

DANDARA DE OLIVEIRA FÉLIX

**SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA PARA GALINHAS POEDEIRAS LEVES
DE 28 A 44 SEMANAS DE IDADE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

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

T

F316s
2016 Félix, Dandara de Oliveira, 1989-
 Suplementação vitamínica para galinhas poedeiras
 leves de 28 a 44 semanas de idade / Dandara de Oliveira
 Félix. - Viçosa, MG, 2016.
 xii, 62f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador : Luiz Fernando Teixeira Albino.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Vitaminas na nutrição animal. 2. Galinhas poedeiras
- Nutrição. 3. Nutrição animal. 4. Ovos - Qualidade. 5. Ovos -
Pesos e medidas. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação
em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.508528

DANDARA DE OLIVEIRA FÉLIX

**SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA PARA GALINHAS POEDEIRAS LEVES
DE 28 A 44 SEMANAS DE IDADE**

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

APROVADA: 11 de agosto de 2016.

Melissa Izabel Hannas
(Coorientadora)

Horácio Santiago Rostagno
(Coorientador)

Fernando de Castro Tavernari

Luiz Fernando Teixeira Albino
(Orientador)

À Deus e queridos mentores que me guiam com amor e sabedoria nessa caminhada espiritual.

Aos meus pais, Lourival e Edilde, pelos anos de abdicação, amor e dedicação à família. Eu os amo muito.

Ao meu avô Luciano, minha inspiração de vida no campo, por seu carinho sereno.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por seu amor e misericórdia.

Aos meus pais que nunca mediram esforços para possibilitar a realização dos meus sonhos e pelo amor incondicional, e aos meus irmãos pela parceria e torcida por minha felicidade.

À Universidade Federal de Viçosa, lugar em que tive grandes aprendizados e uma das melhores experiências da minha vida.

Ao CNPq pela concessão da bolsa que possibilitou meu mestrado

Ao querido orientador prof. Albino por sua paciência, por suas conversas e orientação.

Aos coorientadores, profa. Melissa, por seu exemplo de profissionalismo e prof. Rostagno por seu entusiasmo pela pesquisa e ajuda com os dados experimentais.

Ao Dr. Fernando Tavernari, por me abrir portas e me estimular nessa caminhada profissional.

À minha família que me acolheu com saudades em cada retorno ao ninho, e que torce por cada vitória minha.

Aos amigos em Sergipe que não permitiram que pela distância, a saudade invadissem o coração. Obrigada por estarem na torcida em cada momento.

Aos novos amigos que Viçosa me proporcionou, em especial; Gabi, Fernanda, Ju, Vinícius, Daniel, Bárbara, Monalisa, Geraldo, Edson, Tiago, Diego (Dieguito), Emanuelle e os amigos AIESECos, tão incríveis.

Ao Aviário F.C. que além de amigos foram também conselheiros, obrigada pela amizade e ajuda nas dificuldades que surgiram nessa caminhada acadêmica; Bruninho, Gabriel (Macaé), Jorge, Juninho, Neto, Milly, Jorginho, Rafinha, Livia, Soraia, Valdir, Miliane, Vitinho, Leandro, Rosana, Rodrigo (Rosca), Diego, Sandrita, Brunão, Maurílio, Rodrigo (Jacobs), Rodolfinho e Flávia.

Aos professores por todo conhecimento passado que contribuiu imensamente para meu aperfeiçoamento profissional.

Aos parceiros e estagiários pela ajuda diária nos experimentos, por tornarem os dias de trabalho mais leves. Obrigada; Melissa, Fran, Idael, Bruna, Paula, Warley, Matheus e Vinícius.

Aos funcionários do aviário e do DZO, pela ajuda nos experimentos, pelas conversas e risadas.

À Cogran por ceder os suplementos vitamínicos para os experimentos.

À Agrocere Multimix por ceder seu laboratório para as análises de ovos.

À Viçosa por ter se tornado minha casa durante esses dois anos e por ter me proporcionado momentos inesquecíveis.

A todos que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui, meus mais sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

DANDARA DE OLIVEIRA FÉLIX, filha de Lourival Félix da Cruz e Edilde Alves de Oliveira Cruz, nasceu em 01 de Março de 1989, em Aracaju – SE.

Em 2008 iniciou a graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Sergipe, colando grau em Novembro de 2012.

Em Agosto de 2014 iniciou o Programa de Mestrado em Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do professor Luiz Fernando Teixeira Albino, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Monogástricos.

Em Agosto de 2016, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de Magister Scientiae.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Histórico e definição das vitaminas	3
2.2. Classificação das vitaminas	3
2.3. Importância da suplementação de vitaminas na alimentação de poedeiras	5
2.4. As vitaminas Lipossolúveis	7
2.4.1. Vitamina A.....	7
2.4.2. Vitamina D.....	8
2.4.3. Vitamina E	9
2.4.4. Vitamina K.....	10
2.5. As vitaminas Hidrossolúveis.....	11
2.5.1. Vitaminas do complexo B.....	11
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

CAPÍTULO I

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS EM DIETAS PARA POEDEIRAS LEVES DE 28 A 44 SEMANAS DE IDADE

RESUMO	21
ABSTRACT.....	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
APÊNDICE.....	39

CAPÍTULO II

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS EM DIETAS PARA POEDEIRAS LEVES DE 28 E 44 SEMANAS DE IDADE

RESUMO	41
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	45

RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
APÊNDICE.....	60

LISTA DE TABELAS

Revisão de literatura

Tabela 1. Formas metabolicamente ativas das vitaminas.	5
--	---

CAPÍTULO I

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS EM DIETAS PARA POEDEIRAS LEVES DE 28 A 44 SEMANAS DE IDADE

Tabela 1. Composição da dieta basal utilizada, na matéria natural.....	26
Tabela 2. Inclusão do suplemento de Vitaminas Lipossolúveis por tratamento (Quilo de suplemento por 100kg de ração).	27
Tabela 3. Níveis de suplementação vitaminas lipossolúveis adicionadas às dietas (quantidade por kg de ração).....	27
Tabela 4. Temperaturas ambientais médias (máxima e mínima) registradas no galpão durante os períodos experimentais, em graus Celsius.....	27
Tabela 5. Parâmetros de desempenho de galinhas poedeiras leves de 28 a 44 semanas de idade, suplementadas com diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis.	31
Tabela 6. Parâmetros de qualidade de ovo de poedeiras leves suplementadas com diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis.....	34

CAPÍTULO II

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS EM DIETAS PARA POEDEIRAS LEVES DE 28 E 44 SEMANAS DE IDADE

Tabela 1. Composição da dieta basal utilizada, na matéria natural.....	46
Tabela 2. Inclusão do suplemento de Vitaminas Hidrossolúveis por tratamento (Quilo de suplemento por 100kg de ração).	47
Tabela 3. Níveis de suplementação de vitaminas hidrossolúveis adicionados às dietas (quantidade por kg de ração).....	47
Tabela 4. Temperaturas ambientais médias (máxima e mínima) registradas no galpão durante os períodos experimentais, em graus Celsius.....	48
Tabela 5. Parâmetros de desempenho de galinhas poedeiras leves suplementadas com diferentes níveis de vitaminas hidrossolúveis.	52
Tabela 6. Inclusão de vitaminas hidrossolúveis para cada nível ótimo calculado dos parâmetros de desempenho e qualidade de ovo com efeito quadrático.	53
Tabela 7. Parâmetros de qualidade de ovo de galinhas poedeiras leves suplementadas com diferentes níveis de vitaminas hidrossolúveis.....	55

RESUMO

FÉLIX, Dandara de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2016. **Suplementação vitamínica para galinhas poedeiras leves de 28 a 44 semanas de idade.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Coorientadores: Horácio Santiago Rostagno e Melissa Izabel Hannas.

A suplementação vitamínica possui marcante importância na nutrição das aves e é fator limitante para o bom desempenho visto que grande parte das vitaminas são essenciais na dieta por não serem produzidas pelo metabolismo do animal. Objetivou-se com este trabalho avaliar os níveis de suplementação de vitaminas para galinhas poedeiras leves com base na resposta do desempenho animal e na qualidade de ovos. Foram realizados dois experimentos; em cada um foram utilizadas 300 poedeiras da marca comercial Hy Line White W-36, no período de 28 a 44 semanas de idade. As aves foram manejadas e alimentadas até as 18 semanas de idade com ração formulada de acordo com as recomendações da fase. Quando alcançaram as 28 semanas de idade as galinhas do experimento 1 foram distribuídas em blocos casualizados; com 2 blocos devido ao peso (leves: $1,28 \pm 0,03$ kg; pesadas: $1,44 \pm 0,04$ kg); 6 tratamentos; 10 repetições e 5 galinhas por unidade experimental. A distribuição do experimento 2 foi em delineamento inteiramente casualizado; com 6 tratamentos; 10 repetições e 5 galinhas por unidade experimental, pesando em média $1,55 \pm 0,025$ kg cada. As rações experimentais foram isonutritivas, constituídas à base de milho e de farelo de soja e formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais, com exceção das vitaminas testadas. Os animais receberam ração e água à vontade e 17 horas de luz durante todo o período experimental. Os parâmetros de desempenho e qualidade de ovo foram avaliados durante 4 períodos de 28 dias em ambos experimentos. Os tratamentos foram constituídos de 0,0%; 33,3%; 66,7%; 100,0%; 133,3% e 166,7% da recomendação de suplementação de vitaminas lipossolúveis para o experimento 1, e de vitaminas hidrossolúveis para o experimento 2. Houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os parâmetros de consumo de ração, peso de ovo, conversão alimentar por massa de ovo, conversão alimentar por dúzia de ovos, porcentagem de casca, espessura de casca e resistência de casca, que apresentaram efeito linear e quadrático, e para massa de ovo, que apresentou efeito linear no experimento 1. Os melhores resultados alcançados foram obtidos com nível de suplementação de em média 109%

de vitaminas lipossolúveis. No experimento 2, todos os parâmetros testados tiveram diferença significativa ($P < 0,05$), apresentando efeito linear e/ou quadrático com exceção da porcentagem de casca, altura de albúmen, espessura de casca, resistência de casca e gravidade específica que não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$). Os melhores resultados alcançados foram obtidos com nível de suplementação de em média 116,64% de vitaminas hidrossolúveis.

ABSTRACT

FÉLIX, Dandara de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2016.
Vitamin supplementation for light laying hens from 28 to 44 weeks of age.
Adviser: Luiz Fernando Teixeira Albino. Co-advisers: Horácio Santiago Rostagno and
Melissa Izabel Hannas.

Vitamin supplementation has remarkable importance in the nutrition of birds and it is a limiting factor to their performance since most of the vitamins are essential in the diet, as they are not produced by the animal's metabolism. The aim of this study was to evaluate the vitamin supplementation levels for light laying hens, based on animal performance response and egg quality. Two experiments were held and in each of them 300 HyLine White W-36 laying hens with 28-44 weeks of age were used. A basal diet was offered and the birds were handled until they got 18 weeks of age according to the phase recommendations. In experiment 1, when they reached 28-week-old they were distributed in a randomized block design with 2 blocks due to the weight (light: $1,28 \pm 0,03$ kg; heavy: $1,44 \pm 0,04$ kg); 6 treatments; 10 repetitions and 5 hens per unit. The distribution of the experiment 2 was the completely randomized design; 6 treatments; 10 repetitions and 5 hens per unit, weighing an average of $1,55 \pm 0,025$ kg each. The experimental diets were isonutritive established based on corn and soybean meal and formulated to meet the nutritional requirements for the hens, with the exception of the vitamins tested. The animals received ad libitum food and water, and 17 hours of light during the experimental period. The performance parameters and egg quality were evaluated during 4 periods of 28 days in both experiments. Treatments consisted in 0%; 33,3%; 66,7%; 100%; 133,3% and 166,7% of fat-soluble vitamins supplementation recommendation for the experiment 1, and of water-soluble vitamins for the experiment 2. There was a significant difference ($P > 0.05$) in experiment 1 for feed intake, egg weight, feed conversion by egg mass, feed conversion per dozen eggs, eggshell percentage, shell thickness and shell strength, which showed a linear and quadratic effect, while egg mass showed a linear effect. The best results of fat-soluble vitamins were obtained with supplementation levels of 109% on average. In experiment 2 all parameters tested had significant difference ($P < 0.05$) with linear and quadratic effect, except for the percentage of shell, albumen height, shell thickness, shell strength and specific gravity that did not show significant difference ($P > 0,05$).

The best results of water-soluble vitamins were obtained with the supplementation levels of 116.64% on average.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O rápido crescimento do setor avícola impulsionado entre outros fatores, pelo melhoramento da genética e da produtividade das linhagens utilizadas implicou na necessidade de adequação das dietas oferecidas com o propósito das aves atingirem seu máximo potencial de desempenho. Por conseguinte, são necessários maiores cuidados com instalações, sanidade, manejo e principalmente, que os requerimentos nutricionais desses animais sejam atendidos. A exemplo das poedeiras comerciais que atingem a maturidade sexual precocemente com consumo de ração cada vez menor e com boas taxas de produtividade, o que impõe altos níveis de estresse metabólico, aumentando a susceptibilidade das aves a doenças e a deficiências nutricionais com consequente necessidade de aumento na inclusão vitamínica das dietas (MAZZUCO, 2006).

Segundo Mcdowell (2000), as vitaminas dos ingredientes de origem vegetal podem variar de acordo com uma série de fatores como o local de plantio, a fertilização do solo, o clima durante o crescimento da planta, sua genética e as doenças que possam tê-la acometido. Outra questão são os cuidados que se deve ter no processamento e armazenamento de ingredientes, que quando inadequados, podem alterar ou diminuir a estabilidade das vitaminas nestes produtos. As vitaminas são naturalmente encontradas em ingredientes de origem vegetal e animal, no entanto, devido à essas possíveis variações, é importante que a dieta formulada seja complementada por meio de suplementos, a fim de atender os nutrientes necessários. Esse é um recurso utilizado pela indústria avícola para se obter uma ração adequadamente balanceada, e é cada vez mais comum inclusive, o uso de vitaminas em níveis adicionais com o objetivo de agregar maior valor nutricional na carne e nos ovos produzidos.

Experimentos realizados por Nobakht (2014) mostraram que a suplementação vitamínica e de minerais para poedeiras na primeira fase de postura melhoraram a produção e a massa de ovos, reduzindo custos de produção. Biswas et al. (2010), por sua vez, concluíram que a suplementação com níveis moderados de Vit. E aumentaram a produtividade e a fertilidade de poedeiras. Asaduzzaman et al. (2005) inferiram que o uso de suplemento vitamínico-mineral para poedeiras é inevitável para uma produtividade desejável.

A suplementação vitamínica, apesar de em pequenas quantidades, possui marcante importância na nutrição das aves e é fator limitante para o bom desempenho visto que grande parte das vitaminas são essenciais na dieta por não serem suficientemente produzidas pelos microrganismos do intestino. Principalmente nas condições de criação de sistema intensivo onde as aves se encontram em situação de estresse e com seus requerimentos nutricionais aumentados. As vitaminas são incluídas na dieta de acordo com a idade e sexo do animal, o estado fisiológico e atividade do seu organismo, ou seja, as fases de alta exigência nutricional como o crescimento, o período reprodutivo (postura) e na ocorrência de doenças, são as de maior demanda (PAIXÃO & STAMFORD, 2004).

A constante melhoria genética e produtiva das aves carece de simultânea atualização das recomendações de tabelas e de manuais utilizados pela indústria. Algumas atualizações sobre requerimentos para aves por fontes renomadas, foram feitas no ano de 1994 pelo NRC (APPLEGATE & ANGEL, 2014) e mais recentemente por Rostagno et al. (2011). Em alguns sistemas de criação de poedeiras ocorre a adição de vitaminas em níveis acima do recomendado com o objetivo de evitar deficiência vitamínica e garantir o atendimento dos requerimentos das aves. Segundo o NRC (1994), a suplementação de vitaminas em dietas para aves se encontra, com frequência, acima da recomendação mínima, sendo a tolerância máxima dos animais para este excesso de 10 até 50 vezes acima deste valor.

