

CÁLCIO E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS EM POSTURA

SOUZA, Christiane Silva ¹;
BARRETO, Sérgio Luiz de Toledo ²;
VIEITES, Flávio Medeiros ³;
CALDERANO, Arele Arlindo ²;
MORAES, George Henrique Kling de ⁴;
OLIVEIRA, Maria Goreti de Almeida ⁴.

Recebido: 16/08/2016

Aceito: 25/11/2017

¹Zootecnista, Doutora em Bioquímica Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); ²Professor do Departamento de Zootecnia/UFV; ³Professor do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Juiz de Fora; ⁴Professor do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular/UFV.

RESUMO

A nutrição desempenha importante papel na obtenção de bons índices produtivos e de tecido ósseo de qualidade nas aves. Inúmeros nutrientes da dieta influenciam diretamente o crescimento, a manutenção óssea e a qualidade de ovos, destacando-se o cálcio (Ca) e o fósforo (P). O esqueleto consiste no reservatório de Ca e P do organismo e nas poedeiras essa função é particularmente importante, uma vez que a casca do ovo contém aproximadamente 10% do Ca corporal total da ave. Assim, há alta demanda de Ca para manter a homeostase sanguínea, concomitantemente à formação da casca. Mecanismos fisiológicos controlam a integridade do esqueleto em resposta às diferentes necessidades da vida produtiva da ave de postura. Na presente revisão foram apresentadas informações técnicas e fisiológicas acerca do Ca e do P para codornas japonesas em postura. Foram verificadas diferenças nas recomendações nutricionais de Ca e P disponível (P_{disp}) para codornas japonesas, decorrentes dos seguintes fatores: fonte e disponibilidade biológica dos minerais, idade das aves, capacidade absorptiva e nível de energia das dietas.

Palavras-chave: *Coturnix coturnix japonica*. Desempenho. Ossos. Qualidade de ovos.

INTRODUÇÃO

A exploração comercial de codornas constitui importante segmento da avicultura no Brasil. Em 2016, o efetivo nacional de codornas foi de 15,09 milhões de cabeças, e a produção de ovos foi de 273,30 milhões de dúzias (IBGE, 2016). Houve produção de ovos de codorna em 876 municípios, sendo São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais, os estados com expressiva atividade coturnícola (IBGE, 2017).

Dentre as espécies de codornas, a *Coturnix coturnix japonica* (codornas japonesas), utilizada para produção de ovos é a que mais se destaca. O seu uso comercial decorreu de inúmeros fatores, tais como a pequena exigência de espaço, rápido crescimento, maturidade sexual precoce, elevada eficiência produtiva, grande resistência a enfermidades, baixo investimento inicial à produção e rápido retorno do capital (ROSA et al., 2011).

No que se refere à produção de codornas japonesas, existem informações limitadas acerca das exigências nutricionais. Isso pode comprometer os custos com a alimentação ao se subestimar ou superestimar suas exigências, e ainda causar prejuízos ao setor. Assim, é importante conhecer o metabolismo desses animais, de modo a proporcionar uma nutrição de precisão, tendo como consequência melhorias no desempenho produtivo (GARCIA et al., 2012). O uso de programas alimentares balanceados tem por objetivo reduzir os custos, bem como minimizar os impactos ambientais advindos de resíduos da produção animal por meio do suprimento exato de nutrientes aos animais.

Faz-se de relevância o cuidado com a nutrição, uma vez que essa desempenha papel essencial na obtenção de bons índices produtivos e de tecido ósseo de qualidade das aves. Inúmeros nutrientes da dieta influenciam diretamente o crescimento, a manutenção óssea e a qualidade dos ovos, destacando-se o cálcio (Ca) e o fósforo (P).

Na presente revisão bibliográfica foram apresentadas informações técnicas e fisiológicas acerca do cálcio (Ca) e do fósforo (P) para codornas japonesas em postura.

CÁLCIO E FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS

Os minerais representam de 3 a 4% do peso vivo das aves, estando envolvidos em várias vias metabólicas, exercendo funções importantes no crescimento e reprodução. Tais funções fisiológicas não se limitam apenas na manutenção da vida, mas também no aumento da produtividade do animal (PINTO et al., 2012). O cálcio (Ca) e o fósforo (P) são os que apresentam maiores exigências dietéticas e também os que afetam principalmente o desempenho das aves.

