observou efeito das relações sobre o peso e o percentual de casca de poedeiras leves no segundo ciclo de produção.

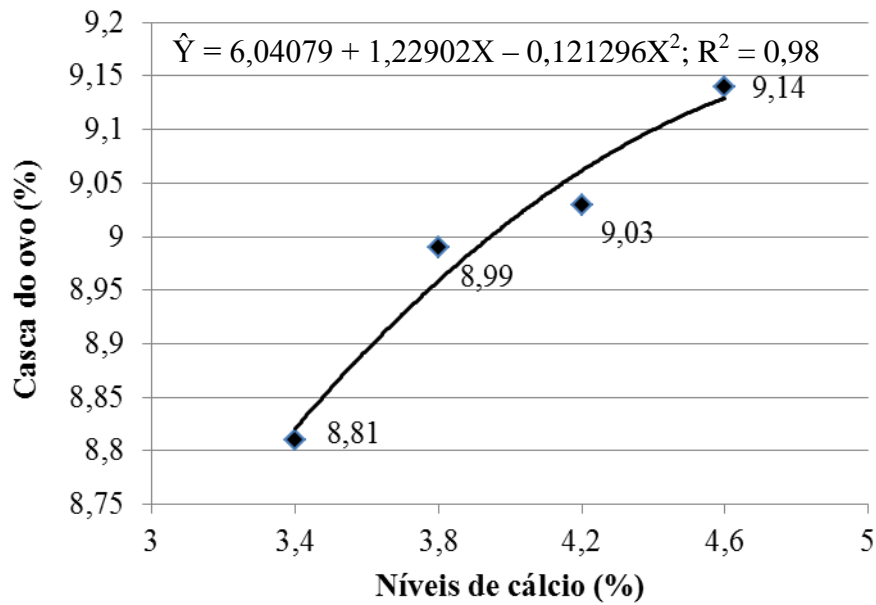


Figura 3 – Casca do ovo em porcentagem, de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

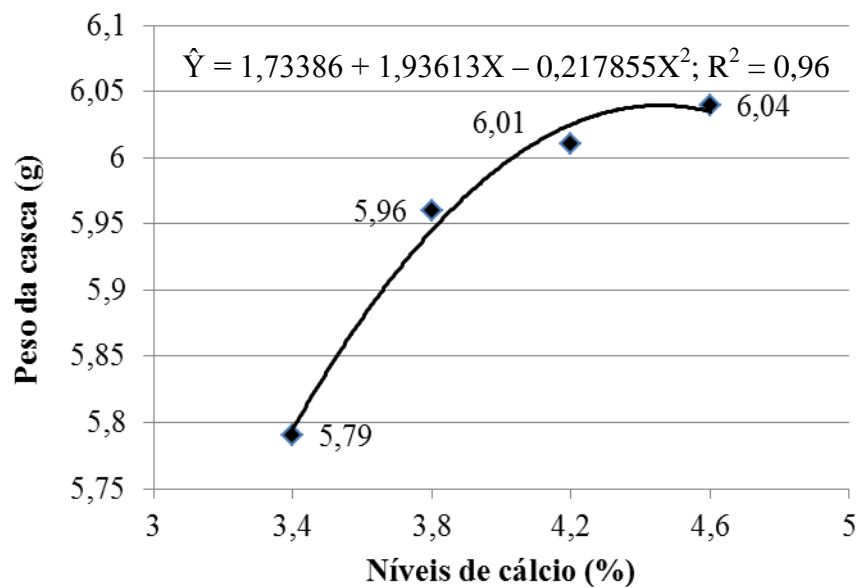


Figura 4 – Peso da casca do ovo, em gramas, de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

As relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P>0,05$) a espessura da casca. O mesmo foi observado por Vellasco et al. (2010) avaliando as relações 12,12:1; 10,53:1 e 9,3:1 para poedeiras leves no período de 24 a 40 semanas de idade, onde não verificaram efeito das relações cálcio/fósforo sobre a espessura da casca. Porém, Lim et al. (2003) ao conduzirem uma pesquisa com poedeiras semipesadas a fim de avaliarem os níveis de cálcio 3,0 e 4,0% e os níveis de fósforo 0,15 e 0,25% com as relações cálcio/fósforo 26,66:1; 20:1; 16:1 e 12:1 observaram efeito significativo das relações sobre a espessura da casca. Entretanto, os níveis de cálcio atuaram ($P<0,05$) sobre essa variável. O nível estimado de 4,9% de cálcio proporcionou a máxima espessura da casca (Figura 5). Resultados contraditórios foram encontrados por Rama Rao et al. (2002) avaliando níveis de cálcio (3,25; 3,5; 3,75; 4,25 e 4,5%) em rações para poedeiras leves de 28 a 48 semanas de idade, onde não observaram efeito dos níveis de cálcio sobre a espessura da casca. Contudo, Murata et al. (2009) ao estudar três níveis de cálcio (3,0; 3,75 e 4,5%) sobre a qualidade dos ovos de poedeiras leves de 57 a 65 semanas de idade, verificaram melhora linear dos níveis de cálcio sobre a espessura da casca.

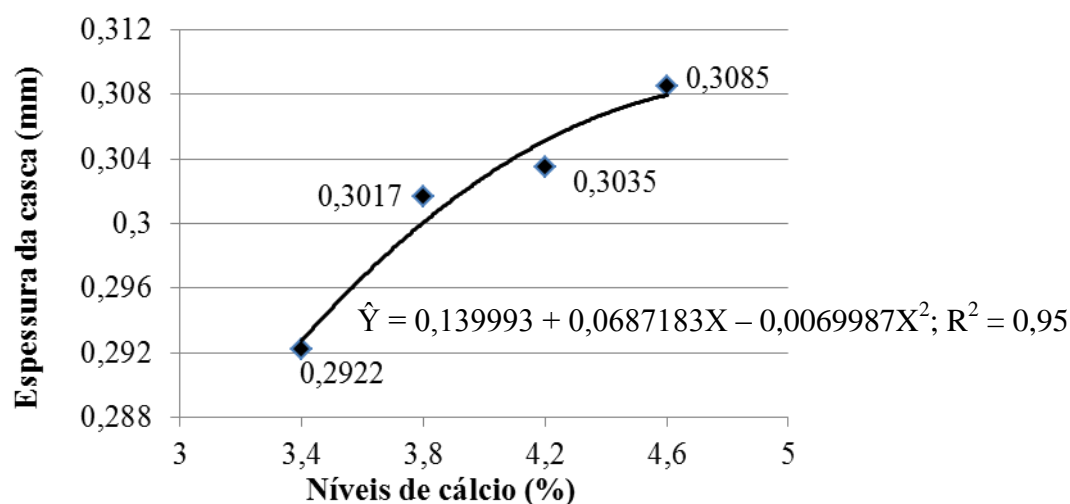


Figura 5 – Espessura da casca do ovo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

A gravidade específica foi influenciada ($P<0,01$) pelos níveis de cálcio, porém não foi influenciada ($P>0,05$) pelas relações cálcio/fósforo estudadas (Tabela 6). O aumento do nível de cálcio proporcionou melhora na gravidade específica dos ovos (Figura 6), o que demonstrou ter ocorrido maior deposição mineral na casca do ovo. Esses resultados estão de

acordo com os encontrados por Pelícia et al. (2009), em que observaram aumento na gravidade específica de ovos de poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção com o aumento dos níveis de cálcio (3,0; 3,5; 4,0; 4,5%) dietético; além disso, esses autores atribuíram essa melhora na gravidade específica dos ovos, devido a altas concentrações plasmáticas de cálcio, que por sua vez, estimulam reações bioquímicas, as quais aumentam o nível de cálcio sanguíneo, e este cálcio adicional poderá então ser usado para a calcificação da casca. Porém, Pastore et al. (2012) não verificaram efeito dos níveis de cálcio de 3,9; 4,2 e 4,5% sobre a gravidade específica dos ovos, trabalhando com poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade.

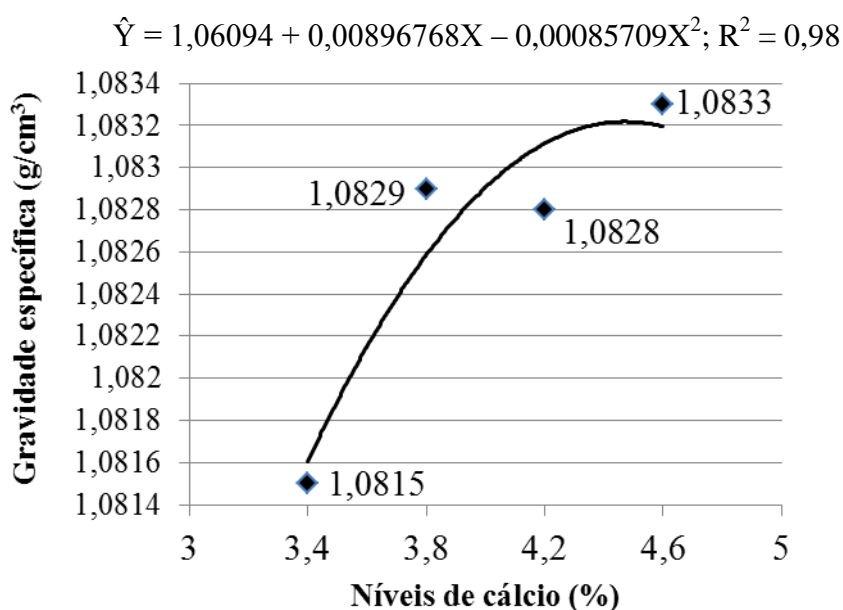


Figura 6 – Gravidade específica dos ovos de poedeiras leves, de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

Considerando as relações cálcio/fósforo, os resultados obtidos neste estudo para a gravidade específica dos ovos foram similares aos encontrados por Ceylan et al. (2003), que, ao estudarem os níveis de fósforo disponível iguais a 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40% nas rações com 3,8% de cálcio, não verificaram efeito das relações cálcio/fósforo sobre a gravidade específica dos ovos. Da mesma forma, Silva et al. (2008) estudando as relações cálcio/fósforo (9:1; 12:1 e 14:1) em rações para poedeiras semipesadas no primeiro e no segundo ciclos de produção, não observaram efeito significativo das relações cálcio/fósforo para a gravidade específica dos ovos.