Ainda existem questionamentos quanto aos níveis ótimos que devem ser utilizados para bons resultados no sistema intensivo de criação de poedeiras, no entanto pesquisas científicas sobre o tema são escassas. Com isso, objetivou-se avaliar os níveis de suplementação de vitaminas para galinhas poedeiras leves com base na resposta do desempenho animal e na qualidade de ovos através de dois experimentos; o primeiro avaliando diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis e outro avaliando vitaminas hidrossolúveis.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Histórico e definição das vitaminas

As vitaminas são descritas como compostos orgânicos complexos, naturalmente presentes nos alimentos em pequenas quantidades e ainda assim de fundamental importância para o bom funcionamento do metabolismo. A falta desses nutrientes no organismo pode resultar em doenças por carência. No século XIX vários cientistas que buscavam descobrir a razão para o surgimento de doenças como o escorbuto, a cegueira noturna, o beribéri, entre outras, acreditavam que elas poderiam ser causadas por um agente positivo e não por deficiência nutricional. Somente no início do século XX é que a ideia de que uma dieta composta somente por carboidratos, gordura, proteína e sais era limitada. Foi a partir daí que se acreditou que haveriam outros compostos orgânicos presentes na dieta que seriam os responsáveis pela prevenção dessas doenças em especial (MCDOWELL, 2000).

O nome vitamina é derivado do termo “vital amine”. Com o tempo descobriu-se que nem todas as vitaminas continham nitrogênio em sua composição, mas manteve-se o nome para despertar interesse do público para o tema. A última vitamina descoberta foi a B₁₂ em 1948, mas é possível que ainda hajam vitaminas desconhecidas (LEESON & SUMMERS, 2001).

A suplementação de vitaminas é demandada em pequenas quantidades; microgramas ou miligramas por dia com exceção das vitaminas A, D e E, que são em unidade (UI), quando comparada a outros compostos que são necessários em maior proporção. Esse valor é suficiente para manter o bom funcionamento metabólico e a saúde do organismo. Se a eliminação de um composto orgânico da dieta resultar em relativa doença por deficiência e a recolocação deste proporcionar melhora ou cura, ele, mostrando-se essencial na dieta, pode ser considerado como vitamina. Com ressalva para o caso das vitaminas D, B₃ e C (para aves) que em condições normais são sintetizadas endogenamente (NRC, 1994; BENDER, 2003).

2.2. Classificação das vitaminas

As vitaminas são classificadas de acordo com a sua solubilidade em gordura ou água. As vitaminas solúveis em gordura; A, D, E e K são chamadas lipossolúveis e

as do complexo B e a vitamina C, por serem solúveis em água, são chamadas hidrossolúveis. As vitaminas lipossolúveis são aparentemente absorvidas pelos mesmos mecanismos que envolvem a absorção de gorduras, devido a sua associação a lipídeos, e por esta razão é importante um adequado fluxo de bile e boa formação de micelas. Por estarem associadas a estas gorduras, as vitaminas lipossolúveis, com a exceção da K, são armazenadas em certa quantidade no organismo do animal. Em contrapartida, as vitaminas hidrossolúveis não são afetadas por qualquer tipo de alteração na absorção de gorduras e com exceção da vitamina B₁₂, não ficam armazenadas no organismo sendo que em excesso são rapidamente excretadas pela urina, principalmente, enquanto as associadas a lipídeos são eliminadas grande parte pelas fezes através da bile (MCDOWELL, 2000).

As vitaminas hidrossolúveis podem ter um ou mais grupos polares, ou também chamados, grupos ionizáveis como carboxil, ceto, hidroxil, amino ou fosfato, e consistem em derivados ou substitutos derivados de açúcares (vit. C), piridina (niacina, B₆), pirimidinas e purinas (ácido fólico, B₂, B₁), complexos de ácido aminoácido orgânico (ácido fólico, biotina, ácido pantotênico), e complexos de porfirina-nucleotídeo (B₁₂). Essas vitaminas são diversas estruturalmente e atuam como ativadoras de enzimas ou coenzimas (B₁, B₂, B₆, B₁₂, ácido pantotênico, ácido fólico, biotina e niacina), como agentes redutores em reações enzimáticas (C, B₂, B₁₂, ácido fólico e niacina), agentes nucleares (ácido fólico, B₁₂, C e biotina) e possivelmente como agentes mitocondriais (B₂, C e niacina). Enquanto no grupo das lipossolúveis é predominante a característica de compostos aromáticos e alifáticos, com atuação em membranas celulares afetando a permeabilidade ou transporte, e também como agentes redutores (A, E e K), como coenzimas ou ativadoras de enzimas (D, K e A), ou inibidoras de enzimas (E) (ZEMPLINI et al., 2007; COMBS, 2008). As formas mais importantes das vitaminas se encontram na tabela 1.

Parte dos micronutrientes, em específico as vitaminas, são obtidas por fontes vegetais, pois as plantas tem a capacidade de sintetizar a maioria das vitaminas que necessitam e por isso servem de fonte primária de nutrientes para os animais, além do uso de suplementos vitamínicos da dieta como complemento. Muitas reações enzimáticas que ocorrem no processo de digestão e de absorção dos alimentos depende da presença de vitaminas específicas, que quando não suplementadas adequadamente, podem resultar em desordens metabólicas (BALL, 1994).

Tabela 1. Formas metabolicamente ativas das vitaminas.

Vitamina	Representante	Forma metabolicamente ativa
Vit. A	Retinol	Retinol Retinal Ác. Retinóico
Vit. D	Colecalciferol	25-OH-Colecalciferol 1,25-(OH) ₂ -Colecalciferol
Vit. E	α - Tocoferol	α -, β -, γ -, δ -Tocoferóis
Vit. K	Filoquinona	Filoquinonas (K) Menaquinonas (MK)
Vit. C	Ácido Ascórbico	Ác. Ascórbico Ác. Deidroascórbico
Tiamina	Tiamina	Tiamina pirofosfato
Riboflavina	Riboflavina	FMN, FAD
Niacina	Nicotinamida	NAD, NADP
Vit. B ₆	Piridoxina	Piridoxal-fosfato, Piridoxaminafosfato
Biotina	d-Biotina	d- Biotina
Ác. Pantotênico	Ác. Pantotênico	Coenzima-A
Ác. Fólico	Ác. Pteroilpoliglutamato	Pteroilpoliglutamatos
Vit. B ₁₂	Cianocobalamina	Metilcobalamina, 5'- Deoxiadenisilcobalamina

Adaptado de Combs (2008).

2.3. Importância da suplementação de vitaminas na alimentação de poedeiras

O Conselho de Alimento e Nutrição dos EUA (INSTITUTE OF MEDICINE, 2000) determina como requerimento nutricional “a menor quantidade de ingestão continuada de um nutriente que manterá nível definido de nutrição de um indivíduo”. A WHO/FAO/IAEA (1996) define como requerimento basal “a ingestão de nutrientes suficientes para prevenção de sinais patológicos clinicamente detectáveis, de deficiência”. Para qualquer nutriente há uma faixa de ingestão (abaixo ou acima) inadequada, levando a um quadro de deficiência ou até toxicidade do mesmo. Entre estes extremos há uma faixa adequada para boa saúde e manutenção da integridade metabólica, havendo dentro dela ainda, outros níveis definidos usados para atender critérios específicos (BENDER, 2003). Busca-se através dos níveis mais adequados de suplementação alcançar uma boa produtividade nas criações intensivas de poedeiras.

Segundo Scott et al. (1982), a suplementação vitamínica para poedeiras comerciais é importante pois:

- ✓ As aves são pouco ou nada beneficiadas pela produção de vitaminas providas de sua microbiota intestinal. Os animais monogástricos são mais dependentes da suplementação vitamínica na dieta que os ruminantes, os quais possuem maior capacidade de sintetizar algumas vitaminas através dos microrganismos do rúmen.
- ✓ Elas possuem grande exigência nutricional devido ao requerimento metabólico de sua genética superior e alto rendimento produtivo.
- ✓ As aves criadas em sistemas intensivos se encontram alojadas em maior densidade e em condições de desafio ambiental e sanitário com maior frequência.
- ✓ As vitaminas presentes nos alimentos de origem vegetal e animal que compõem a ração não fornecem sozinhas os níveis adequados e necessários para uma dieta balanceada, além de sua variada biodisponibilidade para o animal.

Todos estes fatores exigem maior atenção para realizar adequada suplementação das vitaminas. A nutrição ótima de vitaminas é importante pois determina a suplementação baseada em não só evitar o surgimento dos primeiros sinais de deficiência, mas em proporcionar aos animais, condições de atingirem seu melhor desempenho de acordo com sua genética, ou seja, fornecendo-os uma suplementação acima dos níveis mínimos recomendados (BARROETA et al., 2013).

A constante evolução na indústria da produção animal, influenciada pela mudança do perfil do consumidor, tende cada vez mais a buscar um ambiente que proporcione melhores condições de bem-estar e saúde dos animais criados em sistema intensivo. A Europa é o continente que está mais avançado na aplicação de leis que vão banindo aos poucos o uso de antibióticos, gaiolas, entre outros métodos de criação intensiva vastamente utilizados. Países grandes exportadores como o Brasil, devido a sua dependência econômica nas exportações para estes países, contemplam um futuro de mudanças na indústria avícola em vista as exigências feitas pelo continente europeu, e também pela gradativa mudança na exigência do consumidor brasileiro. Os produtores por outro lado precisam ser competitivos no mercado na questão de

produtividade e qualidade dos produtos e para isso é necessário reavaliar as exigências de vitaminas dos animais com o intuito de proporcionar uma produção de alimentos segura e eficiente que atenda às expectativas da indústria e do consumidor (HÉRNANDEZ et al., 2013).

Fica claro que a suplementação vitamínica, apesar de sua reduzida proporção na dieta, assume impacto quando não há sua adição, podendo comprometer a produtividade de um lote de poedeiras. Portanto, é essencial conhecer sobre essas vitaminas, seu papel no organismo desses animais e sua influência no desempenho produtivo.

2.4. As vitaminas Lipossolúveis

2.4.1. Vitamina A

É um retinol, monoálcool insaturado, encontrado somente em tecidos animais. É ingerido em forma de precursores que podem ser dois: esteress de retinil e retinol ou como carotenoides de provitamina A (β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina), que variam em proporção de obtenção da vitamina A (VA) de acordo com a espécie animal. Estão presentes principalmente em vegetais de coloração verde, amarela ou laranja, e no intestino das aves os carotenos são convertidos em vitamina, armazenada principalmente no fígado (ZEMPLINI et al., 2007; BARROETA et al., 2013).

Dos mais de 500 carotenoides que já foram isolados na natureza, somente uma quantidade de 50 a 60 possuem atividade biológica, e especialmente o β -caroteno tem uma atividade de VA maior que todos os outros. A atividade de vitamina A é expressa em Unidades Internacionais (UI) que significa que uma UI possui a atividade biológica de 0,300 μ g de álcool (retinol) de VA ou 0,550 μ g de palmitato de VA (MCDOWELL, 2000).

De acordo com Barroeta et al. (2013), algumas das funções da VA no organismo do animal são:

- ✓ Prevenção da cegueira noturna (está ligada a fatores referentes à visão);
- ✓ Desenvolvimento ósseo (o ácido retinóico é necessário para o desenvolvimento do tecido ósseo);
- ✓ Reprodução;

- ✓ Manutenção do sistema imunológico
- ✓ Crescimento, diferenciação e manutenção do tecido epitelial (barreira importante contra microrganismos patogênicos);
- ✓ Fator anti-estresse (envolvimento com a resposta adrenal produzindo corticosteroides para a promoção da gliconeogênese em situações de estresse).

A digestão dos carotenoides ocorre no estômago e no duodeno onde são liberados das proteínas dietéticas através da ação da pepsina e das enzimas proteolíticas. No duodeno é onde também os sais biliares atuam reduzindo os glóbulos de gordura com carotenoides e ésteres retinil, facilitando a digestão pela lipase pancreática e outras hidrolases (ONG, 1993; ROSS, 1993; MCDOWELL, 2000).

A solubilização das micelas é importante, já que interfere na passagem também da vitamina pela mucosa intestinal. Se o retinol digerido e absorvido não for necessário imediatamente pelo organismo do animal, este é re-esterificado (vitamina A pré-formada) e armazenado no fígado ou tecido adiposo. Naber e Squires (1993) perceberam que os níveis de vitamina A armazenados no fígado de poedeiras suplementadas adequadamente foi maior quando elas se encontravam em postura, que quando em fase improdutiva, devido sua maior demanda. O turnover dos carotenoides nos tecidos é lento, mas em situação de deficiência ou maior necessidade das reservas, eles podem ser mobilizados (FAO/WHO, 2001).

2.4.2. Vitamina D

A vitamina D (VD) é do grupo dos compostos ésteres e tem atividade antirraquítica, ou seja, é utilizada na manutenção normal dos níveis de cálcio e fosfato no sangue, utilizados na composição mineral dos ossos, além da contração muscular, condução dos nervos, formação dos ovos e funções gerais das células. Se destacam nesse grupo a vitamina D₂ (ergocalciferol), produzida por plantas, fungos e leveduras, e a vitamina D₃ (colecalfiferol), produzida pelo organismo do animal através da radiação solar quando em contato com a pele, convertendo o precursor 7-deidrocolesterol na vitamina propriamente. Pelo fato de os animais terem a capacidade de produzir esta vitamina, alguns autores preferem não a classificar como vitamina de fato e se referem a ela como pro-hormônio. As poedeiras, no entanto, não produzem quantidade suficiente de VD por estarem boa parte de suas vidas dentro de galpões, e

por isso necessitarem da suplementação na dieta, que pode ser em forma de vitamina D₃ ou de vitamina D₂ (FAO/WHO, 2001; ZEMPLINI et al., 2007).

A VD não possui atividade biológica e precisa ser metabolizada e transformada em uma forma ativa responsável por controlar a homeostase do cálcio no organismo, o 1,25-dihidroxicolecalciferol. A metabolização funciona da seguinte forma: a VD produzida pela pele, ou ingerida na dieta é hidrolisada em 25-hidroxicolecalciferol (25(OH)D₃) que é liberado na corrente sanguínea. Quando este metabólito alcança os rins ocorre a segunda hidrolização se tornando enfim o hormônio 1,25-dihidroxicolecalciferol, forma ativa da vitamina D que trabalha estimulando a absorção de cálcio e fosfato no intestino, ou mobilizando-os dos ossos para a corrente sanguínea (BALL, 2006).

São poucos os alimentos que contém quantidades significativas de VD. Para os seres humanos, os ovos são ótima fonte desta vitamina, devido à eficiente transferência da vitamina ingerida pelas poedeiras, para a gema do ovo. É possível encontrar a vitamina D₃ na gema, mas também o metabólito 25(OH)D₃, estando este último em maior quantidade (BROWNING & COWIESON, 2013).

2.4.3. Vitamina E

A vitamina E (VE) possui papel importante na proteção das células do corpo contra os efeitos causados por radicais livres como principal antioxidante lipossolúvel, doando o hidrogênio do seu grupo hidroxila para os radicais livres que se tornam então não reativos. Sua função principal é proteger os fosfolipídios presentes nas membranas das células, de serem oxidados. A VE é obtida exclusivamente da dieta, e é encontrada na natureza em oito diferentes formas; quatro tocoferóis (α , β , γ e δ -tocoferóis), formas saturadas da vitamina E; e quatro tocotrienóis (α , β , γ e δ -tocotrienóis), formas insaturadas com um isoprenóide na cadeia lateral (WHO/FAO/IAEA, 1996; FAO/WHO, 2001; BARROETA et al., 2013; AHSAN et al., 2014).

A absorção da VE é consideravelmente baixa, em torno de 20 a 40% no intestino delgado e depende do funcionamento adequado das secreções biliares e da formação de micelas. Estudos indicam que há uma absorção e retenção de vitamina A no corpo em proporção muito maior que da VE, talvez por um processo de saturação desta última, à medida que se aumenta sua ingestão. As condições para uma boa absorção são as mesmas exigidas para as gorduras; emulsificação eficiente,

solubilização, absorção pelos enterócitos, incorporação aos quilomícrons e transporte para a corrente sanguínea através do sistema linfático. Os processos de absorção das diferentes formas da VE são similares, mas o α -tocoferol predomina no organismo (MCDOWELL, 2000; FAO/WHO, 2001).

Algumas das razões para a suplementação de poedeiras com níveis de vitamina E acima do mínimo recomendado são: melhoria na performance e saúde dos animais, melhoria no estado antioxidativo dos produtos produzidos, melhoria na qualidade da ração para os animais e aumento nos níveis de vitamina E nos produtos de origem animal para consumo humano (FLACHOWSKY et al., 2002). A VE é também transferida facilmente da dieta ingerida pela ave, para a gema do ovo.

2.4.4. Vitamina K

A vitamina K (VK) é composta por vários componentes chamados quinonas. Há duas formas naturais; as filoquinonas (K_1) obtidas através de plantas, e as menaquinonas (K_2), obtidas através das bactérias do intestino grosso. Há também a forma sintética da vitamina K, a menadiona ou menadiol (K_3), que possui maior atividade biológica que as demais (BENDER, 2003; BARROETA et al., 2013).