O Ca é o mineral mais abundante no organismo animal, representando a relação corporal de 1:75; sua maior parte (99%) encontra-se na forma de hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ nos ossos (BERTECHINI, 2014). Durante a absorção, o metabolismo e a excreção, o Ca e o P interagem-se, o que faz com que haja uma relação em torno de 2:1 (VARGAS JÚNIOR et al., 2003). Além da participação na estrutura óssea, o Ca está distribuído em tecidos moles (1%), exercendo funções variadas, tais como ativador de enzimas, transmissão de estímulos nervosos e no processo de coagulação sanguínea (ADEDOKUN; ADEOLA, 2013; BERTECHINI, 2014).

A utilização do Ca pelo organismo depende principalmente da idade da ave (NUNES et al., 2006). Durante o período de crescimento da ave de postura, a maior proporção do Ca dietético é utilizado para formação dos ossos, enquanto que na fase adulta, para a produção de ovos, direciona-se para a formação da casca (VARGAS JÚNIOR et al., 2004). O Ca^{2+} para formação da casca proveniente da reabsorção óssea e da absorção intestinal é transportado através do sangue até a luz da câmara calcígena (CARVALHO; FERNANDES, 2013). Transporte este mediado pela atividade da anidrase carbônica, enzima chave na formação da casca de ovos (PERSSON, 2009; SCOTTÁ et al. 2014).

Segundo Mello (2015), para a formação da casca do ovo, aproximadamente 30% do Ca é proveniente dos ossos, e isto acontece pelo fato de que no útero, aonde ocorre a deposição do carbonato de Ca no ovo, não há estocagem de Ca, ou seja, a fração orgânica da casca é sintetizada por glândulas e o Ca mobilizado do sangue, e essa transferência do plasma para o útero é muito rápida.

Os sintomas de deficiência de Ca em aves em desenvolvimento incluem atraso no crescimento, diminuição no consumo de alimento e fragilidade óssea; em aves adultas, presença de ovos com casca fina, redução na produção de ovos, no conteúdo de cinzas e de Ca nos ossos (GARCIA; PIZZOLANTE, 2004).

O P, por sua vez, está associado tanto na absorção quanto no metabolismo do Ca, sendo que mais de 80% desse elemento associa-se ao Ca na formação óssea, e o restante está nos tecidos moles. Dentre as funções exercidas pelo P, têm-se a participação nos ossos (hidroxiapatita), nas membranas celulares na forma de fosfolipídios (lecitina), como fosfato nas moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) e ribonucleico (RNA), e nas formas de energia potencial, tais como adenosina difosfato e trifosfato – ADP e ATP, respectivamente (ADEDOKUN; ADEOLA, 2013; DIBARTOLA, 2007; NIE et al., 2013).

O esqueleto é o reservatório de Ca e P do organismo e nas poedeiras essa função é particularmente importante, uma vez que a casca do ovo contém aproximadamente 10% do Ca corporal total da ave. Assim, há alta demanda de Ca para manter a homeostase sanguínea, concomitantemente à formação da casca (MAZZUCO, 2011). Mecanismos fisiológicos controlam a integridade do esqueleto em resposta às diferentes necessidades da vida produtiva da ave de postura. A importância relativa do intestino e ossos como fontes de Ca dependem da concentração do mineral da dieta (MAZZUCO, 2005).

De maneira geral, existe uma barreira intestinal, tais como pH e viscosidade, que dificulta a absorção da maioria dos minerais, desse modo, os níveis dietéticos normalmente se apresentam além das necessidades reais, resultando numa menor taxa de aproveitamento com consequente impacto ambiental pelo excesso de excreção (BERTECHINI, 2012).

Para garantir a qualidade da casca do ovo, os níveis de Ca e P devem ser adequados, atendendo as exigências nutricionais das aves. Cabe salientar que a exigência nutricional das codornas pode ser alterada em função do tipo de ave (codorna japonesa ou europeia), sexo, idade e objetivo do criatório – produção de ovos para consumo ou para incubação, ou produção de carne (ALBINO; BARRETO, 2003).