Diante do exposto, levando em consideração a média dos níveis de cálcio que proporcionaram os melhores resultados para o percentual (5,06%) e peso de casca (4,44%),

espessura da casca (4,9%) e para gravidade específica (5,23%), o nível médio estimado de 4,9% de cálcio proporcionou o melhor resultado à qualidade do ovo que corresponde a 4,72 g/ave/dia. A melhor relação cálcio/fósforo foi 17:1, uma vez que, não houve influência significativa das relações cálcio/fósforo avaliadas sobre as variáveis relacionadas à qualidade do ovo; demonstrando que as poedeiras suportam baixos níveis de fósforo na ração, mantendo a produção e a qualidade dos ovos.

3.3. Composição da casca do ovo

Os valores médios de matéria mineral, cálcio e fósforo na casca do ovo, em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo, estão descritos na tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios das variáveis relacionadas à composição da casca do ovo em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)				Efeito	Relações cálcio/fósforo				CV (%)
	3,4	3,8	4,2	4,6		9:1	13:1	17:1	Efeito	
MMC (%)	92,59	93,2	92,77	93,15	**	92,99	93,01	92,77	ns	0,38
MMC (g)	4,97	5,14	5,15	5,22	**	5,10	5,10	5,16	**	0,46
CaC (%)	34,71	34,83	34,96	35,15	ns	35,29	34,53	34,92	ns	2,84
CaC (g)	1,86	1,92	1,94	1,97	**L	1,94	1,9	1,94	ns	2,81
PC (%)	0,0802	0,0820	0,0780	0,796	ns	0,0791	0,0811	0,0797	ns	4,46
PC (mg)	4,43	4,73	4,58	4,7	**	4,52	4,65	4,65	ns	3,78

^{ns}Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F; L - efeito linear; CV – coeficiente de variação.

MMC – matéria mineral na casca; CaC – cálcio na casca; PC – fósforo na casca.

Os níveis de cálcio exerceram efeito ($P < 0,01$) sobre o conteúdo de cálcio da casca, em gramas. Observou-se aumento linear ($\hat{Y} = 1,66992 + 0,0954289X$, $R^2 = 0,86$), no conteúdo de cálcio, em gramas, com aumento dos níveis de cálcio na ração. O aumento nos níveis de cálcio dietético pode levar a um aumento do cálcio plasmático e dessa forma, este cálcio adicional estará prontamente disponível para a calcificação da casca. Pelícia et al. (2009) ao avaliarem diferentes níveis de cálcio, em rações para poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção, constataram um aumento de 26,3% no nível de cálcio plasmático ao aumentar o nível de cálcio de 3,0 para 4,5% na ração. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Abdallah et al. (1993), que verificaram um aumento na deposição de minerais na casca dos ovos ao aumentarem o nível de cálcio de 1,7 a 3,9% em rações para

poedeiras. Em contra partida, Vieira (2009) não constatou diferenças significativas na deposição de cálcio na casca ao avaliar os níveis de 2,8; 3,3 e 3,8% de cálcio para poedeiras semipesadas com 40 semanas de idade.

Observou-se efeito ($P < 0,01$) da interação níveis de cálcio e relações cálcio/fósforo para a matéria mineral, em porcentagem e em gramas (Tabela 8). Observou-se que o maior percentual de matéria mineral para o nível de 4,2% de cálcio na dieta foi obtido com a relação cálcio/fósforo 9:1. Fato que pode ser explicado pela interação entre metabolismo do cálcio e do fósforo, uma vez que o excesso ou a deficiência de um dos dois pode prejudicar a absorção e a utilização do outro pelo organismo animal, sendo que o fósforo na ração em excesso prejudica a liberação de cálcio ósseo e a adequada mineralização da casca do ovo, assim, ao receberem rações com maior nível de fósforo disponível, as aves responderam melhor às rações com maior nível de cálcio.

Tabela 8 – Valores médios de matéria mineral na casca do ovo de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e as relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Matéria mineral (%)			Matéria mineral (g)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	92,83A	93,38A	93,16A	5,39A	5,26C	5,31B
3,8	93,34A	93,62A	93,18A	5,50A	5,53A	5,44B
4,2	93,61A	91,86C	92,69B	5,66A	5,39C	5,48B
4,6	93,31A	93,49A	93,01A	5,57C	5,75A	5,64B

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verificou-se que o maior conteúdo de matéria mineral na casca, em gramas (Tabela 8) ocorreu com a relação cálcio/fósforo 9:1, para os níveis de cálcio 3,4 e 4,2% e com a relação 13:1 para 4,6% de cálcio dietético.

Houve efeito da interação ($P < 0,01$) entre os níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo sobre o conteúdo de fósforo na casca, em porcentagem e em miligramas (Tabela 9). Observou-se que para o nível de cálcio 4,2% a maior deposição de fósforo na casca em porcentagem e em miligramas, foi obtida com a relação 9:1; entretanto para 4,6% de cálcio o maior conteúdo de fósforo na casca, tanto em porcentagem quanto em miligramas, foi proporcionado pelas relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1. Comprovando que, em rações

formuladas com baixa relação cálcio/fósforo, isto é, altos níveis de fósforo disponível, as aves respondem melhor com níveis mais altos de cálcio.

Tabela 9 – Valores médios de fósforo na casca do ovo de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e as relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Fósforo (%)			Fósforo (mg)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	0,08A	0,09A	0,08A	4,84A	4,87A	4,83A
3,8	0,09A	0,08A	0,08A	5,11A	4,91A	4,95A
4,2	0,09A	0,08B	0,08B	5,16A	4,39C	4,74B
4,6	0,07B	0,08A	0,08A	4,45B	4,84A	4,84A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com as equações de regressão ajustadas para o conteúdo de matéria mineral e de fósforo na casca do ovo para as respectivas relações cálcio/fósforo (Tabela 10), considerando a relação cálcio/fósforo 9:1, verificou-se que o maior percentual de matéria mineral na casca do ovo foi obtido com o nível de 4,2% de cálcio na dieta e a máxima deposição de matéria mineral na casca (93,57%) é obtida com o nível de cálcio estimado de 4,16%. Enquanto que, o maior valor da matéria mineral, na casca, em gramas, considerando as relações cálcio/fósforo foi obtido com 4,6% de cálcio dietético. Ao se aumentar o nível de cálcio dietético, houve aumento na deposição de matéria mineral na casca do ovo.

Com relação ao conteúdo de fósforo na casca em percentual, observou-se que a maior deposição deste mineral na casca, considerando as relações cálcio/fósforo 9:1; 13:1 e 17:1 foi obtida com os níveis de 3,8; 3,4 e 4,6% de cálcio, respectivamente. Observou-se efeito dos níveis de cálcio para o conteúdo de fósforo, em miligramas, na casca do ovo, apenas para a relação cálcio/fósforo 9:1, onde a maior deposição de fósforo foi proporcionada pelo nível de 3,8% de cálcio na dieta.

Tabela 10 – Equações de regressão ajustadas das variáveis, matéria mineral (MMC) e fósforo (PC) na casca do ovo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas relações cálcio/fósforo (Ca/P) e os coeficientes de determinação (R^2), maior valor e menor valor com respectivo nível de cálcio (MAV/Ca e MEV/Ca)

Variáveis	Ca/P	Equação	R^2	MAV/Ca	MEV/Ca
MMC (%)	9:1	$\hat{Y} = 71,2622 + 10,7086X - 1,28542X^2$	0,98	93,52/4,2	92,81/3,4
	13:1	$\hat{Y} = 93,08$	-	-	-
	17:1	$\hat{Y} = 93,01$	-	-	-
MMC (g)	9:1	$\hat{Y} = -5,50372 + 0,265172X - 0,0309966X^2$	0,87	6,03/4,6	3,15/3,4
	13:1	$\hat{Y} = 4,16023 + 0,330468X$	0,66	5,68/4,6	5,28/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 4,45364 + 0,253818X$	0,95	5,70/4,6	5,31/3,4
PC (%)	9:1	$\hat{Y} = -0,22021 + 0,160615X - 0,0209646X^2$	0,97	0,087/3,4	0,075/4,6
	13:1	$\hat{Y} = 0,272803 - 0,0896773X + 0,0120929X^2$	0,79	0,109/4,2	0,075/4,6
	17:1	$Y = 0,0994369 - 0,00426349X$	0,71	0,084/3,4	0,079/4,6
PC (mg)	9:1	$\hat{Y} = -18,2398 + 12,0033X - 1,53592X^2$	0,95	5,20/3,4	4,48/4,6
	13:1	$\hat{Y} = 4,75$	-	-	-
	17:1	$\hat{Y} = 4,84$	-	-	-

Ao avaliar os parâmetros relacionados à composição da casca do ovo, foi possível verificar a importância de se formular rações com adequados níveis de cálcio, de fósforo disponível e a melhor relação entre esses dois minerais, visto que, o excesso ou a deficiência de um dos dois prejudica a absorção e a utilização do outro pelo organismo animal e como consequência, a mineralização e a calcificação da casca do ovo poderão ser afetadas.

O nível de 4,6% de cálcio proporcionou melhor resultado para a composição da casca, contribuindo para maior deposição de cálcio e de matéria mineral, em gramas na casca do ovo. A melhor relação cálcio/fósforo para deposição de cálcio foi de 17:1, uma vez que não houve efeito das relações estudadas sobre esse parâmetro, permitindo reduzir o nível de fósforo na ração sem afetar a qualidade da casca; entretanto para a deposição de matéria mineral em gramas, considerando o nível de 4,6% de cálcio dietético a melhor relação cálcio/fósforo foi de 13:1, a qual proporcionou maior conteúdo de matéria mineral na casca do ovo.

3.4. Características ósseas

Na tabela 11 estão descritos os valores médios das variáveis relacionadas às características ósseas, em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo. O peso da tíbia, em gramas, não foi afetado ($P>0,05$) pelos níveis de cálcio e nem pelas relações cálcio/fósforo. Resultados semelhantes quanto ao peso da tíbia foram encontrados por Pastore et al. (2012) ao avaliarem os níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) e as relações cálcio fósforo (9,3:1; 10,53:1 e 12,12:1), em que não observaram influência tanto dos níveis de cálcio quanto das relações cálcio/fósforo sobre o peso da tíbia de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade.