Esta vitamina se difere das demais do grupo das lipossolúveis pois além de ativar fatores de coagulação, funciona como um cofator de uma enzima, a γ -carboxiglutamilcarboxilase, a qual é necessária na reação de carboxilação envolvendo a conversão de resíduos de ácido glutâmico (Glu) em γ -carboxiglutamato (Gla). As proteínas Gla, estão envolvidas na mineralização de ossos e sistema cardiovascular, homeostase vascular, metabolismo energético, resposta imune, entre outros fatores (SHEARER & NEWMAN, 2014; BOOTH, 2009; LAURANCE et al., 2012).

Muitas pesquisas realizadas no século passado resultaram na descoberta dos fatores responsáveis pela cascata de coagulação, os fatores VII, IX, X, e a protrombina, os quais contêm o aminoácido γ -carboxiglutamato (Gla). A carboxilação ativa os fatores de coagulação a se ligarem ao cálcio, possibilitando a coagulação sanguínea pela interação destes com os fosfolipídios das membranas de plaquetas e células endoteliais (SUTTIE, 1995; SUTTIE, 1996).

Outro fator que merece destaque como função da vitamina K é o metabolismo dos ossos. Fleming et al. (1998) verificaram que um aumento da suplementação de

vitamina K de 2 para 12 mg de menadiona/kg aumentou o volume de ossos esponjosos de poedeiras com 25 semanas de idade. Fernandes et al. (2009), concluíram que a suplementação de VK para poedeiras leves na fase final de postura influenciou positivamente o desempenho e a mineralização óssea das aves, evidenciando a possível interferência da vitamina K no balanço de cálcio. Vermeer et al. (1996), mencionaram em seu trabalho que a vitamina K através do mesmo processo citado anteriormente, produz proteínas Gla ósseas (osteocalcina, proteína Gla matriz, e proteína S), das quais os osteoblastos se utilizam na formação dos ossos.

2.5. As vitaminas Hidrossolúveis

2.5.1. Vitaminas do complexo B

As vitaminas do complexo B, quando descobertas, eram classificadas como uma só vitamina devido às suas funções similares. Muitas dessas vitaminas têm função de coenzimas, moléculas orgânicas importantes no catabolismo energético dos alimentos. Essas coenzimas estão estruturalmente ligadas a uma proteína (apoenzima). A porção onde se encontra a vitamina é geralmente onde há a ligação da enzima ao substrato, e se não há vitamina, não ocorre a reação e o substrato se acumula no organismo, sendo alternativamente desviado para outras rotas. A tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, biotina, e ácido pantotênico são as que atuam principalmente como coenzimas, enquanto o ácido fólico, cobalamina, e a colina são necessárias no crescimento e manutenção de células (BALL, 2006; BARROETA et al., 2013).

A **tiamina**, foi a primeira vitamina a ser descoberta dentre todas, e por isso é chamada de vitamina B₁. A sua forma pura e isolada é a tiamina cloridrato e a metabolicamente ativa, a tiamina pirofosfato. Está presente em grãos cereais, soja, farelo de algodão, alfafa, etc., e em condições ideais de criação, somente a ração dos animais teria o aporte suficiente desta vitamina, sem a suplementação adicional. No entanto é uma vitamina muito sensível ao calor e a um pH neutro ou alcalino, ou seja, o processamento dos grãos, ou uma reação alcalina provocada pela presença de sais alcalinos poderiam destruir quase que completamente a vitamina presente no alimento (LEESON & SUMMERS, 2001).

A B₁ é uma vitamina importante no metabolismo de hidratos de carbono. Como coenzima, ativa enzimas de sistemas bioquímicos como na produção de energia através

da glicose, além de seu papel na condução de impulsos nervosos e metabolismo aeróbio (LEMOS & LEMOS, 2010). Sua principal função é a descarboxilação do piruvato a acetato, que se combina à coenzima A para entrar no ciclo de Krebs como acetil-coA, ou seja trabalha na descarboxilação oxidativa dos alfa-cetoácidos (COMBS, 2008).

Historicamente a vitamina B₂ foi descoberta em estudos pela prevenção contra a pelagra e logo após identificou-se que haviam duas frações, uma termoestável e outra termolábil. A primeira possuía capacidade de fluorescência e um fator de crescimento amarelo, **a riboflavina**. Nesta mesma fração estavam contidos também outros nutrientes, com destaque para a niacina e a vitamina B₆ (ZEMPLINI et al., 2007).

A riboflavina é formada por um sistema anel isoaloxazina ligado a ribitol, o que a faz apresentar sua cor amarelo-esverdeada e sua fluorescência. É também a precursora da flavina mononucleotídeo (FMN) e da flavina adenina dinucleotídeo (FAD). Essas flavocoenzimas participam nas reações de óxido-redução em rotas metabólicas e na produção de energia pela via respiratória, além de serem ativas na desaminação oxidativa de aminoácidos. A vitamina B₂ está presente em grãos, legumes, ovos e carnes (fígado em especial) (FAO/WHO, 2001; ADUGNA et al., 2004).

A niacina (vitamina B₃) também chamada de ácido nicotínico ou nicotinamida, sua forma ativa, é importante nos processos metabólicos assim como outras vitaminas do complexo B. As principais coenzimas de que é precursora são o NAD⁺ (nicotinamida adenina dinucleotídeo) e o NADP⁺ (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), coenzimas estas que catalisam reações químicas na via glicolítica, ciclo do ácido cítrico e via das pentoses fosfato (MAJEWSKI & LEBIEDZIŃSKA, 2014). O NAD⁺ está envolvido no catabolismo de hidratos de carbono, proteínas, gorduras, sinalização celular, entre outros, enquanto o NADP⁺, no anabolismo de reações de síntese de gorduras e colesterol (MAJEWSKI et al., 2016).

A vitamina B₃, designada desta forma por ter sido a terceira vitamina do complexo B a ser descoberta, pode ser encontrada em alimentos como nozes, sementes, legumes, cereais, vegetais de folhas verdes, ovos e carnes. A niacina presente nas plantas e em especial nos cereais, está associada a polissacarídeos e proteínas formando a niacitina, a qual apresenta reduzida biodisponibilidade da

vitamina. Esta é a única vitamina que tem um aminoácido como seu precursor, o triptofano, o qual tem a capacidade de se converter biologicamente de forma parcial à vitamina. (LAPPAS & PERMEZEL, 2011; MARIA & MOREIRA, 2011).

O ácido pantotênico, ou vitamina B₅, é parte constituinte da coenzima A (CoA) e é importante na formação da acetil coenzima A (acetil-CoA), precursor para a biossíntese e substrato chave no catabolismo de lipídios (SHIBATA et al., 2013). É importante nas reações de entrada de esqueletos de carbono de ácidos graxos, glicose e aminoácidos no ciclo do ácido cítrico. Essa coenzima também está envolvida na formação do neurotransmissor acetilcolina a partir da acetilação da colina, e na biossíntese de colesterol (LIN et al., 2012). O ácido pantotênico é encontrado naturalmente em alimentos como o arroz, farelo de trigo, sementes de girassol, mas em baixa concentração nos grãos de cereais (HAUGHEY et al., 2012).

A piridoxina, é um cofator enzimático que participa de mais de 140 reações bioquímicas no organismo dentre elas; transaminações, descarboxilações, rancemizações, reações de substituição, entre outras, sendo grande parte destas relacionadas à biossíntese e degradação de aminoácidos, além do metabolismo de açúcares e gorduras (HELLMANN & MOONEY, 2010). Vitamina B₆ é o termo genérico para seus três vitâmeros; a piridoxina, a piridoxamina, o piridoxal (forma ativa) e seus fosforilados, e são derivados da 3-hidroxi-2-metilpiridina (SKORNA et al., 2016).

A piridoxina é sintetizada apenas por fungos, bactérias e plantas, e por isso é necessária sua suplementação na dieta, além da presença da riboflavina e da niacina que são essenciais para as reações de conversão e fosforilação da vitamina em piridoxal fosfato no fígado. Ela está presente particularmente nos legumes, grãos de cereais, nozes e carnes. A deficiência por esta vitamina pode ocorrer com o avanço da idade, uma nutrição inadequada ou por doenças (DEPEINT et al., 2006; VANDERSCHUREN et al., 2013).

A biotina (vitamina B₇) é uma coenzima de enzimas carboxilase que desempenha papel importante em reações de carboxilação, descarboxilação e transcarboxilação, as quais estão envolvidas na síntese de ácidos graxos, gliconeogênese e na degradação de aminoácidos. Esta é uma vitamina sintetizada

apenas por microrganismos e plantas e por isso precisa também ser suplementada na dieta (SATIAPUTRA et al., 2016; YE et al., 2016).

A vitamina B₇ foi identificada pela primeira vez como um exigência nutritiva para leveduras e reconhecida como vitamina após experimentos com ratos recebendo claras de ovos cruas, os quais desenvolveram sintomas de deficiência e foram curados por um “fator x” encontrado no fígado, a biotina. Foi descoberto posteriormente que a clara de ovo crua possuía uma glicoproteína, a avidina, a qual se complexa com a biotina impedindo sua absorção (BOAS, 1927; ZEMPLINI & KUROISHI, 2012)

O ácido fólico (vitamina B₉) é uma vitamina que foi desenvolvida nos anos 40, isolada do espinafre para o tratamento de anemia. Logo após, o composto foi sintetizado em uma forma cristalina pura. O ácido fólico é composto por um anel pteridina, um ácido paramino-benzoico e um ácido glutâmico e por isso é chamado de ácido pteroil-glutâmico, e se apresenta quimicamente diferente dos folatos encontrados na natureza. O ácido fólico não está presente naturalmente nos alimentos e por esta razão é sintetizado comercialmente como suplemento ou fortificante. Folato é uma nomenclatura genérica usada para denominar uma família de compostos que compartilham uma mesma atividade vitamínica, ou seja, os folatos naturais e a vitamina B₉. Os folatos são conhecidos por terem um papel na biossíntese de purinas e timina, além da reparação do DNA e a re-metilação de homocisteína para produzir metionina (HOFFBRAND & WEIR, 2001; CHAN et al., 2013).

A cobalamina (vitamina B₁₂) possui funções importantes na reprodução celular, síntese de nucleoproteínas (DNA), hematopoiese e na mielinização do sistema nervoso central. No organismo é convertida à coenzima B₁₂, participando de reações bioquímicas básicas, como cofator com a piridoxina e com o ácido fólico na síntese de metionina a partir da homocisteína e também como cofator exclusivo na conversão de L-metilmalonil-CoA em succinil-CoA (LE GUENNO & QUILLIOT, 2014; ZAMUNER et al., 2014). Esta vitamina B₁₂ é a única das vitaminas com ligação a um elemento traço, o cobalto (Co) e é produzida apenas por microrganismos. Possui duas formas ativas; a adenosilcobalamina e a metilcobalamina (CHENG et al., 2016).

A colina é um nutriente essencial, as vezes não considerado como vitamina por não apresentar a clássica caracterização de uma vitamina propriamente dita. É sintetizada no fígado e exigida em maior quantidade que as demais. A colina foi

considerada um nutriente essencial até mesmo antes da descoberta das vitaminas, sendo isolada da bile de suínos e classificada estruturalmente como uma amina quaternária. Ela é um constituinte ativo da lecitina purificada (LEESON & SUMMERS, 2001).

A colina pode se apresentar de três diferentes formas; como colina livre, lecitina ou como lecitina em fosfolipídeos. Tem como função ser precursora da acetilcolina (neurotransmissor), e da betaína, doando grupos metil para as reações de metilação e produção da metionina. É componente da fosfatidina (elemento estrutural da membrana celular), atua na transmissão de impulsos nervosos e na utilização de lipídeos (VIEIRA et al., 2001).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUGNA, S.; AHUJA, L.; ALEMU, M. et al. **Medical Biochemistry: lecture notes**. EPHTI. 253 p., 2004.

AHSAN, H.; AHAD, A.; IQBAL, J. et al. Pharmacological potential of tocotrienols: a review. **Nutrition & Metabolism**, v. 11, n. 52, p. 1-22, 2014.

APPLEGATE, T. J.; ANGEL, R. Nutrient requirements of poultry publication: History and need for an update. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, p.567-575, 2014.

ASADUZZAMAN, M.; JAHAN, M.S.; MONDOL, M.R. et al. Efficacy of different commercial vitamin-mineral premixes on productive performance of caged laying pullets. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 8, p. 589-595, 2005..

BALL, G. F. M. **Water-soluble vitamin assays in human nutrition**. London: Chapman & Hall. 416 p., 1994.

BALL, G. F. M. **Vitamins in foods: analysis, bioavailability and stability**. Boca Raton: CRC press. 156 p., 2006.

BARROETA, A. C. et al. **Optimum Vitamin Nutrition**. Sheffield, Reino Unido: 5M Publishing. 385 p., 2013.

BENDER, D. A. **Nutritional Biochemistry of the Vitamins**. Cambridge: Cambridge University Press. 488 p., 2003.

BISWAS, A.; MOHAN, J.; SASTRY, K. V. H. Effect of Vitamin E on Production Performance and Egg Quality Traits in Indian Native Kadaknath Hen. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 3, p. 396-400, 2010.

BOAS, M. A. The Effect of Desiccation upon the Nutritive Properties of Egg-white. **Biochemical Journal**, v. 21, n. 3, p. 712-724.1, 1927.

BOOTH, S. L. Roles for vitamin K beyond coagulation. **Annual Review of Nutrition** v. 29, p. 89-110, 2009.

BROWNING, L. C.; COWIESON, A. J. Vitamin D fortification of eggs for human health. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 94, p. 1389-1396, 2013.

CHAN, Y.-M.; BAILEY, R.; O'CONNOR, D. L. Folate. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 123–125, 2013.

CHENG, Z.; YAMAMOTO, H.; BAUER, C. E. Cobalamin's (Vitamin B12) Surprising Function as a Photoreceptor. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 41, n. 8, p. 647-650, 2016.

COMBS, G. F. **The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health**. Burlington, USA: Elsevier Academic Press. 583 p., 2008.

DEPEINT, F. BRUCE, W. R.; SHANGARI, N. et al. Mitochondrial function and toxicity: Role of B vitamins on the one-carbon transfer pathways. **Chemico-Biological Interactions**, v. 163, n. 1–2, p. 113-132, 2006.

FAO/WHO. **Human Vitamin and Mineral Requirements**. Bangkok, Tailândia: Food and Nutrition Division. 286 p., 2001.

FERNANDES, J. I. M.; MURAKAMI, A.E.; SCAPINELLO, C. et al. Effect of vitamin K on bone integrity and eggshell quality of white hen at the final phase of the laying cycle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.3, p. 488-492, 2009.

FLACHOWSKY, G.; ENGELMAN, D.; SUNDER, A. et al. Eggs and poultry meat as tocopherol sources in dependence on tocopherol supplementation of poultry diets. **Food Research International**, v. 35, p. 239-243, 2002.

FLEMING, R. A.; MCCORMACK, H. A.; WHITEHEAD, C. C. Bone structure and strength at different ages in laying hens and effects of dietary particulate limestone, vitamin K and ascorbic acid. **British Poultry Science**. v. 39, n.3, p. 434-440, 1998.

HAUGHEY, S. A.; ELLIOTT, C. T.; OPLATOWSKA, M. et al. Production of a monoclonal antibody and its application in an optical biosensor based assay for the quantitative measurement of pantothenic acid (vitamin B5) in foodstuffs. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 540-545, 2012.

HELLMANN, H.; MOONEY, S. Vitamin B6: A Molecule for Human Health? **Molecules**, v. 15, n. 1, p. 442, 2010.

HÉRNANDEZ, J. M.; WEBER, G.; SOTO-SALANOVA, M. F. The importance of optimum vitamin nutrition for the food chain. In: BARROETA, A. C. et.al. (Ed.). **Optimum Vitamin Nutrition**. Sheffield, Reino Unido: 5M Publishing, 385 p., 2013.

HOFFBRAND, A. V.; WEIR, D. G. The history of folic acid. **British Journal of Haematology**, v. 113, n. 3, p. 579-589, 2001.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium and Carotenoids**. Washington DC: National Academy of Sciences, 506 p., 2000.

LAPPAS, M.; PERMEZEL, M. The anti-inflammatory and antioxidative effects of nicotinamide, a vitamin B3 derivative, are elicited by FoxO3 in human gestational tissues: implications for preterm birth. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 22, n. 12, p. 1195-1201, 2011.

LAURANCE, S.; LEMARIÉ, C. A.; BLOSTEIN, M. D. Growth arrest-specific gene 6 (gas 6) and vascular hemostasis. **Advances in Nutrition**, v. 3, p. 196–203, 2012.

LE GUENNO, G.; QUILLIOT, D. Conduite à tenir devant une carence en vitamine B12 (cobalamine). **Nutrition Clinique et Métabolisme**, v. 28, n. 2, p. 130-134, 2014.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the Chicken**. Guelph, Canada: University Books, 591p., 2001.