Nos últimos anos, as codornas japonesas ficaram mais pesadas e produtivas e com ovos maiores, e em razão dessas mudanças, ainda não há padronização de linhagens comerciais,

o que tem contribuído para a variação dos resultados de desempenho (ROSTAGNO et al., 2011). O *National Research Council* (NRC, 1994) preconizou 2,5% de Ca e 0,35% de P disponível (P_{disp}) nas dietas para codornas japonesas na fase de postura. Rodrigues et al. (2013) evidenciaram que exigências estabelecidas em certos países temperados e principalmente as recomendadas pelo NRC (1994), foram muito utilizadas no passado, contudo, na atualidade, não podem ser aplicáveis com segurança em países tropicais.

No Brasil foram elaboradas duas tabelas com indicações dos níveis nutricionais adequados para as codornas japonesas (ROSTAGNO et al., 2017; SILVA; COSTA, 2009). As exigências nutricionais de Ca e P_{disp} apresentadas por Rostagno et al. (2017) para codornas japonesas em postura foram 2,990 e 0,309; 3,158 e 0,327; e 3,342% e 0,346% para aves com peso corporal de 0,190, 0,200 e 0,210 kg, respectivamente.

Inúmeras pesquisas estão sendo realizadas, com o intuito de estabelecer informações precisas acerca das necessidades nutricionais das codornas japonesas, de modo que seja possível a expressão do máximo desempenho produtivo associado à higidez. Na Tabela 1 estão apresentados os valores de Ca e P_{disp} preconizados por diferentes autores para codornas japonesas em postura.

Tabela 1 - Recomendações percentuais de Ca e P_{disp} para codornas japonesas em postura em diferentes estudos.

Autores (referência)	Cálcio (%)	Fósforo disponível (%)	Idade
Pedroso et al. (1999) ¹	3,50	0,45	6-16 semanas
Masukawa et al. (2001) ¹	2,00 - 3,05	-	6-29 semanas
Barreto et al. (2007) ¹	3,20	-	8-12 semanas
Brandão et al. (2007) ¹	3,51	-	6-19 semanas
Costa et al. (2007) ¹	2,50	0,31	8-21 semanas
Costa et al. (2010a) ¹	3,50	0,15	45-57 semanas
Costa et al. (2010b) ¹	3,80	-	45-57 semanas
Costa et al. (2011) ¹	-	0,15	45-57 semanas
Silva (2011) ¹	2,50	0,25	7-54 semanas
Amoah et al. (2012) ²	2,50	0,35	12-42 semanas
Sbano (2012) ¹	2,80	-	9-18 semanas
Silva et al. (2012) ¹	2,92 - 3,50	0,35 - 0,40	-
Vieira et al. (2012) ¹	2,00	0,31	26-38 semanas
Nascimento (2013) ¹	3,099	0,323	21-36 semanas
Aguda et al. (2015) ³	2,50	0,35	7-20 semanas

¹Estudos realizados no Brasil (América do Sul); ²Estudo realizado na Nigéria (África); ³Estudo realizado em Nueva Ecija, República das Filipinas (Ásia).

Rodrigues et al. (2013) compilaram dados acerca das exigências nutricionais de Ca e P_{disp} para codornas japonesas em postura. Os percentuais de Ca foram de 2,80 a 3,20, e os de P_{disp} de 0,27 a 0,43. Os valores apontados para P_{disp} foram maiores que os recomendados por Costa et al. (2010a, 2011), Silva (2011) e Nascimento (2013). O percentual de Ca também foi superior aos sugeridos por Silva (2011), Amoah et al. (2012), Vieira et al. (2012) e Aguda et al. (2015).

As diferenças nas recomendações de Ca e P_{disp} para codornas japonesas decorrem de inúmeras razões, tais como: a fonte e a disponibilidade biológica dos minerais (ARAUJO et al., 2008), a idade das aves (VARGAS JÚNIOR et al., 2003), a capacidade absorptiva (BARRETO et al., 2007; LIMA, 2011; MURATA et al., 2009) e o nível de energia nas dietas (COSTA et al., 2010b).

Applegate e Angel (2014) relataram que o fornecimento excessivo de P dietético em criações comerciais é comum, com valores superiores em 20 a 100%, além das exigências das aves. Dentre as principais razões para tal extrapolação têm-se a falta de informações acerca do P_{disp} nos ingredientes, bem como a variabilidade desses ingredientes.