Tabela 11 – Valores médios das variáveis relacionadas às características ósseas de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)				Efeito	Relações cálcio/fósforo				CV (%)
	3,4	3,8	4,2	4,6		9:1	13:1	17:1	Efeito	
Tíbia (g)	4,25	4,27	4,46	4,35	ns	4,4	4,28	4,33	ns	6,55
MMT (%)	58,36	58,71	58,89	58,91	ns	58,91	58,73	58,50	ns	1,50
MMT (g)	2,48	2,5	2,62	2,56	*	2,59	2,51	2,53	ns	6,59
CaT (%)	19,86	20,4	20,39	19,79	ns	20,06	20,32	19,94	ns	6,24
CaT (g)	0,845	0,868	0,900	0,861	*Q	0,882	0,869	0,861	ns	8,98
PT (%)	10,3	10,27	10,03	8,72	**	9,87	9,88	9,75	ns	4,47
PT (g)	0,437	0,438	0,446	0,379	**Q	0,434	0,421	0,420	ns	7,48

^{ns}Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F; Q – efeito quadrático; CV – coeficiente de variação.

MMT – matéria mineral na tíbia; CaT – cálcio na tíbia; PT – fósforo na tíbia.

Os níveis de cálcio exerceram efeito ($P<0,01$) sobre o conteúdo de cálcio na tíbia, em gramas. Ao se aplicar a análise de regressão, verificou-se efeito quadrático dos níveis de cálcio sobre essa variável. Observou-se que a máxima deposição de cálcio (0,894g) na tíbia foi proporcionada por 4,09% de cálcio na ração (Figura 7). Lopes (2011) ao estudar níveis de cálcio (3,7; 4,0 e 4,3%) em rações para poedeiras leves no segundo ciclo de produção verificaram efeito linear dos níveis de cálcio sobre o conteúdo de cálcio na tíbia. Entretanto, esses resultados discordam dos encontrados por Pelícia et al. (2010), em que não verificaram efeito dos níveis de cálcio (3,0; 3,75 e 4,5%) sobre o conteúdo de cálcio ósseo.

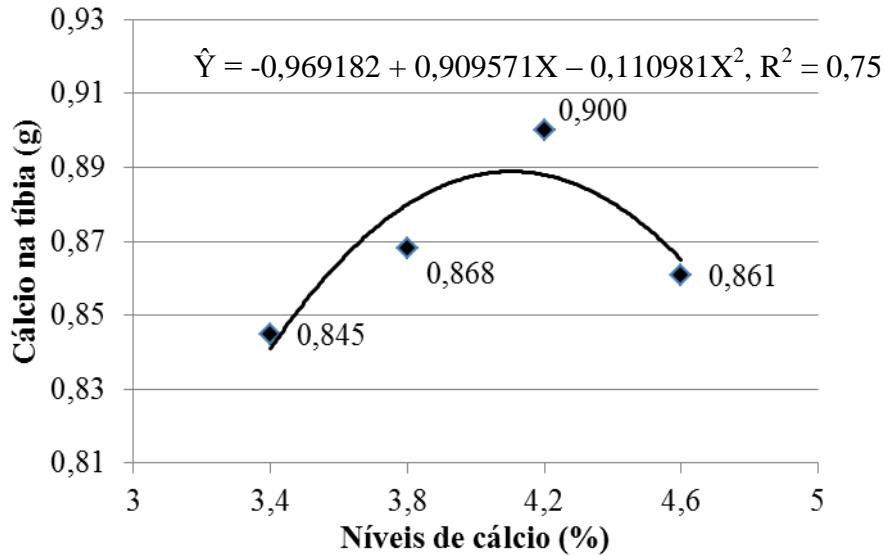


Figura 7 – Conteúdo de cálcio na tíbia (g) de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

As relações cálcio/fósforo não influenciaram ($P > 0,05$) o conteúdo de cálcio na tíbia, em gramas. Da mesma forma, Araújo et al. (2010) ao avaliarem os níveis de fósforo disponível (0,28; 0,38 e 0,48%) e um nível de cálcio (3,5%) em rações para poedeiras semipesadas de 24 a 58 semanas de idade, não verificaram efeito das relações cálcio/fósforo (12,5; 9,2:1 e 7,29:1) sobre a deposição de cálcio na tíbia. Pastore et al. (2012) também não observaram influência das relações cálcio/fósforo (9,3:1; 10,53:1 e 12,12:1) sobre a deposição de cálcio ósseo em poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

Houve efeito ($P < 0,01$) dos níveis de cálcio sobre a deposição de fósforo na tíbia, em gramas. Após a análise de regressão, observou-se efeito quadrático (Figura 8). Sendo que, o nível de 3,8% de cálcio na ração proporcionou a máxima deposição de fósforo na tíbia (0,45g). Armbrecht et al. (2003) relataram que ao se restringir cálcio e fósforo na ração, ocorre um estímulo na expressão de calbindina. Esse estímulo pode ser resultado de um aumento compensatório de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ e na atividade da 1α -hidroxilase em frangos, quando alimentados com rações contendo baixos níveis de cálcio e de fósforo (BLAHOS et al., 1987). Portanto, o fósforo adicional poderá então, ser depositado nos ossos. Além disso, devido à menor deposição de cálcio na casca do ovo, observado nas aves que foram alimentadas com rações contendo nível mais baixo de cálcio, pode ter contribuído para menor mobilização mineral óssea para formação da casca do ovo.

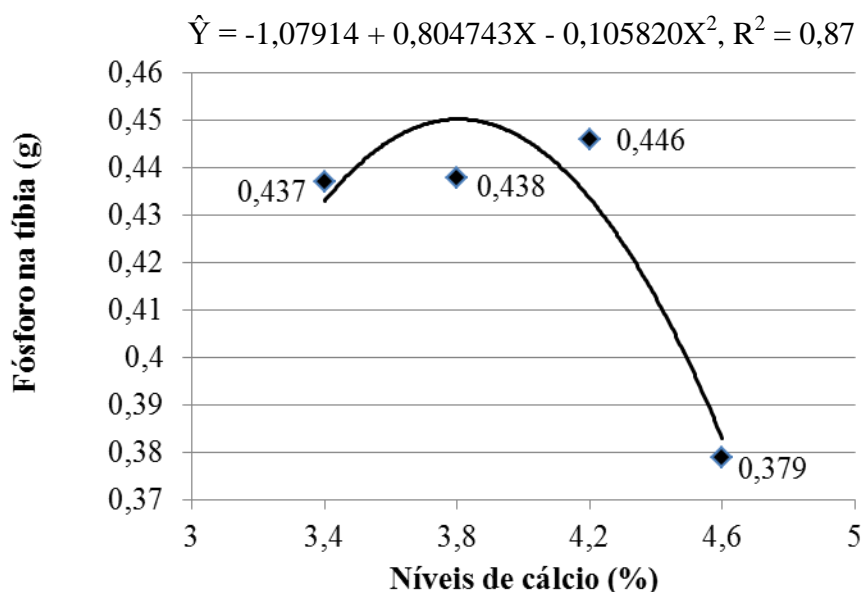


Figura 8 – Conteúdo de fósforo na tíbia (g) de poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

As relações cálcio/fósforo não exerceram efeito ($P > 0,05$) sobre o fósforo na tíbia, em gramas. Resultado semelhante foi obtido por Pastore et al. (2012), que, ao avaliar as relações cálcio/fósforo (9,3:1; 10,53:1 e 12,12,:1) em rações para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, também não encontraram efeito das relações cálcio/fósforo para o fósforo na tíbia, em gramas. Entretanto, Rosa et al. (2011) verificaram efeito das relações cálcio/fósforo (8:1; 11:1 e 14:1) sobre a deposição de fósforo na tíbia de poedeiras UFSM-V.

Houve efeito significativo da interação níveis de cálcio e relações cálcio/fósforo para a matéria mineral, em porcentagem ($P < 0,01$) e em gramas ($P < 0,05$), para o cálcio ($P < 0,05$) e para o fósforo ($P < 0,01$), ambos, em percentual.

Não houve diferença para a deposição de matéria mineral na tíbia, em percentual (Tabela 12), para os níveis de 3,8 e 4,2% de cálcio entre as relações cálcio/fósforo avaliadas; indicando que é possível formular rações com a relação cálcio/fósforo 17:1, ou seja, com menor nível de fósforo disponível sem prejudicar a integridade óssea mantendo a produção e a qualidade do ovo, o que foi observado com as aves que receberam rações formuladas com 4,2% de cálcio e a relação 17:1. Entretanto para 3,4 e 4,6% de cálcio verificou-se que a maior porcentagem de matéria mineral óssea foi obtida com as relações 9:1 e 13:1, para ambos os níveis de cálcio.

Tabela 12 – Valores médios de matéria mineral na tíbia de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e as relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Matéria mineral (%)			Matéria mineral (g)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	59,39A	57,74A	57,93B	2,67A	2,36B	2,42B
3,8	58,71A	58,70A	58,72A	2,47A	2,52A	2,52A
4,2	58,80A	58,77A	59,11A	2,67A	2,57A	2,63A
4,6	58,75AB	59,72A	58,26B	2,55A	2,59A	2,55A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Considerando a matéria mineral na tíbia, em gramas (Tabela 12), observou-se que apenas para o nível de 3,4% de cálcio dietético houve diferença entre as relações cálcio/fósforo avaliadas, sendo que a relação 9:1 foi aquela que proporcionou maior deposição de matéria mineral na tíbia. O excesso de fósforo disponível contido nas rações formuladas com menor relação cálcio/fósforo prejudica a reabsorção óssea para a calcificação da casca mantendo assim a integridade óssea.

O percentual de cálcio e de fósforo na tíbia foi influenciado ($P<0,05$) e ($P<0,01$) pela interação níveis de cálcio e as relações cálcio/fósforo avaliadas (Tabela 13). Foi possível verificar que a maior deposição de cálcio ósseo para o nível de 4,2% de cálcio, foi proporcionada pelas rações formuladas com as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1. O maior percentual de fósforo na tíbia, considerando o nível de 4,2% de cálcio foi obtido com as relações cálcio/fósforo 9:1 e 13:1.

Tabela 13 – Valores médios de cálcio e de fósforo na tíbia de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e as relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Cálcio (%)			Fósforo (%)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	20,25A	19,68A	19,66A	10,17A	10,13A	10,60A
3,8	20,75A	20,61A	19,84A	10,43A	10,41A	9,98A
4,2	19,34B	21,55AB	20,28AB	10,22A	10,32A	9,56B
4,6	19,91A	19,45A	20,00A	8,65A	8,64A	8,86A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada variável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na tabela 14 são descritas as equações de regressão ajustadas em função dos níveis de cálcio para as respectivas relações cálcio/fósforo para as variáveis, matéria mineral, cálcio e fósforo na tíbia para cada relação cálcio/fósforo avaliada.