LEMOS, J. H. P.; LEMOS, A. L. A. **Vitamina B1**. Diagnóstico e Tratamento, v.15, p. 69-70, 2010.

LIN, H.; WANG, L. F.; SONG, J. L. et al. Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on the egg production and immune responses of heat-stressed laying hens. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 458-465, 2002.

LIN, Y. H.; LIN, H. Y.; SHIAU, S. Y. Estimation of dietary pantothenic acid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus* according to physiological and biochemical parameters. **Aquaculture**, v. 324–325, p. 92-96, 2012.

MAJEWSKI, M.; KOZŁOWSKA, A.; LEBIEDZIŃSKA, A. et al. Variations of niacin content with regard to carbohydrates in energy-rich diets of elite european athletes and their relation with dietary RDA. **Journal of Elementology**, v. 21, n. 3, p. 745-755, 2016.

MAJEWSKI, M.; LEBIEDZIŃSKA, A. The evaluation of selected shellfish as a source of niacin in nutrition and therapy of modern human. **Polish Annals of Medicine**, v. 21, n. 1, p. 14-19, 2014.

MARIA, C. A. B. D.; MOREIRA, R. F. A. A intrigante bioquímica da niacina: uma revisão crítica. **Química Nova**, v. 34, p. 1739-1752, 2011.

MAZZUCO, H. Vitaminas: funções metabólicas e exigências nutricionais para poedeiras comerciais. **Agrosoft Brasil**, p. 1-3, 2006.

MCDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition**. Iowa: Iowa State University Press. 793 p., 2000.

NABER, E. C.; SQUIRES, M. W. Research note: early detection of the absence of a vitamin premix in layer diets by egg albumen riboflavin analysis. **Poultry Science**, v. 72, p. 1989-1993, 1993.

NOBAKHT, A. Effect of different levels of mineral and vitamin premix on laying hens performance during the first laying phase. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, p. 883-886, 2014.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994**. Washington, DC: The National Academies Press, 176p., 1994.

ONG, D. E. Retinoid metabolism during intestinal absorption. **Journal of Nutrition**, v. 123, p. 351-355, 1993.

PAIXÃO, J. A. D.; STAMFORD, T. L. M. Vitaminas lipossolúveis em alimentos : uma abordagem analítica. **Química Nova**, v. 27, p. 96-105, 2004.

ROSS, A. C. Overview of retinoid metabolism. **Journal of Nutrition**, v. 123, p. 346-350, 1993.

ROSTAGNO, H. S.; DA SILVA, C. R.; BRITO, C. O. ET AL. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2011. 252.

SATIAPUTRA, J.; SHEARWIN, K. E.; BOOKER, G. W. et al. Mechanisms of biotin-regulated gene expression in microbes. **Synthetic and Systems Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 17-24, 2016.

SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. C.; YOUNG, R. J. **Nutrition of the Chicken**. Scott, Ithaca, NY, USA: 119p., 1982.

SHEARER, M. J.; NEWMAN, P. Recent trends in the metabolism and cell biology of vitamin K with special reference to vitamin K cycling and menaquinone-4 biosynthesis **Journal of Lipid Research**, v. 55, p. 345-362, 2014.

SHIBATA, K. FUKUWATARI, T.; HIGASHIYAMA, S. et al. Pantothenic acid refeeding diminishes the liver, perinephric fats, and plasma fats accumulated by pantothenic acid deficiency and/or ethanol consumption. **Nutrition**, v. 29, n. 5, p. 796-801, 2013.

SKORNA, P. RIMARCÍK, J.; POLIAK, P. et al. Thermodynamic study of vitamin B6 antioxidant potential. **Computational and Theoretical Chemistry**, v. 1077, p. 32-38, 2016.

SUTTIE, J. W. The importance of menaquinones in human nutrition. **Annual Review of Nutrition**, v.15, p. 399-417, 1995.

SUTTIE, J. W. Vitamin K. In: ZIEGLER, E. E. e FILER JR., L. J. (Ed.). **Present knowledge in nutrition**: ILSI Press, p.137-145., 1996.

VANDERSCHUREN, H. BOYCHEVA, S.; LI, K. et al. Strategies for vitamin B6 biofortification of plants: a dual role as a micronutrient and a stress protectant. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 143, p. 1-7, 2013.

VERMEER, C.; GIJSBERS, B.L.M.G.; CRACIUN, A.M. et al. Effects of vitamin K on bone mass and bone metabolism. **Journal of Nutrition**, v. 126, n.4, p. 1187-1191, 1996.

VIEIRA, I.; CYRINO, J. E. P.; PEZZATO, L. E. Colina e betaína em rações purificadas na nutrição da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Scientia Agricola**, v. 58, p. 675-680, 2001.

WHO/FAO/IAEA. **Trace elements in human nutrition and health**. Geneva: World Health Organization, 343 p., 1996.

YE, H.; CAI, M.; ZHANG, H. et al. Functional definition of BirA suggests a biotin utilization pathway in the zoonotic pathogen *Streptococcus suis*. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-11, 2016.

ZAMUNER, M. B. M.; GONZÁLEZ, V.; ABAD, A. et al. Cianocobalamina inhalada: una alternativa terapéutica eficaz y segura. **Nutrición Hospitalaria**, v. 30, p. 462-465, 2014.

ZEMPLINI, J.; KUROISHI, T. Biotin. **Advances in Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 213-214, 2012.

ZEMPLINI, J. et al. **Handbook of Vitamins**. CRC Press, 593p., 2007.

CAPÍTULO I

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS EM DIETAS PARA POEDEIRAS LEVES DE 28 A 44 SEMANAS DE IDADE

RESUMO

Objetivou-se avaliar os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis para galinhas poedeiras com base na resposta do desempenho animal e na qualidade de ovos. O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas 300 poedeiras da marca comercial Hy Line White W-36, no período de 28 a 44 semanas de idade. As aves foram distribuídas em gaiolas com 18 semanas de idade, manejadas e alimentadas de acordo com as recomendações para a fase até serem utilizadas em período experimental com 28 semanas de idade. A distribuição foi em blocos casualizados; com 2 blocos devido ao peso (leves: $1,28 \pm 0,03$ kg; pesadas: $1,44 \pm 0,04$ kg); 6 tratamentos; 10 repetições e 5 galinhas por unidade experimental. Os parâmetros de desempenho e de qualidade de ovo foram avaliados durante 4 períodos de 28 dias. As dietas experimentais foram isonutritivas; a dieta basal foi constituída à base de milho e de farelo de soja, formulada para atender as exigências nutricionais dos animais, com exceção das vitaminas lipossolúveis. As galinhas receberam ração e água à vontade e 17 horas de luz durante todo o período experimental. Os tratamentos foram de 0,0%; 33,3%; 66,7%; 100,0%; 133,3% e 166,7% da recomendação (7500 UI, 2000 UI, 10 UI, e 1,8 mg de vitamina A, D₃, E e K por quilo de ração, respectivamente) de suplementação de vitaminas lipossolúveis. Houve efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) para o consumo de ração, peso de ovo, conversão alimentar por massa de ovo, conversão alimentar por dúzia de ovos, porcentagem de casca, espessura de casca e resistência de casca, que apresentaram resposta quadrática, e para massa de ovo, que apresentou resposta linear. Os melhores resultados alcançados foram obtidos com nível de suplementação de 109% da recomendação, representando 8175 UI de vitamina A, 2180 UI de vitamina D₃, 10,9 UI de vitamina E e 1,96 mg de vitamina K.

PALAVRAS-CHAVE: suplementação vitamínica, desempenho, peso de ovo

SUPPLEMENTATION OF FAT SOLUBLE VITAMINS IN DIETS FOR LIGHT LAYING HENS WITH 28 TO 44 WEEKS OF AGE

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the supplementation levels of fat-soluble vitamins for laying hens based on animal performance response and quality of eggs. The experiment was conducted in the Animal Science Department poultry sector of the Universidade Federal de Viçosa (UFV). A total of 300 HyLine White W-36 laying hens between 28-44 weeks of age were used. Before the experimental test, a basal diet was offered, and the birds were handled according to the phase recommendations from 18 to 28 weeks of age. When they got 28 weeks of age, they were distributed in a randomized block design with 2 blocks due to the weight (light: $1,28 \pm 0,03$ kg; heavy: $1,44 \pm 0,04$ kg); 6 treatments; 10 repetitions and 5 hens each. The performance parameters and egg quality were evaluated during 4 periods of 28 days. The experimental diets were isonutritive and basal diet was made based on corn and soybean meal formulated to meet the nutritional requirements of animals, with the exception of fat soluble vitamins. Hens were given ad libitum feed and water and 17 hours of light during the experimental period. The treatments were 0%; 33,3%; 66,7%; 100,0%; 133,3% and 166,7% of vitamin supplementation recommendation (7500 IU, 2000 IU, 10 IU, and 1,8 mg of vitamin A, D₃, E and K per kilogram of feed, respectively). There was treatment effects ($P < 0,05$) for feed intake, egg weight, feed conversion by egg mass, feed conversion per dozen eggs, eggshell percentage, shell thickness and shell strength, which showed linear and quadratic response, otherwise egg mass showed a linear response. The best results were obtained with an average supplementation level of 109% of recommendation, representing 8175 IU of vitamin A, 2180 IU of vitamin D₃, 1,9 IU of vitamin E and 1,96 mg of vitamin K.

KEYWORDS: vitamin supplementation, performance, egg weight

INTRODUÇÃO

As vitaminas são nutrientes que foram descobertos no início do século XX, necessários em pequenas quantidades (mg ou µg) e sintetizadas ou não pelo próprio organismo do animal. São classificadas por suas funções fisiológicas no organismo e manutenção da saúde, diferentemente de outros nutrientes (carboidratos, proteínas ou lipídeos), que o são por sua forma química. Nem todas vitaminas são produzidas em quantidade suficiente pelo organismo do animal (produção endógena limitada) ou por microrganismos presentes no intestino, e por isso necessitam ser suplementadas na dieta. Elas são essenciais para as diferentes fases de desenvolvimento da ave, e sua ausência na dieta, ou a sua baixa absorção, pode desencadear sinais de deficiência metabólica (MAZZUCO, 2006; BARROETA et al., 2013).

As vitaminas lipossolúveis possuem papel primordial no metabolismo das aves. Elas são classificadas de acordo com sua solubilidade, ou seja, por sua afinidade por moléculas lipídicas, e são denominadas em vitaminas A, D, E e K. Elas são digeridas e absorvidas pela mesma rota que as gorduras por estarem associadas aos lipídeos dos alimentos, e são armazenadas em tecidos como o fígado e tecido adiposo (BARROETA et al., 2013). É devido a essa capacidade de armazenamento que as vitaminas lipossolúveis são eliminadas mais lentamente do organismo e apresentam maior possibilidade de intoxicação por consumo excessivo (BELLOWS & MOORE, 2012).

De acordo com Rostagno et al. (2011), os níveis de suplementação recomendados para garantir um bom desempenho são de 7500 UI de vitamina A; 2000 UI de vitamina D₃; 10 UI de vitamina E e 1,8 mg de vitamina K por quilo de ração. O NRC (1994) informa a exigência de suplementação de 2500 UI; 250 UI; 4 UI e 0,4 mg de vitamina A, D₃, E e K, respectivamente, por quilo de ração. O manual da linhagem Hy-line W-36 (Hy-Line, 2015) recomenda 8000 UI; 3300 UI; 20 g e 2,5 g por quilo de ração das vitaminas A, D₃, E e K. Os níveis de inclusão variam bastante entre tabelas de recomendação, manuais de linhagens e recomendações por empresas. Os requerimentos publicados pelo NRC em especial apresentam valores mínimos para evitar deficiências vitamínicas, não considerando o necessário para uma boa produtividade.

Segundo o NRC (1994), a suplementação de vitaminas utilizada em dietas para aves se encontra, com frequência, acima da recomendação mínima. Em sistemas de criação de poedeiras ocorre essa adição de vitaminas em níveis acima do recomendado com o objetivo de garantir o atendimento das exigências das aves, as quais se encontram constantemente em condição de estresse, necessitando de maior aporte vitamínico.

Ainda existem questionamentos quanto aos níveis ótimos que devem ser utilizados para melhores resultados no sistema intensivo de criação de poedeiras, ou seja, para o alcance do máximo potencial de desempenho que a genética das linhagens atuais possibilita. No entanto pesquisas científicas sobre o tema ainda são escassas. Com isso, objetivou-se avaliar os níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis para galinhas poedeiras de 28 a 44 semanas de idade, com base na resposta do desempenho animal e na qualidade de ovos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa/MG, no período de 17 de Janeiro à 9 de Maio de 2015, e aprovado pelo Comitê de Ética no uso de Animais de Produção/ (CEUAP) da UFV, processo nº 057/2015.

Foram utilizadas 300 poedeiras da marca comercial Hy Line White W-36, no período de 28 a 44 semanas de idade. As aves foram adquiridas com 18 semanas de idade, distribuídas em gaiolas, manejadas de acordo com o manual da linhagem (HY-LINE, 2015), e alimentadas com ração formulada seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011) para a fase, até entrarem em período experimental com 28 semanas de idade. Elas foram alojadas em galpão de alvenaria de pé direito de 1,8m de altura com cobertura de telhas de barro em duas águas, equipado com gaiolas de postura convencional (25x45x40 cm) com 2 aves por gaiola, dispostas em duas fileiras sobrepostas e um corredor central de 1,5 m de largura entre as fileiras de gaiolas. As galinhas receberam ração e água à vontade e 17 horas de luz durante todo o período experimental, respeitando as recomendações de manejo do manual da linhagem.

As aves foram distribuídas em blocos casualizados com 2 blocos devido ao peso (leves: $1,28 \pm 0,03$ kg; pesadas: $1,44 \pm 0,04$ kg), 6 tratamentos, 10 repetições e 5 galinhas por unidade experimental. Os parâmetros de desempenho e de qualidade de ovo foram avaliados durante 4 períodos de 28 dias.

As dietas experimentais foram isonutritivas; a dieta basal foi constituída à base de milho e de farelo de soja, formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com Rostagno et al. (2011) (Tabela 1), com exceção das vitaminas lipossolúveis (Tabela 2). A inclusão das vitaminas hidrossolúveis foi fixada no maior nível dos tratamentos (166,7% da recomendação de Rostagno et al., 2011), para evitar interferência por deficiência vitamínica. Os tratamentos foram constituídos de 0%; 33,3%; 66,7%; 100%; 133,3% e 166,7% (Tabela 3) da recomendação de suplementação vitamínica apresentada por Rostagno et al. (2011) de: 7500 UI de Vitamina A, 2000 UI de Vitamina D₃, 10 UI de Vitamina E, e 1,8 UI de Vitamina K₃ por quilo de ração.

Tabela 1. Composição da dieta basal utilizada, na matéria natural.

Ingredientes	Inclusão na dieta (%)
Milho	54,98
Farelo de soja 45%	24,62
Farelo de glúten de Milho 60%	3,500
Óleo de Soja	3,640
Sal	0,570
Calcário Calcítico	10,23
Fosfato Bicálcico	1,260
L-Lisina HCl, 79%	0,123
DL-Metionina, 99%	0,276
L-Treonina, 98%	0,057
L-Valina, 98,5%	0,065
Suplemento Vitamínico (fixo) ¹	0,167
Suplemento Mineral ²	0,110
Suplemento Vitamínico + amido (variável) ³	0,356
Antioxidante ⁴	0,010
Total	100,00
Composição calculada	
EM, kcal/kg	2,900
Proteína bruta, %	17,99
Cálcio, %	4,320
Fósforo disponível,%	0,323
Sódio %	0,242
Lisina digestível, %	0,866
Treonina digestível, %	0,199
Met. + Cis. digestível,%	0,788
Triptofano digestível, %	0,199
Leucina digestível, %	1,643
Valina digestível, %	0,823
Gli+ Ser digestível, %	1,454

¹Conteúdo por kg de ração: Vit. B₁, 1,5 mg; Vit. B₂, 4 mg; Vit. B₆, 1,7mg; Vit.B₁₂, 0,013mg; Ác. Pantotênico, 10 mg; Ác. Nicotínico, 25mg; Ác. Fólico, 0,5 mg; Biotina, 0,05mg; Colina, 0,43 mg.

²Conteúdo por kg de ração: Cobre, 10 mg; Ferro, 50 mg; Iodo 1 mg; Manganês, 70 mg; Selênio, 0,3 mg; Zinco, 65 mg.

³Conteúdo por kg de ração: Vit. A, 7,5 UI; Vit. D₃ 2,0UI; Vit. E, 10 UI, Vit. K₃, 1,8 mg

⁴Butil-hidroxi-tolueno (BHT).