A exigência é maior em aves jovens, quando a taxa de crescimento é alta, e diminui em adultas, quando o peso corporal é alcançado (VARGAS JÚNIOR et al., 2003). Ao alcançarem o trato gastrointestinal, os minerais devem ser inicialmente solubilizados para liberarem íons e serem absorvidos. No entanto, estando na forma iônica, os minerais podem formar complexos com outros componentes da dieta, dificultando a absorção ou tornando-os indisponíveis aos animais. Assim, os níveis de minerais fornecidos nas dietas são frequentemente superiores aos mínimos exigidos para otimizar o desempenho, resultando em excesso de fornecimento (ARAUJO et al., 2008).

As aves jovens têm maior capacidade de absorver Ca, sendo o valor de retenção de 60%, enquanto que nas aves mais velhas a capacidade absorptiva aproxima-se de 40% (BARRETO et al., 2007; MURATA et al., 2009). Quanto ao P, a referida capacidade é progressiva, na medida em que avança a idade, aumenta-se a absorção (LIMA, 2011).

Lima (2011) descreveu a maior parte dos estudos avaliando minerais para codornas, baseiam-se no método empírico (dose-resposta), que determina a exigência através dos níveis de ingestão de um único nutriente. Devido a isto, os resultados ficam restritos às condições experimentais em que os animais foram submetidos, ocasionando discrepâncias de estimativas.

ABSORÇÃO DO CA E DO P EM AVES DE POSTURA

As concentrações plasmáticas de Ca e P são controladas dentro de uma estreita margem de variação, tanto dentro quanto fora da célula, através de rigorosos mecanismos interativos entre paratormônio (PTH), calcitonina (CT), 1,25 dihidroxicolecalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) e estrogênio e os seus respectivos receptores localizados no intestino, ossos e rins (PROSZKOWIEC-WEGLARZ; ANGEL, 2013; RUTZ et al., 2007).

Com baixos níveis de Ca^{2+} no sangue, células da paratireóide rapidamente liberam o PTH, que por sua vez atua aumentando a reabsorção óssea, liberando Ca^{2+} a partir da matriz óssea para a circulação, e ainda promovendo reabsorção renal. As ações descritas tendem a restaurar a concentração sérica de Ca^{2+} . Em situações crônicas, o PTH aumenta a produção de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ para melhorar a absorção intestinal de Ca^{2+} (CHANG et al., 2008).

Estudos sugerem que o PTH aumenta o transporte transepitelial de Ca^{2+} e que as proteínas quinases A e C participam desse processo. Ainda, o PTH estimula a adenilato ciclase renal e então ativa a enzima 1- α -hidroxilase, promovendo aumento na concentração de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Os receptores sensíveis ao Ca^{2+} (CaRS) acoplados à proteína G, localizados nas membranas das células paratireoides captam alterações nas concentrações de Ca^{2+} e sinalizam para obter respostas nestas células, ou seja, o Ca atua modulando a resposta celular através de uma proteína G. Altas alterações de Ca^{2+} extracelular sustentam um aumento de Ca^{2+} intracelular ou redução do monofosfato cíclico de adenosina (cAMP), os quais inibem a secreção de PTH (CHANG et al., 2008; HOENDEROP et al., 2005; SILVA, 2014).

A absorção do Ca ocorre em dois pontos diferentes: pela membrana dos enterócitos com ajuda da vitamina D e uma proteína transportadora (calbindina) e pelo espaço intercelular do epitélio intestinal com o auxílio do PTH (PINTO et al., 2012). A absorção do Ca ao longo do intestino acontece principalmente no duodeno e jejuno. Tal processo pode ser tanto por difusão quanto por transporte ativo. Dentre os fatores que interferem na absorção, destaca-se o nível de Ca na dieta.

Há outros mecanismos que estimulam a rápida absorção de Ca, presumivelmente através de mecanismos não genômicos, possivelmente por modificação direta dos fosfolipídios das membranas dos enterócitos, com fluxo de íons de Ca via trans e intracelular (GUADARRAMA, 2001).