Para o percentual de matéria mineral na tíbia (Tabela 14), considerando a relação cálcio/fósforo 9:1, observou-se que o melhor resultado foi obtido com 3,4% de cálcio na ração. Além do excesso de fósforo contido nas rações formuladas com a relação 9:1, o qual atua prejudicando a reabsorção óssea; rações formuladas com 3,4% de cálcio proporcionaram maior consumo de ração e conseqüentemente, maior aporte de nutrientes para serem absorvidos e utilizados pelo organismo, no entanto, observou-se que o nível de 3,4% não foi suficiente para manter a produção e a qualidade do ovo, principalmente com relação à composição da casca, onde se verificou menor deposição de cálcio e de matéria mineral na casca do ovo; desta forma, esses fatores em conjunto, contribuíram para manter a integridade óssea. Assim, foi possível constatar que as aves alimentadas com rações contendo 3,4% de cálcio e a relação cálcio/fósforo 9:1 não utilizaram minerais ósseos para adequadas mineralização e calcificação da casca do ovo, por isso apresentaram maior conteúdo de matéria mineral na tíbia.

Considerando a relação 17:1, o maior percentual de matéria mineral na tíbia (Tabela 14) foi proporcionado por rações formuladas com 4,2% de cálcio; mostrando que dietas formuladas com 4,2% de cálcio e relação cálcio/fósforo 17:1, foram suficientes para atender a exigência em cálcio e em fósforo, visto que com essa formulação obtiveram-se produção e qualidade de ovos em níveis satisfatórios, além de manter conteúdo mineral ósseo das aves.

Levando em consideração as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1, observou-se que o maior teor de matéria mineral na tíbia (Tabela 14) foi proporcionado pelos níveis de 4,6 e 4,2% de cálcio dietético, respectivamente.

O maior percentual de cálcio ósseo foi obtido com 4,2% de cálcio na ração para ambas as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1 avaliadas (Tabela 14), então, o nível de 4,2% de cálcio dietético foi suficiente para manter a produção e a qualidade de ovos, além de manter a deposição de cálcio no osso das aves. O processo de reabsorção de cálcio é especialmente interessante e complexo em poedeiras, considerando a dinâmica excepcional do cálcio no organismo, além da presença única do osso medular, responsável pelo fornecimento de cálcio no momento em que ocorre a calcificação da casca do ovo (25-40% do cálcio da casca do ovo é de origem medular), principalmente, quando o alimento, como fonte primária de cálcio para a calcificação, não estiver presente no trato digestivo (SILVERSIDES et al., 2006). Segundo Lukić et al. (2011), como consequência da deficiência de cálcio, seja a curto prazo (durante a noite, quando ocorre a formação da casca do ovo) ou a longo prazo (durante uma parte do ciclo de produção) tem-se maior necessidade desse mineral dos depósitos ósseos, a fim de manter normal a produção de ovos, o que pode refletir negativamente sobre a qualidade dos ossos, dependendo do nível e da duração da deficiência.

Tabela 14 – Equações de regressão ajustadas das variáveis matéria mineral (MMT), cálcio (CaT) e fósforo (PT) na tíbia de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas relações cálcio/fósforo (Ca/P) e os coeficientes de determinação (R^2), maior valor e menor valor com respectivo nível de cálcio dietético (MAV/Ca e MEV/Ca)

Variáveis Ca/P		Equação	R^2	MAV/Ca	MEV/Ca
MMT (%)	9:1	$\hat{Y} = 76,3577 - 8,36466X + 0,988633X^2$	0,86	59,34/3,4	58,66/4,2
	13:1	$\hat{Y} = 52,7413 + 1,49823X$	0,92	59,63/4,6	57,83/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 16,7403 + 20,7897X - 2,55525X^2$	0,92	58,98/4,2	57,88/3,4
MMT (g)	9:1	$\hat{Y} = 2,591$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = -1,79384 + 1,98377X - 0,224123X^2$	0,99	2,58/4,6	2,36/3,4
	17:1	$\hat{Y} = -2,47589 + 2,41316X - 0,286770X^2$	0,89	2,60/4,2	2,41/3,4
CaT (%)	9:1	$\hat{Y} = 20,0649$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = -54,4567 + 378005X - 4,71744X^2$	0,83	21,08/4,2	19,53/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 7,0442 + 6,14023X - 0,721703X^2$	0,76	20,13/4,2	19,60/3,4
PT (%)	9:1	$\hat{Y} = -30,5767 + 21,6974 - 2,86089X^2$	0,98	10,56/3,8	8,69/4,6
	13:1	$\hat{Y} = -34,2846 + 23,5268X - 3,082315X^2$	0,96	10,59/3,8	8,69/4,6
	17:1	$\hat{Y} = 15,4023 - 1,41348X$	0,99	10,59/3,4	8,90/4,6

Para o percentual de fósforo na tíbia (Tabela 14), considerando as três relações cálcio/fósforo avaliadas (9:1, 13:1 e 17:1) verificou-se que os níveis de cálcio 4,2; 4,6 e 3,4% foram os que proporcionaram o maior conteúdo de fósforo ósseo, respectivamente.

Verificou-se que os níveis estimados de 4,09 e 3,8% de cálcio proporcionaram respectivamente, maior conteúdo de cálcio e de fósforo em gramas, na tíbia das poedeiras. Considerando o percentual de matéria mineral, de cálcio e de fósforo na tíbia, para as rações formuladas com a relação cálcio/fósforo 17:1, os níveis estimados de cálcio que proporcionaram máxima deposição desses na tíbia foram respectivamente, 4,06; 4,25; 3,4%; então o nível médio de cálcio que proporcionou melhores resultados relacionadas às características ósseas foi de 3,92%, corresponde a um consumo médio diário de 3,77 g de cálcio. Exceto para o nível dietético de 3,4% de cálcio, não houve diferença entre as três relações cálcio/fósforo estudadas para a deposição de matéria mineral óssea, permitindo dizer que, com níveis adequados de cálcio na ração, o menor nível de fósforo disponível, ou seja, a relação cálcio/fósforo 17:1, foi capaz de atender as necessidades nutricionais das galinhas poedeiras, sem comprometer a integridade óssea das mesmas.

3.5. Balanço de cálcio e de fósforo

Exceto para a matéria mineral em gramas, na excreta e para o fósforo retido em gramas/ave/dia, houve efeito ($P < 0,01$) dos níveis de cálcio para todos os parâmetros relacionados ao balanço de cálcio e fósforo; verificou-se também influência significativa ($P < 0,01$) das relações cálcio/fósforo para o consumo de fósforo e, para excreção e retenção de fósforo em percentual e em gramas /ave/dia (Tabela 15).

Os níveis de cálcio influenciaram ($P < 0,01$) o consumo de cálcio. Verificou-se efeito linear ($\hat{Y} = -0,228747 + 1,01184X$, $R^2 = 0,99$) dos níveis de cálcio sobre o consumo do mesmo, esse resultado está relacionado à concentração deste mineral nas rações.

Tabela 15 – Valores médios das variáveis relacionadas ao balanço de cálcio e fósforo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade em função dos níveis de cálcio e das relações cálcio/fósforo

Variáveis	Níveis de cálcio (%)					Relações cálcio/fósforo				
	3,4	3,8	4,2	4,6	Efeito	9:1	13:1	17:1	Efeito	CV (%)
MME (%)	36,55	35,81	34,84	35,26	**	35,94	35,4	35,51	ns	2,99
MME (g)	8,46	8,16	8,06	7,94	ns	8,30	8,16	8,00	ns	6,66
CCa (g/ave/dia)	3,23	3,56	4,05	4,42	**L	3,82	3,83	3,79	ns	5,02
CaE (%)	45,22	45,25	47,38	56,97	**Q	48,08	48,72	49,31	ns	4,58
CaE (g/ave/dia)	1,46	1,61	1,91	2,51	** Q	1,86	1,87	1,89	ns	5,60
CaR (%)	54,78	54,75	52,62	43,03	** Q	51,92	51,28	50,69	ns	4,34
CaR (g/ave/dia)	1,77	1,95	2,13	1,9	** Q	1,96	1,95	1,90	ns	7,72
CP _{disp.} (g/ave/dia)	0,33	0,43	0,48	0,50	**	0,56	0,42	0,37	**	4,86
PE (%)	71,7	76,19	76,43	79,47	**	79,12	77,45	71,27	**	4,07
PE (g/ave/dia)	0,28	0,33	0,36	0,40	**L	0,44	0,33	0,26	**	5,47
PR (%)	28,29	23,8	23,56	20,52	**	20,87	22,54	28,72	**	12,87
PR (g/ave/dia)	0,106	0,102	0,113	0,102	ns	0,117	0,096	0,104	**	14,58

ns - não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F; L – efeito linear; Q – efeito quadrático; C V – coeficiente de variação.

MME – matéria mineral na excreta; C Ca – consumo de cálcio; CaE – cálcio excretado; CaR – cálcio retido; CP_{disp.} – consumo de fósforo disponível; PE – fósforo excretado; PR – fósforo retido.

Os níveis de cálcio exerceram influência ($P < 0,01$) sobre o cálcio excretado em percentual e em gramas (Figuras 9 e 10), observou-se que o nível de 3,4% de cálcio na ração proporcionou a menor excreção de cálcio, tanto em percentual quanto em gramas/ave/dia. Da mesma forma, para a excreção de cálcio, foram encontrados resultados semelhantes por Pastore (2010), que, ao avaliar os níveis de cálcio (3,9; 4,2 e 4,5%) em rações para poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, observaram efeito linear crescente sobre a excreção de cálcio em percentual e em valor absoluto com o aumento deste mineral na dieta. Lopez (2011) também encontrou resultados semelhantes ao desse trabalho, estudando três níveis de cálcio para poedeiras leves no segundo ciclo de produção, onde, verificou aumento linear na excreção de cálcio, quando aumentou o nível de 3,7 para 4,3% de cálcio dietético.