Tabela 2. Inclusão do suplemento de Vitaminas Lipossolúveis por tratamento (Quilo de suplemento por 100kg de ração).

Suplemento	Tratamentos					
	0%	33,3%	66,7%	100% ¹	133,3%	166,7%
Vit. Lipossolúveis (variável)	0,000	0,033	0,067	0,100	0,133	0,167
Vit. Hidrodrossolúveis (fixo)	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167

¹ Recomendação das Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2011) = 100%

Tabela 3. Níveis de suplementação vitaminas lipossolúveis adicionadas às dietas (quantidade por kg de ração).

Vitaminas	Unidade	Tratamentos					
		0%	33,3%	66,7%	100% ¹	133,3%	166,7%
A	UI	0	2497,5	5002,5	7500	9997,5	12502,5
D3	UI	0	666,0	1334,0	2000	2666,0	3334
E	UI	0	3,3	6,7	10	13,3	16,67
K3	mg	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0

¹ Recomendação das Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2011) = 100%

A temperatura do ar foi aferida diariamente através de termômetro de bulbo, localizado em diferentes pontos do galpão na mesma altura das aves, para obtenção das máximas e mínimas de temperatura em graus Celsius (°C) durante o experimento (Tabela 4).

Tabela 4. Temperaturas ambientais médias (máxima e mínima) registradas no galpão durante os períodos experimentais, em graus Celsius.

Semanas de idade	Temp. Máxima	Temp. Mínima
28-32	32,2	20,7
32-36	32,8	20,3
36-40	30,0	19,8
40-44	28,2	18,4
Média	30,8	19,8

As temperaturas mínima e máxima foram de e 19,8 e 30,8°C em média. A temperatura média para aves com 28 a 44 semanas de idade deve estar entre 20 e 25°C

segundo o manual da linhagem (HY-LINE, 2015). Pode-se inferir que os animais se encontraram em condição ambiental fora de sua termoneutralidade durante o período experimental.

Os seguintes parâmetros foram avaliados:

- **Ganho de peso:** Peso inicial das aves menos o peso ao final do experimento.
- **Consumo de ração:** em g/ave/dia, foi determinado por diferença entre peso da ração fornecida e o peso da sobra de ração nos comedouros e recipientes. Tal cálculo foi efetuado a cada período de 28 dias, considerando a correção pela data da mortalidade e número de aves mortas, sem a pesagem da sobra de ração, como descrito por Sakomura & Rostagno (2016):

$$\text{➤ } N.de\text{ aves corrigido} = \frac{(n \times nA) + (n \times nP)}{t}$$

$$\text{➤ } CR = \frac{r-s}{N.de\text{ aves corrigido}}$$

$$\text{➤ } CR(g/ave/d) = \frac{CR}{28} \times 1000$$

Em que,

n= Número de aves

nA= Número de dias do período, antes da morte

nP= Número de dias do período, após a morte

t= Total de dias do período

CR= Consumo de ração

r= Ração fornecida no início do período

s= Sobra de ração no fim do período

- **Produção de ovos:** em cada período de 28 dias, foram calculadas as percentagens de ovos/ave/dia, dividindo-se o total de ovos produzidos pelo número de aves de cada parcela, e pelo número de dias vezes 100. Os ovos foram coletados diariamente às 16 horas.
- **Peso dos ovos:** Todos os ovos íntegros nos cinco últimos dias de cada período experimental foram pesados, em balança de precisão de 0,001 g, para o cálculo do peso médio dos ovos.

- **Massa de ovos:** Foi calculada utilizando o produto da percentagem de postura pelo peso médio dos ovos dividido por cem, obtendo ao final uma média dos quatro períodos.
- **Conversão alimentar:** A conversão alimentar por massa de ovos foi calculada pela relação entre o consumo médio de ração das aves (g) pela massa de ovo produzida (g). E a conversão por dúzia de ovos foi calculada pela relação do total de ração consumida no período (kg) pelo número de dúzias produzidas no mesmo período.
- **Qualidade interna de ovos (unidade Haugh):** A aferição foi realizada no laboratório de análises de ovos do centro de pesquisas da Agrocere Multimix em Patrocínio/MG, utilizando-se a máquina EggTester®, nos dois últimos períodos do experimento. Os ovos foram pesados e então quebrados em uma superfície onde foi medida a altura do albúmen espesso através de um micrômetro. A máquina relaciona a altura do albúmen ao peso do ovo através da fórmula apresentada em seguida. Quanto maior o valor da UH, melhor a qualidade do ovo.

$$UH = 100 * \log_{10}(h - 1,7 w^{0,37} + 7,6)$$

Em que,

HU= Unidade Haugh

h= altura do albúmen em milímetros

w= peso do ovo em gramas

- **Qualidade externa de ovos (gravidade específica):** Amostras de ovos íntegros foram coletadas nos dois últimos dias de cada período, os quais foram avaliados a partir da imersão dos mesmos em soluções de NaCl com densidades variando de 1,050 a 1,100 g/cm³ em gradiente de 0,005 entre as densidades. Um densímetro foi utilizado para a determinação dos valores e a densidade medida foi expressa em g/cm³ (FREITAS et al., 2004).
- **Componente de ovos:** Foi realizado uma vez a cada período, retirando-se a amostras de ovos durante 2 dias consecutivos ao fim de cada período. Os ovos foram quebrados e separadas as gemas do albúmen. As gemas de cada unidade experimental foram pesadas em conjunto para obter a média do peso. As cascas foram lavadas e secas em estufa de ventilação forçada a 60°C e posteriormente pesadas da mesma forma para cálculo das médias de peso de casca. A média

de peso do albúmen foi calculada por diferença (AHN et al., 1997). Esses procedimentos foram realizados para se obter as medidas de rendimento de ovos:

- **Porcentagem de gema:** relação do peso médio do ovo pelo peso médio das gemas
 - **Porcentagem de albúmen:** relação do peso médio do ovo pelo peso médio do albúmen.
 - **Porcentagem de casca:** relação do peso médio do ovo pelo peso médio da casca.
-
- **Resistência de casca:** Foram coletadas amostras de ovos íntegros nos dois últimos dias de cada um dos dois últimos períodos. A resistência requerida através da compressão das extremidades do ovo até a rachadura da casca foi aferida através da máquina Egg Tester ® e expressa em unidade Newton (N) de força.
 - **Espessura de casca:** Os ovos coletados nos dois últimos dias de cada um dos dois últimos períodos para análise da qualidade de ovo também tiveram sua espessura de casca medida através de um paquímetro, e expressos em milímetros (mm).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS 9.4 (SAS INSTITUTE, 2012). Utilizou-se o modelo de contrastes de polinômios ortogonais para realizar a análise de variância e estimar as equações de regressão dos dados experimentais. Considerou-se apenas as equações linear e quadrática para interpretação dos resultados quando o $P < 0,05$, por sua melhor adequação biológica ao experimento. Foram calculados os níveis ótimos (ponto de inflexão da curva) de suplementação para as variáveis de comportamento quadrático segundo descrito por Sakomura & Rostagno (2016). Os valores de recomendação foram definidos a partir dos níveis melhor representados pelo modelo. Foram aplicadas as análises de LRP (Linear response plateau) e também 95% de limite de confiança sobre os dados deste trabalho, no entanto os modelos não se apresentaram os mais adequados para os dados observados, e, portanto, não foram utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para consumo de ração (CR), taxa de postura (TP), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO), perda de peso (PP), conversão alimentar por massa de ovo (CMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CDZ) se encontram na tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros de desempenho de galinhas poedeiras leves de 28 a 44 semanas de idade, suplementadas com diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis.

Níveis de vitaminas (%)	Parâmetros						
	CR (g/ave/dia) ³	TP (%) ⁴	PO (g) ⁵	MO (g) ⁶	PP (g/ave) ⁷	CMO (g/g) ⁸	CDZ (kg/dz) ⁹
0,0	76,58±1,10	88,07±1,36	58,46±0,29	51,45±0,89	140,3±19,9	1,511±0,03	1,060±0,02
33,3	89,24±1,00	91,16±1,27	59,39±0,48	54,16±1,09	132,0±12,5	1,676±0,04	1,199±0,02
66,7	90,66±1,59	92,38±0,66	57,88±0,35	53,43±0,39	132,2±8,2	1,705±0,04	1,265±0,04
100,0	91,16±1,50	91,61±1,21	58,16±0,49	53,27±0,92	134,6±14,9	1,720±0,03	1,295±0,03
133,3	91,40±1,70	92,81±0,77	58,58±0,48	54,35±0,66	131,0 ±16,5	1,682±0,02	1,186±0,02
166,7	92,40±1,23	92,35±0,71	60,13±0,48	55,40±0,49	129,0±11,0	1,678±0,02	1,230±0,03
Valor de P ¹	<0,01 ^Q	0,049 ^Q	<0,01 ^Q	<0,01 ^L	0,898	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q
CV (%) ²	4,33	3,35	2,19	4,04	33,28	5,98	7,10

^{1,2} Q = resposta quadrática, L = resposta linear, CV = coeficiente de variação.

^{3,4,5,6,7,8,9} CR=consumo de ração, TP=taxa de postura, PO=peso de ovo, MO=massa de ovo, GP=ganho de peso, CMO=conversão alimentar por massa de ovo, CDZ=conversão alimentar por dúzia de ovos.

Não houve diferença para o PP ($P>0,05$), no entanto as aves de todos os tratamentos tiveram perda de peso. Houve efeito quadrático ($P<0,05$) dos níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis sobre os parâmetros de CR, TP e PO, e efeito linear significativo ($P<0,05$) para o parâmetro MO, no qual se pode inferir que quanto maior o nível de inclusão de vitaminas, maior a massa de ovo. Os animais que não receberam suplementação vitamínica (0% de inclusão), apresentaram os piores resultados de CR, TP e MO. O nível ótimo calculado para um melhor CR foi o de 121,05% correspondente a 9078,75; 2421 e 12,11 UI de vitaminas A, D e E respectivamente e 2,18 mg de vitamina K por quilo de ração. Para TP o nível ótimo foi de 116,17% equivalente a 8712,75; 2323,4 e 11,62 UI de vitaminas A, D e E, e 2,09 mg de vit. K por quilo de ração. Para PO o nível ótimo foi de 59,5% de inclusão vitamínica, correspondente a 4462,5; 1190 e 5,95 UI de vitaminas A, D e E respectivamente, e 1,07 mg de vitamina K por quilo de ração.

Também foi possível observar efeito quadrático para CMO e CDZ em que maiores níveis de suplementação resultaram em melhoria nas médias de conversão, ou seja, maiores níveis de suplementação resultaram em menor conversão. A CMO e a CDZ se encontraram mais baixas no tratamento 0% de inclusão de vitaminas lipossolúveis (VL) em comparação aos demais. O nível que proporcionou melhor resultado para cada parâmetro foi o da adição de 92,5% de suplemento vitamínico para CMO, que corresponde a 6937,5; 1850 e 9,25 UI de vitaminas A, D e E, e 1,665 mg de vitamina K por quilo de ração, e de 97,5% de suplementação para CDZ, equivalente a uma adição de 7312,5; 1950 e 9,75 UI de vitaminas A, D e E e de 1,755 mg de vitamina K por quilo de ração.

A perda de peso (PP) verificada pode ter ocorrido devido ao estresse térmico que as aves estiveram submetidas. Felver-Gant et al. (2014) relataram em seu experimento que poedeiras Leghorn com 32 semanas de idade submetidas a estresse térmico de 33°C por 8 dias apresentaram perda de peso. Segundo Rostagno et al. (2011), poedeiras leves criadas sob condições normais, pesando em média 1,5kg e recebendo uma ração de 2900kcal/kg de EM, costumam ganhar 1g de peso por dia. No entanto, as aves perderam cerca de 1,2 g por dia.

O aumento nos níveis de suplementação de vitaminas lipossolúveis promoveram aumento nos parâmetros de CR, TP, PO e MO. Lin et al. (2002), suplementando poedeiras desafiadas com o vírus de Newcastle e em estresse térmico, com dois diferentes níveis de vitamina A (3000 e 9000 UI) observaram efeito significativo para consumo e taxa de postura das aves para a suplementação de maior inclusão de vitamina. Persia et al. (2013) testando níveis altos de suplementação de vitamina D encontraram efeito significativo para CR e TP, mas não para PO e MO. Frost et al. (1990) verificaram aumento da TP e CR à medida que aumentaram os níveis de vitamina D₃ (0, 500, 1000 e 1500 UCI de vitamina D₃/kg) na ração, entretanto não observaram efeito dos tratamentos sobre o PO. Por outro lado, Rodrigues et al. (2005) utilizando níveis de 1200; 2400 e 3600 UI/kg, e 1200 e 2400 UI/kg de vitamina D nas fases de pré-postura e postura, respectivamente, não encontraram diferença significativa para nenhum dos parâmetros avaliados: taxa de postura, peso de ovo, consumo de ração, conversão alimentar e massa de ovo.

O pior resultado observado no nível de 0% pode ser atribuído à deficiência vitamínica provocada pela exclusão destas vitaminas da dieta das aves, em que pôde-se observar uma diminuição no tamanho e peso do ovo, e redução no consumo de ração pelos animais, comprometendo o desempenho das aves. Estes resultados estão de acordo com o de Grunder et al. (1990) que avaliaram o efeito de metabólitos de vitamina D₃ na dieta de poedeiras Leghorn observaram os piores valores dos parâmetros avaliados para o tratamento sem a suplementação. As deficiências causadas pela falta de suplementação de vitaminas lipossolúveis levam mais tempo para aparecerem quando em comparação com as hidrossolúveis, devido às reservas no fígado e tecido adiposo. Entretanto, com cerca de 6 a 8 semanas da retirada das vitaminas aparecem os primeiros sinais de deficiência, como perda de peso, diminuição na taxa de postura e no tamanho do ovo (LEESON & SUMMERS, 2001).

Observou-se que o aumento nos níveis de suplementação promoveu redução nos valores de conversão. Abawi & Sullivan (1989), avaliando três níveis de cada vitamina lipossolúvel A, D, E e K (deficiente, ótimo e excessivo) e as interações entre elas em dietas para frangos de corte, verificaram que houve efeito dos níveis de vitamina A e das vitaminas D e K, em conjunto, na conversão alimentar das aves, referente aos maiores níveis. Enquanto Niu et al. (2009) observaram efeito na conversão alimentar para o nível de 100 mg/kg de suplementação de vitamina E, quando avaliavam frangos recebendo níveis de 0; 100 ou 200 mg/kg desta vitamina.

Observou-se que os parâmetros de CMO e CDZ apresentaram menor valor de conversão nos níveis de 0% e 33,3%. Isto pode ter ocorrido devido à conversão ser uma relação calculada a partir de variáveis de CR, TP ou MO, as quais se apresentaram também reduzidas nestes níveis, interferindo na redução das conversões calculadas. Portanto os baixos valores de conversão encontrados deram a impressão de que as aves apresentaram melhor desempenho, quando na verdade isto não ocorreu.

Foram avaliados também, parâmetros de qualidade de ovo: porcentagem de gema (GEM), porcentagem de albúmen (ALB), porcentagem de casca (CAC), altura de albúmen (ALT), Unidade Haugh (UH), espessura de casca (ESPC), resistência de casca (RESC) e gravidade específica (GRAV) (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros de qualidade de ovo de poedeiras leves suplementadas com diferentes níveis de vitaminas lipossolúveis

Níveis de vit. (%)	Parâmetros							
	GEM (%) ³	ALB (%) ⁴	CASC (%) ⁵	ALT (mm) ⁶	UH ⁷	ESPC (mm) ⁸	RESC (N) ⁹	GRAV (g/cm ³) ¹⁰
0,0	26,09±0,10	65,40±0,10	8,51±0,05	7,209±0,17	84,31±0,94	0,303±0,006	3,265±0,11	1,081±0,0008
33,3	25,37±0,25	65,89±0,36	8,74±0,14	7,162±0,13	84,38±0,95	0,330±0,004	3,720±0,09	1,083±0,0010
66,7	26,16±0,21	64,78±0,20	9,06±0,09	7,197±0,15	84,48±0,94	0,334±0,004	3,779±0,07	1,084±0,0010
100	26,09±0,30	64,98±0,36	8,93±0,11	7,301±0,11	83,61±0,54	0,327±0,005	3,832±0,10	1,081±0,0008
133,3	25,88±0,19	64,98±0,21	9,13±0,07	7,315±0,20	84,88±1,04	0,332±0,002	3,924±0,05	1,083±0,0010
166,7	25,63±0,31	65,61±0,26	8,76±0,08	7,219±0,14	84,48±0,99	0,325±0,003	3,613±0,05	1,082±0,0008
Valor de P ¹	0,459	0,039 ^Q	<0,01 ^Q	0,819	0,840	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q	0,176
CV (%) ²	2,92	3,38	1,29	6,80	3,45	4,14	7,11	0,23

^{1,2} Q = resposta quadrática, CV = coeficiente de variação.