De acordo com Maiorka e Macari (2008), aves submetidas a dietas com altos níveis de Ca, têm menor taxa de absorção desse mineral quando comparadas àquelas alimentadas com níveis de Ca mais baixos, devido a uma provável saturação da proteína transportadora de Ca na membrana (PTCa). Ainda, o excesso de Ca tem um efeito neutralizante no intestino, causando elevação do pH, redução de formação de fosfato de cálcio insolúvel no trato digestório e prejuízos às funções metabólicas (AGUDA et al., 2015). Alterações na relação Ca:P, bem como o estado nutricional da ave podem afetar a absorção de Ca. Quanto mais velha a ave, menor a capacidade de absorção (COSTA et al., 2010a).

A absorção de Ca^{2+} em aves de postura está relacionada com o estado fisiológico do animal. Poedeiras afetadas por alterações no equilíbrio ácido-básico, como quando expostas a altas

temperaturas, podem produzir ovos com casca mais fina, pois o metabolismo do Ca altera-se durante o processo de formação de casca. Tal fato ocorre porque a alcalose afeta a concentração de Ca sanguíneo. A câmara calcígena das aves remove o Ca ionizado (difusível) do sangue para formar a casca, e esse pode ser rapidamente resposto pela dissociação do Ca ligado a proteína (Ca não difusível). Porém, durante o estresse por calor, há um aumento no pH, devido à perda de dióxido de carbono (CO_2), sendo esse aumento acompanhado por diminuição no nível sanguíneo de Ca difusível (MURAKAMI; GARCIA, 2014). Essa situação é indesejável, principalmente em sistema de produção de ovos, uma vez que está diretamente relacionada com a piora na qualidade de casca dos ovos (PASTORE et al., 2014).

A homeostase do P_i (fósforo inorgânico) é determinada pela absorção intestinal de P dietético, reabsorção renal e excreção, bem como pelo armazenamento extracelular e ósseo. A absorção de P ocorre no intestino delgado, sendo o duodeno o principal local absorptivo. O processo é estimulado pelo $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, tal qual o Ca^{2+} , sendo 60 a 70% do PO_4^{3-} dietético absorvido pelo transporte ativo. O transportador do fósforo (P_i) é sódio-dependente ($\text{NaP}_i\text{-IIb}$), regulado pela vitamina D_3 e pelas concentrações de P_i no lúmen intestinal, uma vez que a presença de íons (ferro, magnésio, alumínio e Ca) reduz a disponibilidade de P (ADEDOKUN; ADEOLA, 2013; MAIORKA; MACARI, 2008; NIE et al., 2013).

A excreção de Ca e P ocorre por dois processos: 1) relacionada ao material que não foi absorvido; e 2) por via urinária, onde há controle hormonal na excreção renal. Este controle de excreção é altamente correlacionado com as quantidades séricas de Ca e P, refletindo o estado fisiológico do animal num determinado momento. Desse modo, a excreção é influenciada diretamente pela absorção e utilização desses minerais pelo animal. O PTH também atua por meio dos receptores sensíveis ao cálcio, reduzindo de forma direta a excreção de Ca via urina e, indiretamente (ação da vitamina D), via excretas. Ao mesmo tempo, o PTH aumenta a excreção de P, devido sua ação sobre os ossos liberando íons fosfato na circulação (ALMEIDA, 2011; COSTA, 2009; SILVA, 2014). Os ossos são grandes depósitos para suprir a necessidade circulante destes elementos químicos, sofrendo constante remodelagem e renovação (PIZAURO JÚNIOR, 2008).

O processo de remodelação do osso pode ser dividido em três fases: ativação inicial, reossificação e subsequente deposição e calcificação da matriz (osteogênese). Tanto a destruição como a formação óssea ocorrem simultaneamente em diferentes locais do osteón. Em circunstâncias normais, a superfície do osso é coberta por osteoblastos inativos. Quando inicia a ativação da superfície óssea por estímulo hormonal ou mecânico, os osteoblastos regridem e os osteoclastos são recrutados para a área. Ao mobilizar as reservas de Ca do esqueleto, as poedeiras são capazes de manter os níveis de Ca e P no plasma (RUTZ et al., 2013).