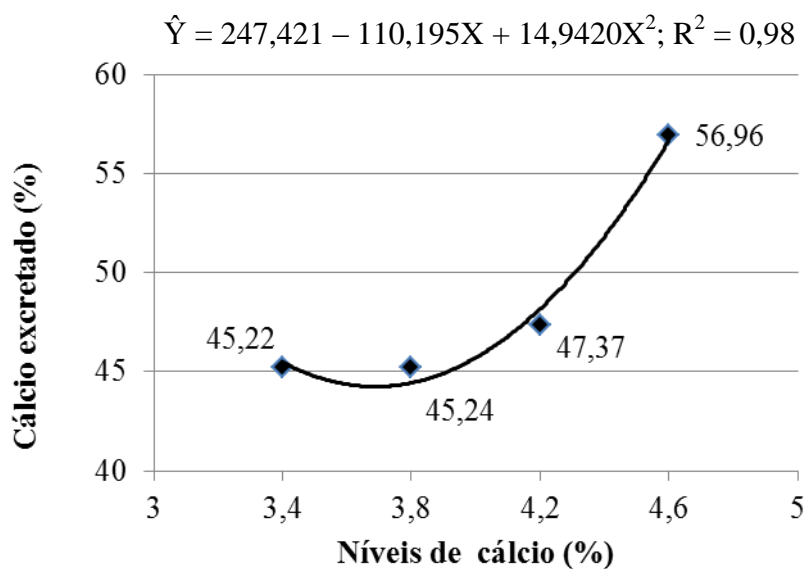


Figura 9 – Cálcio excretado (%) em poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

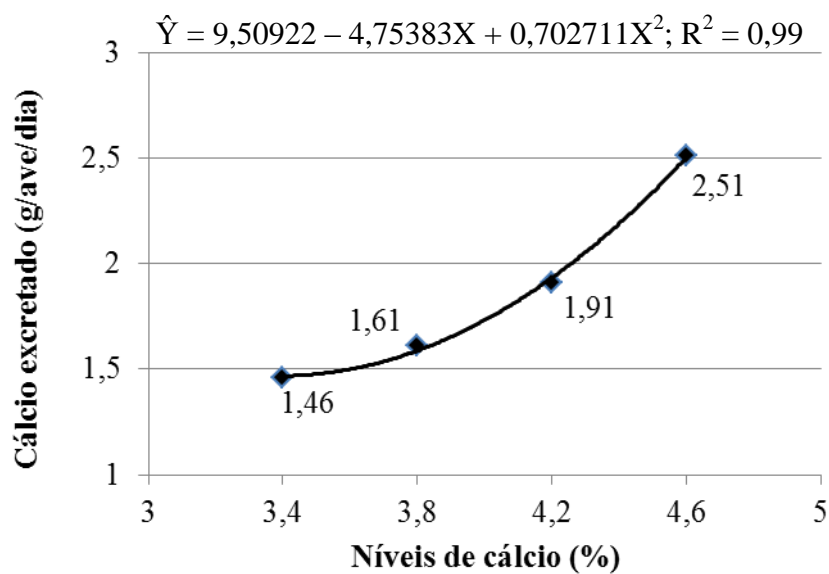


Figura 10 – Cálcio excretado (g/ave/dia) em poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

O aumento do nível de cálcio promoveu ($P < 0,01$) redução na retenção percentual de cálcio, conforme demonstrado na figura 11. A máxima retenção de cálcio foi obtida com o nível estimado de 3,67% de cálcio.

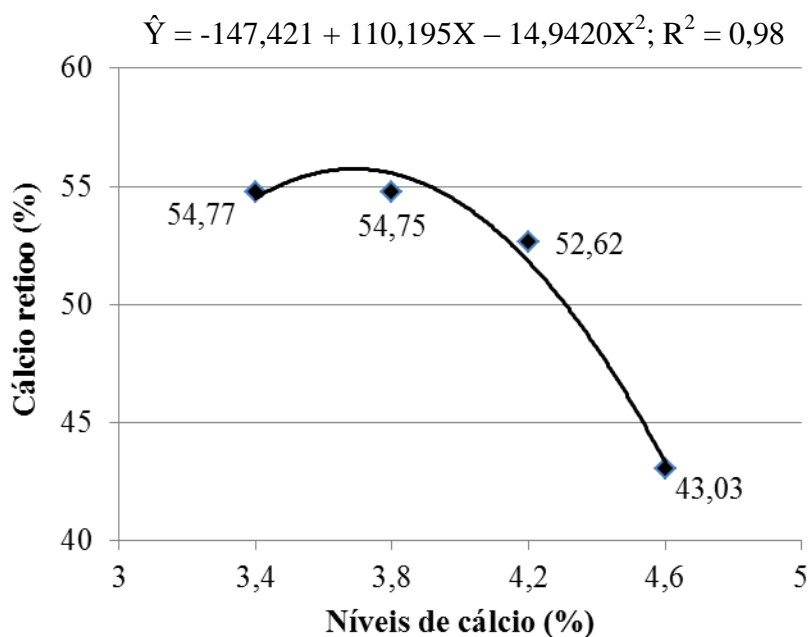


Figura 11 – Cálcio retido (%) em poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

A retenção de cálcio em g/ave/dia, também foi afetada ($P < 0,01$) pelos níveis de cálcio na dieta (Figura 12), onde o nível estimado de 4,11% de cálcio foi o que promoveu a máxima retenção de cálcio pelas poedeiras. O fato das aves terem apresentado maior retenção de cálcio, com o aumento desse mineral nas rações, pode estar relacionado à maior quantidade de calcário utilizada na formulação das mesmas para atender o nível mais elevado de cálcio, o que proporcionou maior quantidade de partículas de calcário mais grossas, disponíveis na moela, mesmo utilizando 50% de calcário fino e 50% de calcário pedrisco, em relação à rações com baixos níveis de cálcio. Segundo Zhang & Coon (1997), partículas grandes de calcário podem atravessar o trato digestivo mais lentamente por causa de uma maior retenção na moela, permitindo que o calcário permaneça num ambiente ácido por um longo período de tempo, a acidez, então iria aumentar a possibilidade de dissociação do CaCO_3 em cálcio iônico e, dessa forma, ocorreria um pool de cálcio mais disponível para a absorção. Resultados contraditórios, para retenção de cálcio foram encontrados por Vellasco (2010), em que observou uma redução na retenção de cálcio com aumento do mesmo (3,9; 4,2 e 4,5%) nas rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade.

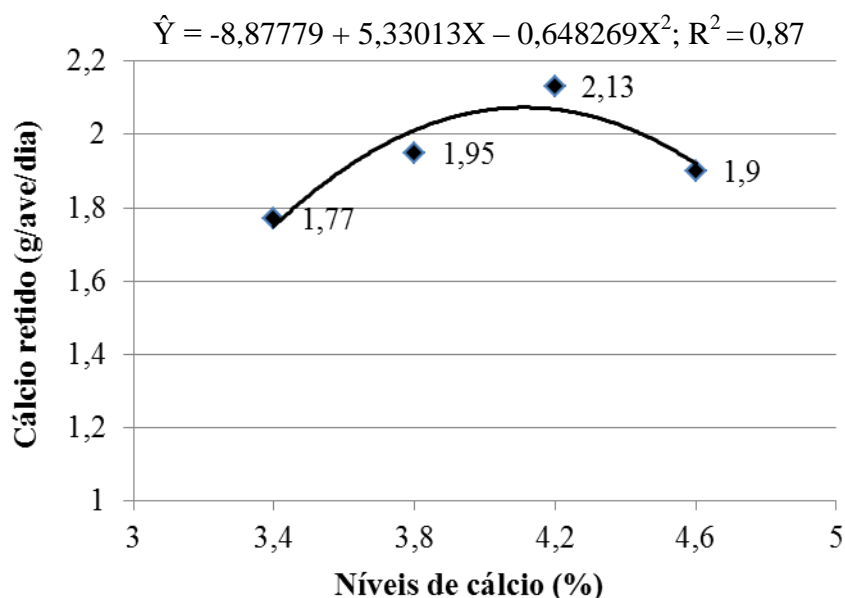


Figura 12 – Cálcio retido (g/ave/dia) em poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade, em função dos níveis de cálcio

As relações cálcio/fósforo não exerceram ($P > 0,05$) efeito sobre a retenção de cálcio em percentual e em gramas/ave/dia. Da mesma forma, Ceylan et al. (2003) ao avaliarem os níveis de fósforo disponível (0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%) em dietas contendo 3,8% de cálcio não verificaram efeito das relações cálcio/fósforo sobre a retenção de cálcio em poedeiras leves de 20 a 40 semanas de idade. Entretanto, Lim et al. (2003) constataram efeito das relações sobre a retenção de cálcio ao estudarem as relações cálcio/fósforo (26,66:1; 20:1; 16:1 e 12:1) em rações para poedeiras semipesadas com 21 semanas de idade.

A excreção de fósforo em gramas/ave/dia foi influenciada ($P < 0,01$) pelos níveis de cálcio na ração; observou-se aumento de forma linear com o aumento dos níveis de cálcio dietético ($\hat{Y} = -0,0388123 + 0,0966634X$, $R^2 = 0,99$). O excesso de cálcio na ração prejudicou a absorção de fósforo, fazendo então, com que o fósforo não absorvido fosse eliminado nas excretas. Porém, Lim et al. (2003) ao estudar os dois níveis de cálcio (3,0 e 4,0%) na ração não observaram efeito dos níveis de cálcio sobre a excreção de fósforo pelas poedeiras.

Observou-se efeito ($P < 0,01$) das relações cálcio/fósforo sobre a excreção de fósforo, em gramas/ave/dia (Tabela 15). O menor conteúdo de fósforo na excreta foi obtido com a relação cálcio/fósforo 17:1 (Tabela 16), resultado que está relacionado com a concentração de fósforo na ração, visto que, rações formuladas com essa relação cálcio/fósforo, continham menor nível de fósforo disponível. Da mesma forma, Lim et al. (2003) ao avaliar as relações cálcio/fósforo (26,66:1; 20:1; 16:1 e 12:1) verificaram efeito das relações sobre a excreção de fósforo em valor absoluto de poedeiras semipesadas de 31 a 41 semanas de idade, verificaram

menor excreção de fósforo com a relação cálcio/fósforo 20:1. Observou-se que a relação cálcio/fósforo 9:1 (Tabela 16), proporcionou a maior excreção de fósforo em gramas/ave/dia. De acordo com Pelícia et al. (2009), o elevado consumo de fósforo proporcionado por menores relações cálcio/fósforo na ração, leva a um excesso de fósforo no organismo da ave, o que prejudica sua absorção e diminui suas concentrações no sangue, aumentando a perda nas excreta.