^{3,4,5,6,7,8,9,10} GEM= porcentagem de gema, ALB= porcentagem de albúmen, CASC= porcentagem de casca, ALT= altura de albúmen, UH=Unidade Haugh, ESPC= espessura de casca, RESC=resistência de casca, GRAV=gravidade específica.

Observou-se que não houve diferença ($P>0,05$) para as variáveis: porcentagem de gema (GEM), altura de albúmen (ALT), Unidade Haugh (UH) e gravidade específica (GRAV). Houve efeito quadrático ($P<0,05$) para as variáveis altura de albúmen (ALB), porcentagem de casca (CASC), espessura de casca (ESPC) e resistência de casca (RESC) e seus níveis ótimos foram de 93,13%; 94,16%; 100% e 99,66% que correspondem à suplementação de 6984,75 UI; 1862,6 UI; 9,31 UI e 1,68 mg de vitaminas A, D, E e K por quilo de ração; 7062 UI; 1883,2 UI; 9,42 UI e 1,69 mg; 7500 UI; 2000 UI; 10 UI e 1,8 mg e de 7474,5 UI; 1993,2 UI. 9,96 UI e 1,79 mg, respectivamente.

Em experimento realizado por Mattila et al. (2004) avaliando níveis de suplementação de vitamina D₃ e D₂ de 2500; 6000 e 15000 UI/kg, também não foi observado efeito dos tratamentos sobre estes parâmetros (GEM, ALT, UH e GRAV). É possível que as vitaminas lipossolúveis não tenham influenciado na alteração desses parâmetros por não estarem relacionadas diretamente à qualidade da gema e albúmen.

O cálcio desempenha papel importante na formação da casca do ovo da qual participa na proporção de cerca de 40% (KESHAVARZ, 2003). Para realizar esse processo de forma eficiente, a homeostase do cálcio que ativa mecanismos de transferência do cálcio da alimentação para a casca do ovo é demandada severamente. É sabido que as poedeiras possuem proteínas de ligação de cálcio, dependentes de vitamina D₃, que participam no transporte ativo do cálcio na membrana intestinal, as quais provavelmente também atuam no útero, na glândula de formação da casca (WASSERMAN & TAYLOR, 1968; BAR, 2008). Devido à importância e dependência desta rota pela vitamina D é que os parâmetros de CASC, ESPC e RESC foram diretamente afetados pelos diferentes níveis de VL avaliados.

A produtividade é influenciada pelo nível de nutrientes da dieta das aves de acordo com seu requerimento metabólico. O aumento no nível das vitaminas possibilita a melhoria nos resultados devido ao atendimento destes requerimentos. Estudos sobre as vitaminas mostram que a suplementação destas na dieta em níveis acima dos mínimos recomendados permite que as aves alcancem seu potencial genético (BARROETA et al., 2013). Os resultados apresentados neste trabalho mostram que a suplementação de vitaminas na dieta para poedeiras comerciais é fundamental para o alcance de bons resultados. A suplementação em níveis mínimos como recomendado pelo NRC (1994) não é suficiente para que as aves expressem seu máximo potencial genético.

Neste experimento foi possível observar que grande parte dos parâmetros avaliados apontaram para níveis ótimos próximos ou superiores à recomendação sugerida por Rostagno et al. (2011) (representada pelo nível de 100% de suplementação de VL). A partir dos níveis ótimos calculados foi calculada uma média para determinar a recomendação da suplementação de vitaminas lipossolúveis, a qual foi de 109%.

CONCLUSÃO

O melhor resultado alcançado foi obtido com nível de suplementação em média de 109%, calculada a partir dos parâmetros avaliados. Portanto, recomenda-se a suplementação de vitaminas lipossolúveis para poedeiras leves com 28 a 44 semanas de idade com 8175 UI de vitamina A, 2180 UI de vitamina D₃, 10,9 UI de vitamina E e 1,96 mg de vitamina K por quilo de ração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAWI, F. G.; SULLIVAN, T. W. Interactions of vitamins A, D₃, E, and K in the diet of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 68, n. 11, p. 1490-1498, 1989.
- AHN, D. U.; KIM, M.; SHU, H. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs. **Poultry Science**, v. 76, p. 914-919, 1997.
- BAR, A. Calcium homeostasis and vitamin D metabolism and expression in strongly calcifying laying birds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 151, n. 4, p. 477-490, 2008.
- BARROETA, A. C.; BAUCCELLS, M.D.; BLANCO PÉREZ, A. et al. **Optimum Vitamin Nutrition**. Sheffield, Reino Unido: 5M Publishing, 385 p., 2013.
- BELLOWS, L.; MOORE, R. **Fat-Soluble Vitamins: A, D, E, and K**. Colorado State University Extension, 2012.
- FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R.L.; ZHAO, J. et al. Effects of Dietary Antioxidant on Performance and Physiological Responses Following Heat Stress in Laying Hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 13, n. 5, p. 260-271, 2014.
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; GONZALEZ, M. M. et al. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 509-512, 2004.
- FROST, T. J.; ROLAND, D. A., SR.; UNTAWALE, G. G. Influence of vitamin D₃, 1 alpha-hydroxyvitamin D₃, and 1,25-dihydroxyvitamin D₃ on eggshell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. **Poultry Science**, v. 69, n. 11, p. 2008-16, 1990.
- GRUNDER, A. A.; TSANG, C. P.; NARBAITZ, R. Effects of vitamin D₃ metabolites on physiological traits of White Leghorn hens. **Poultry Science**, v. 69, n. 7, p. 1204-8, Jul 1990.
- HY-LINE. **Manual de manejo: W-36, poedeiras comerciais** Hy-Line International, 41p., 2015.
- KESHAVARZ, K. A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. **Poultry Science**, v. 82, n. 9, p. 1415-22, 2003.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the Chicken**. Guelph, Canada: University Books, 591p., 2001.
- LIN, H.; WANG, L. F.; SONG, J. L. et al. Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on the egg production and immune responses of heat-stressed laying hens. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 458-65, 2002.
- MATTILA, P.; VALAJA, J.; ROSSOW, L. et al. Effect of Vitamin D₂- and D₃-Enriched Diets on Egg Vitamin D Content, Production, and Bird Condition During an Entire Production Period. **Poultry Science**, v. 83, n. 3, p. 433-440, 2004.

MAZZUCO, H. **Vitaminas: funções metabólicas e exigências nutricionais para poedeiras.** Avicultura Industrial. São Paulo: 32-37 p., 2006.

NIU, Z. Y.; LIU, F. Z.; YAN, Q. L. et al. Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. **Poultry Science**, v. 88, n. 10, p. 2101-2107, 2009.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994.** Washington, DC: The National Academies Press, 176p., 1994.

PERSIA, M. E.; HIGGINS, M.; WANG, T. et al. Effects of long-term supplementation of laying hens with high concentrations of cholecalciferol on performance and egg quality **Poultry Science**, p. 2930-2937, 2013.

RODRIGUES, E. A.; HIGGINS, M.; WANG, T. et al. Desempenho e qualidade da casca para poedeiras recebendo vitamina D nas rações de pré-postura e postura **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 55-59, 2005

ROSTAGNO, H. S.; DA SILVA, C. R.; BRITO, C. O. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.** 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 252p., 2011.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S.; FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 283p., 2016.

SAS INSTITUTE. **SAS User's Guide: Statitics. Versão 9.4.** Cary, NC: SAS Institute Inc. 2012.

WASSERMAN, R. H.; TAYLOR, A. N. Vitamin D-dependent calcium-binding protein. Response to some physiological and nutritional variables. **Journal of Biological Chemistry**, v. 243, n. 14, p. 3987-93, 1968.

APÊNDICE

Tabela 1. Equações de regressão e níveis ótimos de suplementação de vitaminas lipossolúveis para poedeiras leves de 28 a 44 semanas de idade, baseados em análise de regressão.

Variáveis	Equação quadrática/linear	R ²	Nível ótimo
			Quadr./lin. (%) ¹
CR (g/ave/dia)	$Y=78,68 + 0,2421X - 0,001X^2$	0,86	121,05
TP (%)	$Y=88,504 + 0,0697X - 0,0003X^2$	0,87	116,17
PO (g)	$Y=58,966 - 0,0238X + 0,0002X^2$	0,55	59,50
MO (g)	$Y= 52,225 + 0,0173X$	0,66	166,7
CMO (g/g)	$Y=1,5338 + 0,0037X - 0,00002X^2$	0,88	92,50
CDZ (kg/dz)	$Y=1,0759 + 0,0039X - 0,00002X^2$	0,79	97,50
ALB (%)	$Y=65,68 - 0,0149X - 0,00008X^2$	0,37	93,13
CASC (%)	$Y=8,484 + 0,0113X - 0,00006X^2$	0,83	94,16
ESPC (mm)	$Y=0,3075 + 0,0006X - 0,000003X^2$	0,80	100
RESC (N)	$Y=3,2746 + 0,0139X - 0,00007X^2$	0,76	99,66
	Média dos níveis ótimos		109,0

¹Nível ótimo da equação quadrática ou linear

CAPÍTULO II

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS EM DIETAS PARA POEDEIRAS LEVES DE 28 A 44 SEMANAS DE IDADE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os níveis ótimos de suplementação de vitaminas hidrossolúveis para galinhas poedeiras com base na resposta do desempenho animal e na qualidade de ovos. O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas 300 poedeiras da marca comercial Hy Line White W-36, no período de 28 a 44 semanas de idade. As aves foram distribuídas em gaiolas com 18 semanas de idade, manejadas e alimentadas de acordo com as recomendações para a fase até entrarem em período experimental com 28 semanas de idade. A distribuição foi em delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos, 10 repetições e 5 galinhas por unidade experimental, pesando em média $1,55 \pm 0,025$ kg cada. Os parâmetros de desempenho e de qualidade de ovo foram avaliados durante 4 períodos de 28 dias. As rações experimentais foram isonutritivas e a ração basal foi constituída à base de milho e de farelo de soja, formulada para atender as exigências nutricionais dos animais, com exceção das vitaminas hidrossolúveis. As galinhas receberam ração e água à vontade e 17 horas de luz durante todo o período experimental. Os tratamentos foram constituídos de 0%; 33,3%; 66,7%; 100,0%; 133,3% e 166,7% da recomendação de suplementação vitamínica. Os parâmetros de desempenho testados tiveram diferença ($P < 0,05$) assim como os parâmetros de porcentagem de gema, porcentagem de albúmen e unidade haugh, apresentando efeito quadrático com exceção da porcentagem de casca, altura de albúmen, espessura de casca, resistência de casca e gravidade específica que não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$). Os melhores resultados alcançados foram obtidos com nível de suplementação de em média 116,64% de vitaminas hidrossolúveis.

PALAVRAS-CHAVE: vitaminas, desempenho, exigência nutricional

SUPPLEMENTATION OF WATER SOLUBLE VITAMINS IN DIETS FOR LIGHT LAYING HENS WITH 28 TO 44 WEEKS OF AGE

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the optimal supplementation levels of water soluble vitamins for laying hens based on animal performance response and quality of eggs. The experiment was conducted in the Animal Science Department poultry sector of the Agricultural Sciences Center, Universidade Federal de Viçosa (UFV). A total of 300 HyLine White W-36 laying hens between 28-44 weeks of age were used. Before the experimental test a basal diet was offered and the birds were handled according to the phase recommendations from 18 to 28 weeks of age. When they got 28 weeks of age, they were distributed in a completely randomized design with 6 treatments, 10 replications and 5 hens per experimental unit, weighing an average of $1,55 \pm 0,025$ kg each. The performance parameters and egg quality were evaluated during 4 periods of 28 days. The experimental diets were isonutritives and the basal diet was made based on corn and soybean meal, formulated to meet the nutritional requirements of animals, with the exception of water-soluble vitamins. Hens were given ad libitum feed and water and 17 hours of light during the experimental period. The treatments consisted of 0%; 33,3%; 66,7%; 100,0%; 133,3% and 166,7% of vitamin supplementation recommendations. All performance parameters tested showed effect of treatments ($P < 0,05$), with quadratic effect. Same happened for yolk percentage, albumen percentage and haugh unit ($P < 0,05$), except for the percentage of shell, albumen height, shell thickness, shell strength and specific gravity that showed no effect ($P > 0,05$). The best results were obtained with an average supplementation level of 116.64% of water-soluble vitamins.

KEYWORDS: vitamins, performance, nutritional requirements

INTRODUÇÃO

O nome vitamina se origina do termo vital amine, utilizado para designar os “fatores acessórios” nos alimentos responsáveis por evitar doenças por deficiência, e que se acreditava conterem amino nitrogênio. O histórico das vitaminas data do século XX, as quais foram descobertas através de investigações científicas sobre a causa de doenças relacionadas à deficiência nutricional. Já neste período as aves desempenhavam importante papel nos estudos sobre as vitaminas (LEESON & SUMMERS, 2001).

Para os animais de produção, em especial os criados em sistemas intensivos, as vitaminas são nutrientes essenciais na dieta devido à ocorrência de alta demanda metabólica e constante desafio ambiental e sanitário. Apesar de necessárias em pequenas quantidades, possuem um impacto grande nos resultados produtivos de uma granja (ALAHYARI-SHAHRASB et al., 2012). Além desses fatores, as aves possuem limitada ou nenhuma capacidade de produção endógena de boa parte das vitaminas que requerem, necessitando serem suplementadas na dieta.

As vitaminas hidrossolúveis são classificadas desta forma devido à sua solubilidade em água, e de forma geral têm participação em diferentes sistemas enzimáticos do metabolismo das células, atuando como cofatores (MAZZUCO, 2006). Essas vitaminas não são armazenadas no organismo das aves como ocorre com as vitaminas lipossolúveis, e por esta razão é necessário que sejam suplementadas diariamente na dieta. Experimentos realizados por Nobakht (2014) mostraram que a suplementação vitamínica e de minerais para poedeiras na primeira fase de postura melhoraram a produção e a massa de ovos, reduzindo custos de produção. Asaduzzaman et al. (2005), inferiram que o uso de suplemento vitamínico-mineral para poedeiras é inevitável para uma produtividade desejável.

Ainda não há uma definição padrão dos níveis de suplementação das vitaminas hidrossolúveis. O NRC (1994), uma das fontes mais tradicionais da literatura, recomenda níveis mínimos de suplementação. Há também as recomendações contidas nos manuais das linhagens de poedeiras, e as sugeridas por Rostagno et al. (2011) que recomendam níveis ótimos de suplementação, cada uma delas apresentando diferentes recomendações. A indústria avícola avança constantemente realizando melhorias na

nutrição, genética, sanidade e bem-estar dos animais. Da mesma forma, os requerimentos nutricionais e especialmente os vitamínicos, necessitam acompanhar essas mudanças.

Ainda existem questionamentos quanto aos níveis ótimos que devem ser utilizados para bons resultados no sistema intensivo de criação de poedeiras, no entanto pesquisas científicas sobre o tema são escassas. Com isso, objetivou-se avaliar os níveis de suplementação de vitaminas hidrossolúveis para galinhas poedeiras leves com base na resposta do desempenho animal e na qualidade de ovos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa/MG, no período de 17 de Janeiro à 9 de Maio de 2015, e aprovado pelo Comitê de Ética no uso de Animais de Produção/(CEUAP) da UFV, de processo nº057/2015.

Foram utilizadas 300 poedeiras da marca comercial Hy Line White W-36, com 28 a 44 semanas de idade. As aves foram adquiridas com 18 semanas de idade, distribuídas em gaiolas, manejadas de acordo com o manual da linhagem (HY-LINE, 2015), e alimentadas com ração formulada seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011) para a fase, até entrarem em período experimental com 28 semanas de idade. Elas foram alojadas em galpão de alvenaria de pé direito de 1,8m de altura com cobertura de telhas de barro em duas águas, equipado com gaiolas de postura convencional (25x45x40 cm) com 2 aves por gaiola, dispostas em duas fileiras sobrepostas e um corredor central de 1,5 m de largura entre as fileiras de gaiolas. As galinhas receberam ração e água à vontade e 17 horas de luz durante todo o período experimental, respeitando as recomendações de manejo do manual da linhagem. A distribuição foi em delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos, 10 repetições e 5 galinhas por unidade experimental, pesando em média $1,55 \pm 0,025$ kg cada. Os parâmetros de desempenho e qualidade de ovo foram avaliados durante 4 períodos de 28 dias.