Tabela 16 – Valores médios de fósforo excretado de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade, para as respectivas relações cálcio/fósforo

Relações cálcio/ fósforo	Fósforo excretado (g/ave/dia)
9:1	0,4445 A
13:1	0,3334 B
17:1	0,2657 C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Houve efeito significativo da interação níveis de cálcio e relações cálcio/fósforo para o percentual de matéria mineral na excreta ($P < 0,01$), para o consumo de fósforo ($P < 0,05$), para o fósforo excretado em porcentagem ($P < 0,01$) e para o fósforo retido, tanto em porcentagem, quanto em gramas/ave/dia ($P < 0,01$).

Verificou-se menor percentual de matéria mineral na excreta (Tabela 17), para o nível de 3,4% de cálcio com as relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1; para 3,8 e 4,6% de cálcio, as relações cálcio/fósforo 13: e 17:1, proporcionaram menor conteúdo de matéria mineral na excreta, para ambos os níveis de cálcio dietético. Para todos os níveis de cálcio avaliados, o consumo de fósforo diminuiu com o aumento das relações cálcio/fósforo; uma vez que, nas rações formuladas com elevadas relações, o conteúdo de fósforo disponível foi menor (Tabela 17).

Tabela 17 – Valores médios de matéria mineral na excreta e consumo de fósforo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e as relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Matéria mineral (%)			Consumo de fósforo (g/ave/dia)		
	Ca/P			Ca/P		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	35,50B	37,52A	36,64AB	0,47A	0,39B	0,31C
3,8	37,14A	35,38AB	34,92B	0,54A	0,41B	0,35C
4,2	35,57A	33,72B	35,24AB	0,61A	0,45B	0,39C
4,6	35,57A	34,99A	35,25A	0,63A	0,46B	0,42C

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada varável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exceto para 4,2% de cálcio na ração, observou-se que a menor excreção de fósforo, em porcentagem, foi obtida com a relação cálcio/fósforo 17:1, para 4,2% de cálcio, o menor percentual de fósforo excretado, foi obtido com as relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1 (Tabela 18). Considerando a retenção de fósforo em percentual, verificou-se que para os níveis de 3,4 e 3,8% de cálcio, a maior absorção de fósforo foi promovida pelas rações formuladas com a relação cálcio/fósforo 17:1, ao passo que, para 4,2% de cálcio, observou-se maior percentual de fósforo retido com as relações cálcio/fósforo 9:1 e 17:1(Tabela 18).

Tabela 18 – Valores médios de fósforo excretado e retido em poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade para as respectivas combinações dos níveis de cálcio (Ca) e as relações cálcio/fósforo (Ca/P)

Ca (%)	Fósforo excretado (%)			Fósforo retido (%)			Fósforo retido (g/ave/dia)		
	Ca/P			Ca/P			Ca/p		
	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1	9:1	13:1	17:1
3,4	80,31A	72,16B	62,65C	19,69C	27,84B	37,35A	0,09A	0,11A	0,12A
3,8	77,90A	78,80A	71,88B	22,10B	21,20B	28,12A	0,12A	0,09B	0,10AB
4,2	76,24AB	79,21A	73,85B	23,76AB	20,79B	26,15A	0,14A	0,09B	0,10AB
4,6	82,06A	79,64A	76,72A	17,94A	20,36A	23,28A	0,11A	0,09A	0,10A

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha para cada varável diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Conforme demonstrado na tabela 18, obteve-se menor excreção de fósforo com as rações formuladas com a relação cálcio/fósforo 17:1, provavelmente, devido à maior eficiência de absorção e utilização desse mineral pelas aves, quando submetidas a baixos níveis de fósforo disponível, visto que, baixo nível de fósforo disponível estimula a sua absorção. Entretanto, quando as aves receberam rações contendo 4,2% de cálcio também apresentaram maior retenção de fósforo com a relação cálcio/fósforo 9:1, indicando que, quando as aves são submetidas a elevados níveis de fósforo disponível, a resposta à absorção de fósforo é melhorada com um nível até certo ponto mais alto, de cálcio, pois, quando foram alimentadas com rações contendo 4,6% de cálcio, não se observou diferença estatística para retenção de fósforo entre as relações.

Na tabela 19 são descritas as equações de regressão ajustadas em função dos níveis de cálcio para as respectivas relações cálcio/fósforo para as variáveis, matéria mineral, em porcentagem; consumo de fósforo disponível; fósforo excretado, em porcentagem e fósforo retido, em percentual e em gramas/ave/dia, para as respectivas relações cálcio/fósforo.

Tabela 19 - Equações de regressão ajustadas das variáveis mineral na excreta (MME); consumo de fósforo disponível ($CP_{disp.}$); fósforo excretado (PE) e fósforo retido (PR) para as respectivas relações cálcio/fósforo (Ca/P) e os coeficientes de determinação (R^2); maior valor e menor valor com respectivo nível de cálcio (MAV/Ca e MEV/Ca)

Variáveis	Ca/P	Equação	R^2	MAV/Ca	MEV/Ca
MME (%)	9:1	$\hat{Y} = 35,94$	-	-	-
	13:1	$\hat{Y} = 128,787 - 44,9186X + 5,32650X^2$	0,95	37,63/3,4	34,08/4,2
	17:1	$\hat{Y} = 82,0378 - 22,5664X + 2,7006X^2$	0,84	36,53/3,4	34,89/4,2
$CP_{disp.}$ (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = 0,0271292 + 0,133641X$	0,95	0,64/4,6	0,48/3,4
	13:1	$\hat{Y} = 0,171373 + 0,0645892X$	0,96	0,46/4,6	0,39/3,4
	17:1	$\hat{Y} = 0,00875141 + 0,0903768X$	0,99	0,42/4,6	0,31/3,4
PE (%)	9:1	$\hat{Y} = 278,805 - 102,026X - 12,8659X^2$	0,88	81,72/4,6	76,88/3,8
	13:1	$\hat{Y} = -98,7649 + 83,3688X - 9,70734X^2$	0,94	80,14/4,2	72,47/3,4
	17:1	$\hat{Y} = -129,866 + 90,5145X - 9,93312X^2$	0,97	76,31/4,6	63,05/3,4
PR (%)	9:1	$\hat{Y} = -178,05 + 102,026X - 12,8659X^2$	0,88	23,86/3,8	19,02/4,6
	13:1	$\hat{Y} = 198,765 - 83,3688X + 9,70734X^2$	0,94	27,52/3,4	19,85/4,2
	17:1	$\hat{Y} = 2229,866 - 90,5145X + 9,93312X^2$	0,97	36,94/3,4	23,68/4,6
PR (g/ave/dia)	9:1	$\hat{Y} = -1,39860X + 0,746335 - 0,090711X^2$	0,89	0,13/4,2	0,09/3,4
	13:1	$\hat{Y} = 0,691334 - 0,291967X + 0,0353643X^2$	0,77	0,10/3,4	0,08/4,2
	17:1	$\hat{Y} = 0,524547 - 0,199343X + 0,0232966X^2$	0,82	0,11/3,4	0,09/4,2

Considerando as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1, o menor percentual de matéria mineral na excreta foi obtido com o nível de 4,2% de cálcio na ração, para ambas as relações. Esse nível de 4,2% de cálcio proporcionou um satisfatório desempenho produtivo, além de boa qualidade da casca do ovo mostrando que, as aves que foram alimentadas com esse nível de cálcio, para as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1, absorveram e utilizaram eficientemente o cálcio fornecido na ração, para a adequada formação da casca do ovo.

O consumo de fósforo para todas as três relações cálcio/fósforo avaliadas, foi influenciado pelos níveis de cálcio de forma linear. O que está de acordo com as formulações das rações experimentais, visto que, para manter as relações cálcio/fósforo, ao aumentar os níveis de cálcio, também houve um respectivo aumento nos níveis de fósforo das rações.

Ao considerar a excreção de fósforo em percentual, verificou-se que a menor excreção de fósforo pelas aves foi obtida com 3,8% de cálcio para a relação cálcio/fósforo, 9:1; e com 3,4% de cálcio para as relações 13:1 e 17:1.

A maior retenção de fósforo, para a relação cálcio/fósforo 9:1 em percentual foi obtida com 3,8% de cálcio e em gramas/ave/dia, com 4,2% de cálcio. Para as relações cálcio/fósforo 13:1 e 17:1 a maior retenção de fósforo, tanto em percentual, quanto em gramas/ave/dia, foram obtidas com 3,4% de cálcio na ração. Níveis mais baixos de cálcio na ração estimulam a absorção de fósforo. Conforme relatado por Li et al. (2012), em uma pesquisa avaliando a influência dos níveis de cálcio e de fósforo sobre a expressão do mRNA da calbindina e do NaPi-IIb (transportador de fósforo no intestino), observaram que baixos níveis de cálcio ou de fósforo na ração para frangos de corte estimularam a expressão do mRNA da calbindina e do NaPi-IIb; aumentando assim, a eficiência de absorção de fósforo, devido ao aumento de seu transportador intestinal.

Foi possível verificar com o balanço de cálcio e fósforo, a importância de se formular rações não apenas com adequados níveis de cálcio, mas também de fósforo, e principalmente, a melhor relação entre esses dois minerais. O excesso ou a deficiência de um ou de ambos, prejudica a absorção e a utilização desses minerais no organismo animal. O nível estimado de cálcio de 4,11% proporcionou a maior retenção de cálcio, em gramas, e a melhor relação cálcio/fósforo para o balanço de cálcio e de fósforo foi de 17:1, uma vez que levou a redução da excreção de fósforo pelas aves.

Diante do exposto, levando em consideração os níveis estimados de cálcio que proporcionaram os melhores resultados para o desempenho produtivo (4,6%), para a qualidade do ovo (4,9%), para a composição da casca (4,6%), para as características ósseas

(3,92%) e para o balanço de cálcio e de fósforo (4,11%), o nível médio de cálcio que atendeu as exigências das poedeiras foi de 4,43% de cálcio, correspondendo a um consumo diário de 4,27 g de cálcio por ave. A melhor relação cálcio/fósforo foi de 17:1, visto que mesmo com níveis reduzidos de fósforo disponível nas rações, as poedeiras foram capazes de manter a produção de ovos com qualidade, a integridade óssea, e ainda, excretaram menor quantidade de fósforo para o ambiente, contribuindo dessa forma, para a redução da poluição ambiental, além de redução no custo de formulação das rações.

4. CONCLUSÃO

A exigência de cálcio para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade é de 4,43%, correspondendo a um consumo médio de 4,27 g de cálcio por ave por dia. A melhor relação cálcio/fósforo é igual a 17:1, correspondendo a 0,261% de fósforo disponível e consumo médio de 0,251 mg de fósforo disponível por ave por dia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, G.; HARMS, R.H.; EL-HUSSEIN, O. Performance of laying eggs with heavy or light shell weight when fed diets with different calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v.72, n.10, p.1881-1891, 1993.

AHMAD, H.A.; BALANDER, R.J. Alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level for better eggshell quality in commercial layers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.509-514, 2003.

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M; ARAÚJO, C.S.S. et al. Níveis de fósforo disponível e tamanho de partícula do fosfato bicálcico na ração de poedeiras comerciais de 24 a 58 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1223-1227, 2010.

ARMBRECHT, H.J.; BOLTZ, M.A.; BRUNS, M.E.H. Effect of age and dietary calcium on intestinal calbindin D-9K expression in the rat. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.420, n.1, p.194-200, 2003.

BLAHOS, J.; CARE, A.D; SOMMERVILLE, B.S. Effect of low calcium and low phosphorus diets on duodenal and ileal absorption of phosphate in chick. **Endocrinology Experimental**, v.21, p.59-64, 1987.

CEYLAN, N.; SHEIDELER, S.E.; STILBORN, H.L. High available phosphorus corn and phytase in layer diets. **Poultry Science**, v.82, n.5, p.789-795, 2003.

COUTTS, J.A.; WILSON, G.C.; FERNANDEZ, S. **Optimum egg quality** – A practical approach. Sheffield: 5M Enterprises, 2007, 66p.

FERREIRA, R.A. **A maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

HY-LINE DO BRASIL. **Guia de manejo comercial da Hy-line W-36 2009**. Disponível em: www.hylinedobrasil.com.br

IBGE, Indicadores – Estatística da produção pecuária – Setembro de 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abat-e-leite-couro-ovos_201302_publicacao_completa.pdf.

LELIS, G.R.; TAVERNARI, F.C.; CAMPOS, A.M.A. et al. Exigência de fósforo disponível para poedeiras semipesadas no período de 50 a 66 semanas de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009. CD-ROM.

LI, J.; YUAN, J.; YUMING, G. The influence of dietary calcium and phosphorus imbalance on intestinal NaPi-IIb and calbindin mRNA expression and tibia parameters of broilers. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, v.25, n.4, p.552-558, 2012.

LIM, H.S.; NAMKUNG, H.; PAIK, I.K. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorus excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorus. **Poultry Science**, v.82, n.1, p.92-99, 2003.

LOPES, R.A. **Níveis de cálcio e relação cálcio: fósforo disponível em rações para galinhas poedeiras leves no segundo ciclo de produção**. 2011. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2011.

LUKIĆ, M.; PAVLOVSKI, Z.; ŠKRBIĆ. Adequate calcium nutrition and quality of egg shell and bonés in layers – innovative approach. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.27, n.3, p.485-497, 2011.

MCPHEEET, C.P.; KRIDIS, M.; VOHRA, P. Calcium intake in relation to ovulation and oviposition when access to oystershell is time restricted or unrestricted. **British Poultry Science**, v.27, p.83-84, 1982.

MURATA, L.S.; ARIKI, J.; SANTANA, A.P. et al. Níveis de cálcio e granulometria do calcário sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais. **Revista Biotemas**, v.22, p.103-110, 2009.

NARVAEZ, W.S.; ROSTAGNO, H.S.; SOARES, P.R. et al. Nutritional requirements of calcium in white laying hens from 46 to 62 wk of age. **International Journal of Poultry Science**, v.2, p.181-184, 2006.

OLIVEIRA, J.E.F. **Níveis de cálcio, forma de fornecimento do calcário e qualidade do ovo de poedeiras leves no segundo ciclo de postura**. 1995. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1995.

PASTORE, S.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Calcium levels and calcium: available phosphorus ratios in diets for white egg layers from 42 to 58 weeks of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.12, p.2424-2432, 2012.

PASTORE, S.M. **Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade**. 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

PELÍCIA, K. **Efeito dos níveis de cálcio, fósforo e granulometria de calcário na dieta de poedeiras comerciais no primeiro ciclo de produção e no segundo ciclo de produção**. 2008. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2008.

PELÍCIA, K. GARCIA, E.A.I.I.; FAITORONE, A.B.G. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.11, n.1, p.39-49, 2009.

PENZ JR., A.M. Enzimas em rações de aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: SBZ, p.165-178, 1998.

RAMA RAO, S.V.; PANDA, A.K.; RAJU, M.V.L.N. et al. Requirement of calcium for commercial broilers and white Leghorn layers at low dietary phosphorus levels. **Animal Science Technology**, v.106, p.199-208, 2002.

RODRIGUES, P.B. **Fatores nutricionais que afetam a qualidade do ovo em poedeiras de 2º ciclo de produção**. 1995. 156p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1995.

ROLLAND, D.A.; BRYANT, M.M.; RABON, H.W. et al. Influence of calcium and environmental temperature on performance of first cycle (phase 1) commercial leghorn. **Poultry Science**, v.75, n.1, p.62-68, 1996.

ROLAND, D.A.; FARMER, M.; MARPLE, D. Calcium and relationship to excess feed consumption, body weight, egg size, fat deposition, shell quality, and fatty liver hemorrhagic syndrome. **Poultry Science**, v.64, n.12, p.2341-2350, 1985.

ROLAND, D.A.; SLOAN, D.R.; HARMS, R.H. The ability of hens to maintain calcium deposition in the eggshell and egg yolk as the hen ages. **Poultry Science**, v.54, n.5, p.1720-1723, 1975.

ROSA, A.P.; FERREIRA, P.B.; NOEBAUER, M.R. et al. Diferentes relações cálcio: fósforo disponíveis e fitase em dietas de poedeiras UFSM-V: desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1831-1837, 2011.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

SAFAA, H.M.; SERRANO, M.P.; VALENCIA, D.G. et al. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. **Poultry Science**, v.87, n.10, p.2043-2051, 2008.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos), 3º ed, Viçosa, MG: UFV, 2002, 235p.

SILVA, J.H.V.; ARAÚJO, J.A.; GOULART, C.C. et al. Relação cálcio: fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2166-2172, 2008.

SILVERSIDES, F.G.; KORVER, D.R.; BUDGELL, K.L. Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality and bone strength. **Poultry Science**, v.85, p. 1136-1144, 2006.

SNOW, J.L.; RAFACZ, K.A.; UTTERBACK, P.L. et al. Hy-line W-36 and Hy-Line W-98 laying hens respond similarly to dietary phosphorus levels. **Poultry Science**, v.84, n.5, p.757-763, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Central de Processamento de Dados – UFV/CPD. SAEG – **Sistema para análise estatística e genética**. Versão 9.1 Viçosa, MG: UFV, 2007, 54p.

VELLASCO, C.R. **Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade**. 2010. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2010.

VELLASCO, C.R.; GOMES, P.C.; DONZELLE, J.L. et al. Níveis de cálcio relação cálcio/fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. **Anais...** In: 47° REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Salvador, BA – UFBA, 2010.

VIEIRA, M.M. **Metabolismo de cálcio em aves de corte e de postura com ácidos orgânicos e fitase na dieta.** 2009. 127p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

ZHANG, B.; COON, C.N. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, v.76, p.1702-1706, 1997.

APÊNDICE

Tabela 1 – Temperaturas ambientes médias mínimas e máximas no interior do galpão durante a realização do primeiro ensaio experimental

Período (28 dias)	Temperatura (°C)	
	Mínima	Máxima
1	19 (17) ¹	28 (35) ²
2	17 (14) ¹	27 (32) ²
3	15 (13) ¹	23 (32) ²
4	13 (10) ¹	25 (29) ²
Média	16	26

¹ Menor temperatura registrada no período

² Maior temperatura registrada no período

Tabela 2 – Temperaturas ambientes médias mínimas e máximas no interior do galpão durante a realização do segundo ensaio experimental

Período (28 dias)	Temperatura (°C)	
	Mínima	Máxima
1	11 (9) ¹	25 (28) ²
2	12 (9) ¹	26 (31) ²
3	14 (8) ¹	28 (35) ²
4	17 (11) ¹	30 (37) ²
Média	13	28

¹ Menor temperatura registrada no período

² Maior temperatura registrada no período

Tabela 3 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (taxa de postura – TP, consumo de ração – CR, peso dos ovos – PO, conversão alimentar – CA e ganho de peso – GP) desempenho produtivo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO								
F.V.	G.L.	TP (%)	CR (g/ave/dia)	PO (g)	MO (g)	CA (Kg/Kg)	CA (Kg/Dz)	GP (g)
NCa	3	8,95 ^{ns}	14,58 ^{ns}	0,867 ^{ns}	4,209 ^{ns}	0,01276*	0,007605*	83,76 ^{ns}
Rel	2	33,06 ^{ns}	1,953 ^{ns}	0,766 ^{ns}	7,810 ^{ns}	0,00506 ^{ns}	0,004109 ^{ns}	166,94 ^{ns}
NCa x Rel	6	15,53 ^{ns}	4,040 ^{ns}	0,642 ^{ns}	3,416 ^{ns}	0,002809 ^{ns}	0,002379 ^{ns}	78,81 ^{ns}
Resíduo	84	13,10	6,287	1,146	4,828	0,003870	0,002439	115,55
CV (%)		3,98	2,67	1,75	3,95	3,68	3,98	27,15

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 4 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis qualidade do ovo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO							
F.V.	G.L.	Casca (g)	Casca (%)	Gema (g)	Gema (%)	Albúmen (g)	Albúmen (%)
Ca	3	0,2976**	0,7482**	0,6621*	2,2914*	2,6092 ^{ns}	1,1172 ^{ns}
Rel	2	0,0687 ^{ns}	0,1060 ^{ns}	0,1195 ^{ns}	0,41706 ^{ns}	0,77763 ^{ns}	0,6809 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,0438 ^{ns}	0,036017 ^{ns}	0,1222 ^{ns}	0,60063 ^{ns}	1,4163 ^{ns}	0,5562 ^{ns}
Resíduo	84	0,0346	0,08328	0,2308	0,6405	1,2359	0,7630
CV (%)		3,31	3,19	3,08	3,19	2,7	1,32

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 5 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis qualidade do ovo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO				
F.V.	G.L.	Albúmen (%)	Gravidade específica (g/cm ³)	Espessura casca (mm)
Ca	3	1,11722 ^{ns}	0,000034547**	0,00076730 ^{ns}
Rel	2	0,68095 ^{ns}	0,0000049082 ^{ns}	0,0000055194 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,55622 ^{ns}	0,0000020149 ^{ns}	0,00013077 ^{ns}
Resíduo	84	0,76307	0,00018817	0,00039044
CV (%)		1,35	0,12	5,3