As dietas experimentais foram isonutritivas; a ração basal foi constituída à base de milho e de farelo de soja, formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com Rostagno et al. (2011) (Tabela 1), com exceção das vitaminas hidrossolúveis (Tabela 2). A inclusão das vitaminas lipossolúveis foi fixada no maior nível dos tratamentos (166,7% da recomendação de Rostagno et al., 2011), para evitar interferência por deficiência vitamínica.

Tabela 1. Composição da dieta basal utilizada, na matéria natural.

Ingredientes	Inclusão na ração (%)
Milho	54,98
Farelo de soja 45%	24,62
Farelo de glúten de Milho 60%	3,500
Óleo de Soja	3,640
Sal	0,570
Calcário Calcítico	10,23
Fosfato Bicálcico	1,260
L-Lisina HCl, 79%	0,123
DL-Metionina, 99%	0,276
L-Treonina, 98 %	0,057
L-Valina, 98,5 %	0,065
Sup. Vitamínico (fixo) ¹	0,167
Suplemento Mineral ²	0,110
Sup. Vitamínico + amido (variável) ³	0,356
Antioxidante ⁴	0,010
Total	100,00
Composição Calculada	
EM, kcal/kg	2,900
Proteína bruta, %	17,99
Cálcio, %	4,320
Fósforo disponível,%	0,323
Sódio %	0,242
Lisina digestível, %	0,866
Treonina digestível, %	0,199
Met. + Cis. digestível,%	0,788
Triptofano digestível, %	0,199
Leucina digestível, %	1,643
Valina digestível, %	0,823
Gli+ Ser digestível, %	1,454

¹ Conteúdo por kg de ração: Vit. A, 7,5 UI; Vit. D₃ 2,0UI; Vit. E, 10 UI, Vit. K₃, 1,8 mg² Conteúdo por kg de ração: Cobre, 10 mg; Ferro, 50 mg; Iodo 1 mg; Manganês, 70 mg; Selênio, 0,3 mg; Zinco, 65 mg.³ Conteúdo por kg de ração: Vit. B₁, 1,5 mg; Vit. B₂, 4 mg; Vit. B₆, 1,7mg; Vit.B₁₂, 0,013mg; Ác. Pantotênico, 10 mg; Ác. Nicotínico, 25mg; Ác. Fólico, 0,5 mg; Biotina, 0,05mg; Colina, 0,43 mg.⁴ Butil-hidroxi-tolueno (BHT)

Os tratamentos foram constituídos de 0%; 33,3%; 66,7%; 100,0%; 133,3% e 166,7% da recomendação de suplementação vitamínica apresentada por Rostagno et al. (2011); 1,5 mg de vitamina B₁; 4 mg de vitamina B₂; 1,7mg de vitamina B₆; 0,013 mg de vitamina B₁₂; 10 mg de ácido pantotênico; 25 mg de ácido nicotínico; 0,5 mg de ácido fólico; 0,05 mg de biotina e 220mg de colina por quilo de ração. Os níveis de inclusão de cada vitamina encontram-se na tabela 3.

Tabela 2. Inclusão do suplemento de Vitaminas Hidrossolúveis por tratamento (Quilo de suplemento por 100kg de ração).

Suplemento	Tratamentos					
	0%	33,3%	66,7%	100% ¹	133,3%	166,7%
Vit. Hidrossolúveis (variável)	0,000	0,033	0,067	0,100	0,133	0,167
Colina (variável)	0,000	0,017	0,034	0,051	0,068	0,085
Vit. Lipossolúveis (fixo)	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167

¹ Recomendação das Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2011) = 100%

Tabela 3. Níveis de suplementação de vitaminas hidrossolúveis adicionados às dietas (quantidade por kg de ração).

Vitaminas (mg)	Tratamentos					
	0%	33,3%	66,7%	100% ¹	133,3%	166,7%
B1	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
B2	0	1,33	2,67	4,0	5,33	6,67
B6	0	0,57	1,13	1,7	2,27	2,83
B12	0	0,004	0,009	0,013	0,017	0,22
Ác. Pantotênico	0	3,33	6,67	10,0	13,33	16,67
Ác. Nicotinico	0	8,33	16,67	25,0	33,33	41,67
Ác. Fólico	0	0,17	0,33	0,5	0,66	0,83
Biotina	0	0,017	0,03	0,05	0,06	0,08
Colina	0	73,26	146,7	220	293,3	366,7

¹ Recomendação das Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2011) = 100%

A temperatura do ar foi aferida diariamente através de termômetro de bulbo, localizado em diferentes pontos do galpão na mesma altura das aves, para obtenção das máximas e mínimas de temperatura em graus Celsius (°C) durante o experimento. As temperaturas de cada período experimental e sua média total (Tabela 4), indicam

que os animais se encontraram em condições de estresse moderado, diferindo da recomendação do manual da linhagem que determina que a temperatura média para as aves entre 28 e 44 semanas de idade deve estar entre 20 e 25°C (HY-LINE, 2015).

Tabela 4. Temperaturas ambientais médias (máxima e mínima) registradas no galpão durante os períodos experimentais, em graus Celsius.

Semanas de idade	Temp. Máxima	Temp. Mínima
28-32	29,9	24,2
32-36	30,7	23,1
36-40	27,2	22,8
40-44	24,3	19,9
Média	28,03	22,5

Os seguintes parâmetros foram avaliados:

- **Ganho de peso:** Peso inicial das aves menos o peso ao final do experimento.
- **Consumo de ração:** em g/ave/dia, foi determinado por diferença entre peso da ração fornecida e o peso da sobra de ração nos comedouros e recipientes. Tal cálculo foi efetuado a cada período de 28 dias, considerando a correção pela data da mortalidade e número de aves mortas, sem a pesagem da sobra de ração, como descrito por Sakomura & Rostagno (2016):

$$\text{➤ } N.de\text{ aves corrigido} = \frac{(n \times nA) + (n \times nP)}{t}$$

$$\text{➤ } CR = \frac{r-s}{N.de\text{ aves corrigido}}$$

$$\text{➤ } CR(g/ave/d) = \frac{CR}{28} \times 1000$$

Em que,

n= Número de aves

nA= Número de dias do período, antes da morte

nP= Número de dias do período, após a morte

t= Total de dias do período

CR= Consumo de ração

r= Ração fornecida no início do período

s= Sobra de ração no fim do período

- **Produção de ovos:** em cada período de 28 dias, foram calculadas as percentagens de ovos/ave/dia, dividindo-se o total de ovos produzidos pelo número de aves de cada parcela, e pelo número de dias vezes 100. Os ovos foram coletados diariamente às 16 horas.
- **Peso dos ovos:** Todos os ovos íntegros nos cinco últimos dias de cada período experimental foram pesados, em balança de precisão de 0,001 g, para o cálculo do peso médio dos ovos.
- **Massa de ovos:** Foi calculada utilizando o produto da percentagem de postura pelo peso médio dos ovos dividido por cem, obtendo ao final uma média dos quatro períodos.
- **Conversão alimentar:** A conversão alimentar por massa de ovos foi calculada pela relação entre o consumo médio de ração das aves (g) pela massa de ovo produzido (g). E a conversão por dúzia de ovos foi calculada pela relação do total de ração consumida no período (kg) pelo número de dúzias produzidas no mesmo período.
- **Qualidade interna de ovos (Unidade Haugh):** A aferição foi realizada no laboratório de análises de ovos do centro de pesquisas da Agrocerees Multimix em Patrocínio/MG, utilizando-se a máquina EggTester®, nos dois últimos períodos do experimento. Os ovos foram pesados e então quebrados em uma superfície onde foi medida a altura do albúmen espesso através de um micrômetro. A máquina relaciona a altura do albúmen ao peso do ovo através da fórmula apresentada em seguida. Quanto maior o valor da UH, melhor a qualidade do ovo.

$$UH = 100 * \log_{10}(h - 1,7 w^{0,37} + 7,6)$$

Em que,

HU= Unidade Haugh

h= altura do albúmen em milímetros

w= peso do ovo em gramas

- **Qualidade externa de ovos (gravidade específica):** Amostras de ovos íntegros foram coletadas nos dois últimos dias de cada período, os quais foram avaliados a partir da imersão dos mesmos em soluções de NaCl com densidades variando de 1,050 a 1,100 g/cm³ em gradiente de 0,005 entre as densidades. Um densímetro foi utilizado para a determinação dos valores e a densidade medida foi expressa em g/cm³ (FREITAS et al., 2004).

- **Componente de ovos:** Foi realizado uma vez a cada período, retirando-se a amostras de ovos durante 2 dias consecutivos ao fim de cada período. Os ovos foram quebrados e separadas as gemas do albúmen. As gemas de cada unidade experimental foram pesadas em conjunto para obter a média do peso. As cascas foram lavadas e secas em estufa de ventilação forçada a 60°C e posteriormente pesadas da mesma forma para cálculo das médias de peso de casca. A média de peso do albúmen foi calculada por diferença (AHN et al., 1997). Esses procedimentos foram realizados para se obter as medidas de rendimento de ovos:
 - **Porcentagem de gema:** relação do peso médio do ovo pelo peso médio das gemas
 - **Porcentagem de albúmen:** relação do peso médio do ovo pelo peso médio do albúmen.
 - **Porcentagem de casca:** relação do peso médio do ovo pelo peso médio da casca.
- **Resistência de casca:** Foram coletadas amostras de ovos íntegros nos dois últimos dias de cada um dos dois últimos períodos. A resistência requerida através da compressão das extremidades do ovo até a rachadura da casca foi aferida através da máquina EggTester® e expressa em unidade Newton (N) de força.
- **Espessura de casca:** Os ovos coletados nos dois últimos dias de cada um dos dois últimos períodos para análise da qualidade de ovo também tiveram sua espessura de casca medida através de um paquímetro, e expressos em milímetros (mm).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS 9.4 (SAS INSTITUTE, 2012). Utilizou-se o modelo de contrastes de polinômios ortogonais para realizar a análise de variância e estimar as equações de regressão dos dados experimentais. Considerou-se apenas as equações linear e quadrática para interpretação dos resultados quando o $P < 0,05$, por sua melhor adequação biológica ao experimento. Foram calculados os níveis ótimos (ponto de inflexão da curva) de suplementação para as variáveis de comportamento quadrático segundo descrito por Sakomura & Rostagno (2016). Os valores de recomendação foram definidos a

partir dos níveis melhor representados pelo modelo. Foram aplicadas as análises de LRP (Linear response plateau) e também 95% de limite de confiança sobre os dados deste trabalho, no entanto os modelos não se apresentarem os mais adequados para os dados observados, e, portanto, não foram utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito quadrático ($P<0,05$) para todas as variáveis de desempenho; consumo de ração (CR), taxa de postura (TP), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO), perda de peso (PP), conversão alimentar por massa de ovo (CMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CDZ) (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros de desempenho de galinhas poedeiras leves suplementadas com diferentes níveis de vitaminas hidrossolúveis.

Níveis de vitaminas (%)	Parâmetros						
	CR (g/ave/dia) ³	TP (%) ⁴	PO (g) ⁵	MO (g) ⁶	PP (g/ave) ⁷	CMO (g/g) ⁸	CDZ (kg/dz) ⁹
0,0	63,52±3,37	40,29±4,39	44,74±3,73	21,67±2,78	402,0±0,03	2,665±0,28	2,373±0,18
33,3	90,85±1,01	91,80±0,89	57,91±0,46	53,11±0,57	175,7±0,01	1,671±0,05	1,188±0,01
66,7	93,34±1,09	94,67±0,69	58,91±0,41	55,73±0,58	131,1±0,02	1,679±0,02	1,186±0,01
100,0	93,46±0,77	95,74±0,67	59,77±0,38	57,18±0,39	110,2±0,01	1,595±0,05	1,173±0,01
133,3	92,63±1,52	95,57±0,70	59,24±0,39	56,59±0,56	123,1±0,01	1,597±0,04	1,174±0,02
166,7	94,00±1,27	96,33±0,44	59,74±0,35	57,53±0,48	122,9±0,01	1,634±0,02	1,171±0,01
Valor de P ¹	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q	<0,01 ^Q
CV (%) ²	6,24	7,02	8,74	7,75	29,81	20,79	17,37

^{1,2}, CV = coeficiente de variação, Q= resposta quadrática.

^{3,4,5,6,7,8,9} CR=consumo de ração, TP=taxa de postura, PO=peso de ovo, MO=massa de ovo, PP=perda de peso, CMO=conversão alimentar por massa de ovo, CDZ=conversão alimentar por dúzia de ovos.

As aves de todos os tratamentos apresentaram perda de peso. Entretanto os tratamentos com menor inclusão de vitaminas hidrossolúveis (VH) foram os que apresentaram maior redução de peso. Os piores resultados de desempenho ocorreram com o tratamento de 0% de inclusão de VH que influenciou negativamente todos os parâmetros avaliados. Observou-se resposta quadrática para todos os parâmetros de desempenho avaliados, em que o aumento dos níveis de suplementação proporcionou melhoria na resposta destes. Para obter-se melhor resultado na produção, o nível ótimo de suplementação de vitaminas hidrossolúveis calculado para CR ($Y=68,183 + 0,5183X - 0,0023X^2$; $R^2=0,83$) foi de 112,67%, para TP ($Y=49,023 + 0,9623X - 0,0043X^2$; $R^2=0,83$) foi de 111,89%, para PO ($Y=46,884 + 0,2543X - 0,0011X^2$; $R^2=0,85$) foi de 115,59%, para MO ($Y=26,811 + 0,6063X - 0,0027X^2$; $R^2=0,85$) foi de 112,27%, para uma menor PP ($Y=-370,84 + 4,9906X - 0,0218X^2$; $R^2=0,91$) foi de

114,46%, para CMO ($Y=2,502 - 0,0184X + 0,00008X^2$; $R^2=0,83$) foi de 115% e para CDZ ($Y=2,1628 - 0,021X + 0,0001X^2$; $R^2=0,79$) foi de 105%. As quantidades de inclusão das vitaminas para cada um dos níveis ótimos calculados estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6., Inclusão de vitaminas hidrossolúveis para cada nível ótimo calculado dos parâmetros de desempenho e qualidade de ovo com efeito quadrático.

Níveis ótimos	Vitaminas Hidrossolúveis (mg)								
	B1	B2	B6	B12	Ác. Panto. ¹	Niacina	Ác. Fólico ²	Biotina	Colina
112,60 ³	1,69	4,51	1,92	0,015	11,27	28,17	0,56	0,06	247,9
111,89 ⁴	1,68	4,48	1,90	0,015	11,19	27,97	0,56	0,06	246,2
115,59 ⁵	1,73	4,62	1,97	0,020	11,56	28,90	0,58	0,06	254,3
112,27 ⁶	1,68	4,50	1,91	0,010	11,23	28,07	0,56	0,06	247,0
114,46 ⁷	1,72	4,58	1,95	0,015	11,45	28,62	0,57	0,06	251,8
115,00 ⁸	1,73	4,60	1,96	0,015	11,50	28,75	0,58	0,06	253,0
105,00 ⁹	1,58	4,20	1,79	0,014	10,50	26,25	0,53	0,05	231,0
145,50 ¹⁰	2,18	5,82	2,47	0,019	14,60	36,40	0,73	0,07	320,1
116,50 ¹¹	1,75	4,66	1,98	0,015	11,65	29,13	0,58	0,06	256,3
117,50 ¹²	1,76	4,70	2,00	0,015	11,75	29,38	0,59	0,06	258,5

¹Ácido pantotênico, ²Ácido fólico ³consumo de ração (CR), ⁴taxa de postura (TP), ⁵peso de ovo (PO), ⁶massa de ovo (MO), ⁷perda de peso (PP), ⁸conversão alimentar por massa de ovo (CMO), ⁹conversão alimentar por dúzia de ovos (CDZ), ¹⁰porcentagem de gema (GEM), ¹¹porcentagem de albúmen (ALB), ¹²Unidade Haugh (UH).

A diminuição no desempenho dos animais observada principalmente no tratamento de 0% de suplementação de VH é justificada pelo fato de que as vitaminas hidrossolúveis são utilizadas a curto prazo pelo organismo pois não são armazenadas nos tecidos dos animais monogástricos, os quais possuem uma capacidade baixa de produção de VH pelos microrganismos do intestino e aproveitamento pouco eficiente das mesmas (MCDOWELL, 2000). É por isso que toda a demanda destas vitaminas é suprida através da dieta, e principalmente da suplementação vitamínica (BALL, 1994). A retirada destas vitaminas promoveu, portanto, deficiência, provocando a queda da produtividade refletida na perda de peso (PP), redução no consumo de ração (CR), taxa de postura (TP), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO) e piora na conversão alimentar por massa de ovo (CMO) e conversão alimentar por dúzia de ovos (CDZ).