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 6 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (matéria mineral na casca – MMC, cálcio na casca – CaC e fósforo na casca – PC) composição da casca do ovo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO							
F.V.	G.L.	MMC (g)	MMC (%)	CaC (g)	CaC (%)	PC (mg)	PC (%)
Ca	3	0,14091**	1,0598**	0,02596**	0,421 ^{ns}	0,2274**	0,00003222 ^{ns}
Rel	2	0,01728**	0,3026 ^{ns}	0,01404*	2,291 ^{ns}	0,09284 ^{ns}	0,00001704 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,02013**	0,6864**	0,009414*	1,641 ^{ns}	0,1444**	0,00004745**
Resíduo	36	0,000559	0,1267	0,002932	0,9855	0,03028	0,00001271
CV (%)		0,46	0,38	2,81	2,84	3,77	4,45

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 7 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (tíbia em gramas, matéria mineral na tíbia – MMT, cálcio na tíbia – CaT e fósforo na tíbia – PT) características ósseas de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO								
F.V.	G.L.	Tíbia (g)	MMT (g)	MMT (%)	CaT (g)	CaT (%)	PT (g)	PT (%)
Ca	3	0,4245 ^{ns}	0,1184**	3,477**	0,01812*	0,5788 ^{ns}	0,01671**	4,384**
Rel	2	0,1809 ^{ns}	0,1049*	4,722**	0,01472 ^{ns}	1,1632 ^{ns}	0,001968 ^{ns}	0,2958 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,08368 ^{ns}	0,02928 ^{ns}	1,5136 ^{ns}	0,006085 ^{ns}	0,5676 ^{ns}	0,002082 ^{ns}	0,7196*
Resíduo	84	0,08435	0,02845	0,9389	0,006392	1,0828	0,001274	0,2149
CV (%)		6,91	6,93	1,67	9,75	5,34	8,88	4,84

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 8 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (MME – matéria mineral na excreta, CaE – cálcio excretado, CaR – cálcio retido, PE – fósforo excretado e PR – fósforo retido) balanço de cálcio e fósforo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO						
F.V.	G.L.	MME (%)	CaE (%)	CaR (%)	PE (%)	PR (%)
Ca	3	14,04**	248,9**	248,9**	46,59**	46,59**
Rel	2	1,522 ^{ns}	38,23**	38,23**	66,94**	66,94**
Ca x Rel	6	9,006**	79,16**	79,16**	37,48**	37,48**
Resíduo	36	2,263	4,50	4,50	3,70	3,70
CV (%)		4,06	4,07	4,07	2,43	9,17

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 9 – Resumo das análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (MME – matéria mineral na excreta, CCa – consumo de cálcio, CaE – cálcio excretado, CaR – cálcio retido, CP – consumo de fósforo, PE – fósforo excretado e PR – fósforo retido) balanço de cálcio e fósforo de poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO								
F.V.	G.L.	MME (g)	CCa (g/ave/dia)	CP (g/ave/dia)	CaE (g/ave/dia)	CaR (g/ave/dia)	PE (g/ave/dia)	PR (g/ave/dia)
Ca	3	2,760*	2,893**	0,0205**	1,598**	0,395**	0,116**	0,002308**
Rel	2	0,6355 ^{ns}	0,0394 ^{ns}	0,0973**	0,0630 ^{ns}	0,0292 ^{ns}	0,818**	0,000847**
Ca x Rel	6	1,713*	0,0496 ^{ns}	0,004900**	0,1729**	0,0879**	0,006350**	0,000381**
Resíduo	36	0,6896	0,0614	0,0006952	0,0242	0,0200	0,000570	0,00008508
CV (%)		10,28	6,60	6,11	8,59	7,29	6,98	10,34

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 10 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (taxa de postura – TP, consumo de ração – CR, peso dos ovos – PO, conversão alimentar – CA e ganho de peso – GP) desempenho produtivo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO								
F.V.	G.L.	TP (%)	CR (g/ave/dia)	PO (g)	MO (g)	CA (Kg/Kg)	CA (Kg/Dz)	GP (g)
Ca	3	41,89**	16,50*	0,1635 ^{ns}	17,77**	0,02735**	0,0192**	403,5 ^{ns}
Rel	2	1,416 ^{ns}	7,292 ^{ns}	5,208 ^{ns}	4,458 ^{ns}	0,000249 ^{ns}	0,001118 ^{ns}	179,2 ^{ns}
Ca x Rel	6	11,55 ^{ns}	4,987 ^{ns}	1,571 ^{ns}	6,143 ^{ns}	0,00341 ^{ns}	0,003730 ^{ns}	162,1 ^{ns}
Resíduo	84	8,416	5,635	1,680	3,227	0,00247	0,002161	192,5
CV (%)		3,37	2,46	1,97	3,19	2,09	3,44	60,80

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 11 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis qualidade do ovo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO							
F.V.	G.L.	Casca (g)	Casca (%)	Gema (g)	Gema (%)	Albúmen (g)	Albúmen (%)
Ca	3	0,2818**	0,4559**	0,2409 ^{ns}	1,102 ^{ns}	1,683 ^{ns}	0,6389 ^{ns}
Rel	2	0,08806 ^{ns}	0,03894 ^{ns}	0,2527 ^{ns}	0,9048 ^{ns}	2,568 ^{ns}	0,5757 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,03291 ^{ns}	0,06713 ^{ns}	0,3806 ^{ns}	0,6041 ^{ns}	1,023 ^{ns}	1,052 ^{ns}
Resíduo	84	0,03815	0,07263	0,2975	0,7014	1,449	0,7082
CV (%)		3,28	2,99	3,05	3,10	2,84	1,31

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 12 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis qualidade do ovo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO			
F.V.	G.L.	Gravidade específica (g/cm ³)	Espessura casca (mm)
Ca	3	0,000029708**	0,0011231*
Rel	2	0,00000079532 ^{ns}	0,00011631 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,0000043457 ^{ns}	0,00011015 ^{ns}
Resíduo	84	0,000002723	0,000390861
CV (%)		0,15	6,55

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 13 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (matéria mineral na casca – MMC, cálcio na casca – CaC e fósforo na casca – PC) composição da casca do ovo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO							
F.V.	G.L.	MMC (g)	MMC (%)	CaC (g)	CaC (%)	PC (g)	PC (%)
Ca	3	0,2188**	0,9929**	0,03387**	0,4322 ^{ns}	0,1804**	0,0001394**
Rel	2	0,01675**	0,3923 ^{ns}	0,003011 ^{ns}	0,3893 ^{ns}	0,08198 ^{ns}	0,00001500 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,04024**	1,177**	0,005540 ^{ns}	0,7506 ^{ns}	0,2585**	0,00004742**
Resíduo	36	0,0006011	0,1262	0,002564	0,7357	0,03636	0,00001031
CV (%)		0,44	0,38	2,46	2,46	3,94	3,91

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 14 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (tíbia em gramas, matéria mineral na tíbia – MMT, cálcio na tíbia – CaT e fósforo na tíbia – PT) características ósseas de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO								
F.V.	G.L.	Tíbia (g)	MMT (g)	MMT (%)	CaT (g)	CaT (%)	PT (g)	PT (%)
Ca	3	0,2132 ^{ns}	0,09614*	1,602 ^{ns}	0,01748*	2,611 ^{ns}	0,02323**	13,60**
Rel	2	0,1257 ^{ns}	0,05599 ^{ns}	1,356 ^{ns}	0,003499 ^{ns}	1,198 ^{ns}	0,001705 ^{ns}	0,1611 ^{ns}
Ca x Rel	6	0,1057 ^{ns}	0,06357*	3,276**	0,01212 ^{ns}	4,038*	0,002162 ^{ns}	0,8052**
Resíduo	84	0,08054	0,02814	0,7707	0,006088	1,572	0,001013	0,1927
CV (%)		6,55	6,59	1,49	8,957	6,23	7,48	4,46

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 15 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis (MME – matéria mineral na excreta, CaE – cálcio excretado, CaR – cálcio retido, PE – fósforo excretado e PR – fósforo retido) balanço de cálcio e fósforo de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO						
F.V.	G.L.	MME (%)	CaE (%)	CaR (%)	PE (%)	PR (%)
Ca	3	6,524**	376,4**	376,4**	122,8**	122,8**
Rel	2	1,312 ^{ns}	6,076 ^{ns}	6,076 ^{ns}	273,6**	273,6**
Ca x Rel	6	4,172**	4,346 ^{ns}	4,346 ^{ns}	50,97**	50,9**
Resíduo	36	1,135	4,974	4,974	9,586	9,586
CV (%)		2,99	4,58	4,34	4,07	12,87

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F

Tabela 16 – Resumo da análise de variância, coeficiente de variação (CV) das variáveis balanço de cálcio e fósforo (MME – matéria mineral na excreta, CCa – consumo de cálcio, CaE – cálcio excretado, CaR – cálcio retido, CP – consumo de fósforo, PE – fósforo excretado e PR – fósforo retido) de poedeiras leves de 42 a 58 semanas de idade alimentadas com diferentes níveis de cálcio (NCa) e relações cálcio/fósforo disponível (Rel)

QUADRADO MÉDIO								
F.V.	G.L.	MME (g)	CCa (g/ave/dia)	CaE (g/ave/dia)	CaR (g/ave/doa)	CP (g/ave/dia)	PE (g/ave/dia)	PR (g/ave/dia)
Ca	3	0,5746 ^{ns}	3,293**	2,616**	0,2741**	0,03017**	0,03009**	0,0003408 ^{ns}
Rel	2	0,3663 ^{ns}	0,005725 ^{ns}	0,004579 ^{ns}	0,01763 ^{ns}	0,1535**	0,1303**	0,001764**
Ca x Rel	6	0,4011 ^{ns}	0,01793 ^{ns}	0,01557 ^{ns}	0,005940 ^{ns}	0,001499*	0,0006201 ^{ns}	0,001031**
Resíduo	36	0,2955	0,03687	0,01123	0,02245	0,0004871	0,0003629	0,0002390
CV (%)		6,66	5,02	5,64	7,72	4,86	5,47	14,58

^{ns} Não significativo a 5% para o teste F; *Significativo a 5% para o teste F; ** Significativo a 1% para o teste F