Padhi & Combs (1965), testando níveis de 0 a 1,67 ppm de vitamina B₁ observaram que as aves cessaram a produção de ovos em menos de vinte dias com a suplementação de 0,55 ppm e abaixo dela. Weiss & Scott (1979), avaliando o efeito de uma dieta deficiente em piridoxina observou que houve perda de peso, anorexia, redução nas reservas de gordura e as aves cessaram a produção de ovos devido à involução dos ovários e oviduto provocada pela deficiência.

Os resultados obtidos com a suplementação de VH acima das recomendações de Rostagno et al. (2011) mostram a influência da suplementação vitamínica nos parâmetros de desempenho testados. Jing et al. (2014) observou que a suplementação de ácido fólico aumentou o peso de ovo e a massa de ovo de poedeiras que receberam 4 mg da vitamina, comparadas ao grupo controle que não recebeu a suplementação. Squires & Naber (1992), observaram que os parâmetros de taxa de postura, peso de ovo, espessura de casca e peso das aves foram melhorados com a adição de 0,008 mg de vitamina B₁₂. Küçükersan (2000) verificaram que houve melhora nos parâmetros de taxa de postura, conversão alimentar e peso das aves ao suplementarem poedeiras com 100 mg de niacina, embora o peso do ovo não tenha apresentado diferença significativa.

Squires & Naber (1993) relataram que a concentração de vitamina B₂ no ovo está relacionada com importantes parâmetros de produção, e em experimento realizado por eles verificaram que houve depressão nos parâmetros de taxa de postura, peso do ovo e peso das aves ao suplementarem poedeiras com níveis baixos de vitamina B₂ (1,55 e 2,20 mg/kg) quando comparados com os níveis mais altos suplementados (4,40 e 8,80mg/kg). A taxa de postura é diretamente afetada pelo nível de riboflavina (vitamina B₂) presente na dieta pois esta vitamina está envolvida na oferta de energia necessária para a manutenção de processos fisiológicos, como das funções reprodutivas (BARROETA et al., 2013).

Vasconcelos et al. (2013) realizaram experimento avaliando a suplementação de colina na dieta de poedeiras Dekalb White com 18 a 44 semanas de idade, testando níveis de 0 a 800 mg/kg da vitamina e observaram que houve efeito linear para TP e CR. Entretanto Bunchasak & Kachana (2009) avaliando a suplementação de ácido fólico (0; 0,5; 4 e 10 mg/kg) e de vitamina B₁₂ (0; 0,01 e 0,08 mg/kg) na dieta de poedeiras Hisex Brown com 64 a 72 semanas de idade, não verificaram diferença

significativa para os parâmetros de TP e CR, justificado pelos autores de que os níveis de vitaminas testados não provocaram alteração nestes parâmetros por serem poedeiras mais velhas.

Foram avaliados também parâmetros de qualidade de ovo: porcentagem de gema (GEM), porcentagem de albúmen (ALB), porcentagem de casca (CASC), altura de albúmen (ALT), unidade Haugh (UH), espessura de casca (ESPC), resistência de casca (RESC) e gravidade específica (GRAV). Não houve efeito ($P>0,05$) para CASC, ALT, ESPC, RESC e GRAV. No entanto houve efeito ($P<0,05$) para GEM, ALB e UH, os quais apresentaram efeito quadrático (Tabela 7).

Tabela 7. Parâmetros de qualidade de ovo de galinhas poedeiras leves suplementadas com diferentes níveis de vitaminas hidrossolúveis.

N.V. ¹ (%)	Parâmetros							
	GEM (%) ⁴	ALB (%) ⁵	CASC (%) ⁶	ALT (mm) ⁷	UH ⁸	ESPC (mm) ⁹	RESC (N) ¹⁰	GRAV (g/cm ³) ¹¹
0,0	24,73±0,30	65,99±0,29	9,28±0,19	7,090±0,12	85,02±0,86	0,325±0,004	3,811±0,089	1,080±0,0010
33,3	25,47±0,18	65,42±0,25	9,11±0,10	7,033±0,15	83,92±0,76	0,326±0,004	3,872±0,11	1,082±0,0010
66,7	26,52±0,22	64,70±0,30	8,78±0,12	6,990±0,12	83,04±0,51	0,320±0,003	3,641±0,11	1,081±0,0010
100	26,04±0,17	64,91±0,20	9,05±0,05	7,149±0,11	83,85±0,73	0,331±0,003	3,849±0,05	1,082±0,0003
133,3	26,29±0,23	64,61±0,27	9,10±0,06	7,244±0,11	84,46±0,68	0,323±0,004	3,724±0,08	1,083±0,001
166,7	26,04±0,29	64,98±0,30	8,98±0,07	7,126±0,13	84,93±0,13	0,321±0,004	3,766±0,07	1,081±0,0005
Valor de P ²	<0,01 ^Q	0,012 ^Q	0,095	0,83	0,043 ^Q	0,58	0,69	0,20
CV ³ (%)	2,90	1,31	3,90	5,57	2,69	3,75	7,32	6,29

^{1,2,3} N.V.=níveis de vitaminas, Q= resposta quadrática, CV = coeficiente de variação.

^{4,5,6,7,8,9,10,11} GEM= porcentagem de gema, ALB= porcentagem de albúmen, CASC= porcentagem de casca, ALT= altura de albúmen, UH=Unidade Haugh, ESPC= espessura de casca, RESC=resistência de casca, GRAV=gravidade específica.

O nível ótimo calculado para GEM ($Y = 24,754 + 0,0291X - 0,0001X^2$; $R^2=0,87$) foi de 145,5%, para ALB ($Y = 66,001 - 0,0233X + 0,0001X^2$; $R^2=0,92$) foi de 116,5% e para UH ($Y = 84,508 - 0,0235X + 0,0001X^2$; $R^2=0,63$) foi de 117,5%, para se obterem os melhores resultados com a suplementação de vitaminas hidrossolúveis.

Houve uma redução na ALB à medida que se aumentaram os níveis de suplementação. É possível que isso tenha ocorrido devido ao aumento na porcentagem de casca e gema do ovo. No tratamento 0% a alteração no valor de CASC foi maior comparado aos demais devido à redução no peso total do ovo e da porcentagem de

gema provocado pela deficiência vitamínica, restando a casca em maior proporção. Normalmente a casca é responsável por representar 9,5% do peso do ovo, a gema 29% e o albúmen 61,5% (BELITZ & GROSH, 1987; KOVACS-NOLAN et al., 2005), proporções diferentes das observadas. Os resultados de ESPC, RESC estão de acordo com Zhai et al. (2013) que não encontraram diferença para estes parâmetros quando testaram diferentes níveis de colina na dieta de poedeiras.

Barroeta et al. (2013) afirmam que com níveis entre 132-250 mg/kg de niacina é possível melhorar a qualidade da casca do ovo e talvez esta seja a razão pela qual os parâmetros porcentagem de casca (CASC), espessura de casca (ESPC), resistência de casca (RESC) e gravidade específica (GRAV) não apresentaram diferença significativa, devido a utilização de níveis mais baixos que este (8,33-41,67 mg).

Algumas vitaminas como o ácido fólico e a riboflavina (STAMBERG et al., 1946; HOUSE et al., 2002) podem ser depositadas diretamente na gema do ovo, entretanto não foram realizadas análises para afirmar que a variação no peso desta foi devido à deposição de vitaminas.

A produtividade é influenciada pelo nível de nutrientes da dieta das aves de acordo com sua necessidade metabólica. O aumento no nível das vitaminas possibilita a melhoria nos resultados devido ao atendimento das exigências. Estudos sobre as vitaminas mostram que a suplementação destas na dieta em níveis acima dos mínimos recomendados permite que as aves alcancem seu potencial genético (BARROETA et al., 2013). Os resultados apresentados neste trabalho mostram que a suplementação de vitaminas hidrossolúveis na dieta para poedeiras comerciais é de fundamental importância e sua suplementação insuficiente pode causar um impacto negativo na performance dos animais.

Neste experimento foi possível observar que grande parte dos parâmetros avaliados apontaram para níveis ótimos iguais ou superiores à recomendação sugerida por Rostagno et al. (2011) (representada pelo nível de 100% de suplementação de VH). A partir dos níveis ótimos calculados foi calculada uma média para determinar a recomendação da suplementação de vitaminas hidrossolúveis, a qual foi de 116,64%.

CONCLUSÃO

O melhor resultado alcançado foi obtido com nível de suplementação em média de 116,64%, calculado a partir dos parâmetros avaliados. Portanto, recomenda-se a suplementação de vitaminas hidrossolúveis para poedeiras leves com 28 a 44 semanas de idade de 1,75 mg de vitamina B₁; 4,67 mg de vitamina B₂; 1,98 mg de vitamina B₆; 0,015 mg de vitamina B₁₂; 11,66 mg de ácido pantotênico; 29,16 mg de niacina; 0,58 mg de ácido fólico; 0,058 mg de biotina e 256,6 mg de colina por quilo de ração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHN, D. U.; KIM, M.; SHU, H. Effect of Egg Size and Strain and Age of Hens on the Solids Content of Chicken Eggs. **Poultry Science**, v. 76, p. 914–919, 1997.
- ALAHYARI-SHAHRASB, M.; MORAVEJ, H.; SHIVAZAD, M. Decreasing vitamin premix on chicken carcass composition and blood chemistry in floor and battery cage systems. **Italian Journal of Animal Science**, v. 11, n. 14, p. 77-81, 2012.
- ASADUZZAMAN, M.; JAHAN, M.S.; MONDOL, M.R. et al. Efficacy of different commercial vitamin-mineral premixes on productive performance of caged laying pullets. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 8, p. 589-595, 2005.
- BARROETA, A. C. et al. **Optimum Vitamin Nutrition**. Sheffield, Reino Unido: 5M Publishing, 385 p., 2013.
- BELITZ, H. D.; GROSH, W. Food Chemistry, **Springer-Verlag Berlin**, 11, p. 400-41, 1987.
- BUNCHASAK, C.; KACHANA, S. Dietary folate and vitamin B12 supplementation and consequent vitamin deposition in chicken eggs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 41, n. 7, p. 1583-9, 2009.
- FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; GONZALEZ, M. M. et al. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 509-512, 2004.
- HOUSE, J. et al. The enrichment of eggs with folic acid through supplementation of the laying hen diet. **Poultry Science**, v. 81, n. 9, p. 1332-1337, 2002.
- HY-LINE. **Manual de manejo: W-36, poedeiras comerciais** Hy-Line International, 41p., 2015.
- JING, M.; MUNYAKA, P. M.; TACTACAN, G. B. et al. Performance, serum biochemical responses, and gene expression of intestinal folate transporters of young and older laying hens in response to dietary folic acid supplementation and challenge with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 122-31, 2014.
- KOVACS-NOLAN, J.; PHILLIPS, M.; MINE, Y. Advances in the value of eggs and egg components for human health, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 8421-8431, 2005.
- KÜÇÜKERSAN, S. The effect of niacin added to the laying hen rations on egg production and egg quality with some blood metabolites. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, Ankara, v. 47, n. 2, p. 201-212, 2000..
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the Chicken**. Guelph, Canada: University Books, 591p., 2001.
- MAZZUCO, H. **Vitaminas: funções metabólicas e exigências nutricionais para poedeiras**. Avicultura Industrial. São Paulo: 32-37 p., 2006.
- MCDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition**. Iowa: Iowa State University Press, 2000.

NOBAKHT, A. Effect of different levels of mineral and vitamin premix on laying hens performance during the first laying phase. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, p. 883-886, 2014.

NRC. **Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition**, 1994. Washington, DC: The National Academies Press, 1994.

PADHI, P.; COMBS, G. F. Effect of dietary thiamine intake on red blood cell trankeolase activity in laying hens. **Poultry Science**, v. 44, p. 1405, 1965.

ROSTAGNO, H. S.; DA SILVA, C. R.; BRITO, C. O. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 252p., 2011.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2016.

SAS INSTITUTE. **SAS User's Guide: Statitics**. Versão 9.4. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2012.

SQUIRES, M. W.; NABER, E. C. Vitamin Profiles of Eggs as Indicators of Nutritional Status in the Laying Hen: Riboflavin Study. **Poultry Science**, v. 72, n. 3, p. 483-494, 1993.

SQUIRES, M. W.; NABER, E. C. Vitamin Profiles of Eggs as Indicators of Nutritional Status in the Laying Hen: Vitamin B12 Study. **Poultry Science**, v. 71, n. 12, p. 2075-2082, 1992.

STAMBERG, O. E.; PETERSEN, C. F.; LAMPMAN, C. E. Ratio of Riboflavin in Yolks and Whites of Eggs. **Poultry Science**, v. 25, n. 4, p. 327-329, 1946.

VASCONCELOS, R. J. C.; Baião, N.C.; Lara, L.J.C. et al. Efeitos da suplementação de colina sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1116-1122, 2013.

WEISS, F.; SCOTT, M. Influence of vitamin B6 upon reproduction and upon plasma and egg cholesterol in chickens. **Journal of Nutrition**, v. 109, p. 1010-1017, 1979.

ZHAI, Q. H.; Dong, X. F.; Tong, J. M. et al. Long-term effects of choline on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens. **Poultry Science**, v. 92, n. 7, p. 1824-9, 2013.

APÊNDICE

Tabela 1. Equações de regressão e níveis ótimos de suplementação de vitaminas hidrossolúveis para poedeiras leves de 28 a 44 semanas de idade, baseados em análise de regressão quadrática.

Variáveis	Equação quadrática	R ²	Níveis ótimos (Quadrática)
CR (g/ave/dia) ¹	$Y=68,183 + 0,5183X - 0,0023X^2$	0,83	112,67
TP (%) ²	$Y=49,023 + 0,9623X - 0,0043X^2$	0,83	111,89
PO (g) ³	$Y=46,884 + 0,2543X - 0,0011X^2$	0,85	115,59
MO (g) ⁴	$Y=26,811 + 0,6063X - 0,0027X^2$	0,85	112,27
PP (g/ave) ⁵	$Y=-370,84 + 4,9906X - 0,0218X^2$	0,91	114,46
CMO (g/g) ⁶	$Y=2,502 - 0,0184X + 0,00008X^2$	0,83	115,00
CDZ (kg/dz) ⁷	$Y=2,1628 - 0,021X + 0,0001X^2$	0,79	105,00
GEM (%) ⁸	$Y= 24,754 + 0,0291 - 0,0001X^2$	0,87	145,50
ALB (%) ⁹	$Y= 66,001 - 0,0233X + 0,0001X^2$	0,92	116,50
UH ¹⁰	$Y=84,508 - 0,0235X + 0,0001X^2$	0,63	117,50
Média dos níveis ótimos			116,64

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10} CR=consumo de ração, TP=taxa de postura, PO=peso de ovo, MO=massa de ovo, PP=perda de peso, CMO=conversão alimentar por massa de ovo, CDZ=conversão alimentar por dúzia de ovos, GEM=porcentagem de gema, ALB=porcentagem de albúmen, UH=Unidade Haugh.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO
CEUAP/UFV

Campus Universitário – Viçosa, MG – 36570-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: ceuap@ufv.br – site: www.ceuap.ufv.br

Viçosa, 18/11/15

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "**Níveis de suplementação de vitaminas em dietas para galinhas poedeiras de ovos brancos**", protocolo **nº 057/2015**, sob a responsabilidade de **Luiz Fernando Teixeira Albino** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo chordata, subfilo vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo conselho nacional de controle da experimentação animal (concea), e foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa (ceuap-ufv) em reunião de **06/Nov/2015**.

Vigência do Projeto: de **20/10/2015** a **10/02/2016**

Espécie/linhagem: **Galinhas Poedeiras** N° de animais: **600**

Peso: **1,47Kg** Idade: **28 semanas** Sexo: **Femeas** Origem: **Granja Mayra Pedralva, MG**

CERTIFICATE

We certify that the project entitled "**Supplementation levels of vitamins on white egg laying hens diets**" protocol **nº 057/2015**, under the responsibility of **Luiz Fernando Teixeira Albino** - which involves the production, maintenance and / or use of animals belonging to the phylum chordata, subphylum vertebrata (except man), for scientific research purposes (or education) - is in accordance with the law nº. 11.794, of October 8, 2008, Decree nº. 6899 of July 15, 2009, and the rules issued by the Brazilian National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on the use of farm animals of Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV) in its meeting on **Nov, 06th, 2015**.

Duration of the Project: from **Oct, 20th, 2015** to **Feb, 10th, 2016**.

Species / strain: **Hens** N° of animals: **600**

Weight: **1,47Kg** Age: **28 weeks** Sex: **Female** Source: **Granja Mayra Pedralva, MG**

Mário Luiz Chizzotti
Coordenador da CEUAP/UFV