Uma vez completamente formado e que o animal atinja seu tamanho esquelético adulto, o osso não se torna uma estrutura totalmente quiescente. Durante toda a vida do animal sofrerá remodelamento, processo em que o osso envelhecido e danificado é substituído por um novo com pouca ou nenhuma alteração na massa óssea. O remodelamento ósseo permite ao esqueleto agir como depósito de minerais, permitindo transferir o Ca e outros íons para dentro ou fora do osso (REECE, 2006).

Os ossos constituem-se de aproximadamente de 70% de minerais, 22% de proteínas e 8% de água. A matriz orgânica do osso é responsável por sua elasticidade, representando aproximadamente 25% do seu peso seco. Os componentes inorgânicos são responsáveis pela rigidez, sendo aproximadamente 75% do seu peso seco, e são compostos formados por fosfato e carbonato de cálcio. Cerca de 30% da porção orgânica da matriz extracelular é composta por proteínas colagenosas (PC), em que 90% são representados por colágeno tipo I e os 10% restantes são constituídos por proteoglicanas e proteínas não colagenosas (PNC) e alguns fatores de crescimento (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

Ao aproximar-se a maturidade sexual, a ave inicia um processo de mudança que permite a formação de ovos, sendo necessária reserva de Ca nos ossos. O começo da ovulação em poedeiras está associado com um aumento da absorção de Ca e por elevadas concentrações de calbindina D_{28k} , o que coincide com aumento nas concentrações de $1,25(OH)_2D_3$. A calbindina D_{28k} tem um sinergismo com esteróides sexuais (estrógeno), relacionado com o crescimento e a maturação do oviduto (SILVA, 2014). O estrógeno regula, nos osteoblastos, a expressão de genes que codificam o colágeno tipo I, a fosfatase alcalina e proteínas não

colagenosas, aumentando a diferenciação dos osteoblastos e exercendo efeito estimulatório sobre síntese e mineralização da matriz óssea (RIBEIRO et al., 2003).

Amoah et al. (2012) observaram interação significativa entre níveis dietéticos de Ca (2,5; 3,0 e 3,5%) e P_{disp} (0,25 e 0,35%) para codornas japonesas em postura (14 a 21 semanas de idade). Os resultados mostraram maior teor de cinzas nas tíbias das aves alimentadas com 3,5% de Ca, independentemente dos níveis de P_{disp} . Pande et al. (2015) explicaram que níveis adequados de $1,25(OH)_2D_3$ são necessários para o desenvolvimento e reparações dos ossos, de modo que elevados valores de $1,25(OH)_2D_3$ inibem a diferenciação de osteoblastos, a mineralização de osteócitos e a proliferação de células normais durante a diferenciação osteogênica.

DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS DE CODORNAS JAPONESAS

O ovo da codorna japonesa pesa aproximadamente 12 g, e a casca representa em média 8% de seu peso total, ou seja, equivale a 0,96 g. Se 30% do peso da casca é devido ao teor de Ca nela contido, necessita-se 0,288 g de cálcio para a formação da casca de um ovo por dia. Ao considerar que o referido ovo tem em sua composição nutricional, 8,7 mg de Ca e 30,7 mg de P, a relação P:Ca equivale a 3,5:1, assim faz-se necessário um teor total de 0,297 g de Ca para produção de um único ovo (COSTA et al., 2010a).

No início da vida produtiva a ave de postura tem balanço negativo de Ca, dessa forma, torna-se crucial a adequada reserva de cálcio ósseo nessa fase, para a produção e qualidade da casca do ovo. O aumento de Ca nas dietas pré-postura pode aumentar o conteúdo desse mineral nos ossos até a ave alcançar a maturidade sexual, uma vez que a redução do Ca ocasionaria diminuição do hormônio folículo estimulante, tendo como consequência menor produção de ovos (KESHAVARZ, 1987; RODRIGUES et al., 2005; VARGAS JÚNIOR et al., 2004).

Brandão et al. (2007) estudaram sete níveis de Ca (2,95 a 3,85%) nas dietas de codornas japonesas de 6 a 19 semanas de idade. Os pesquisadores observaram efeito quadrático dos níveis de Ca sobre a conversão por dúzia de ovos, massa e produção de ovos, sendo os valores máximos estimados para essas variáveis de 3,34, 3,51 e 3,45% de Ca, respectivamente. O consumo de ração e a conversão por massa de ovos não foram influenciados, e a recomendação foi de 3,51% de Ca dietético.

No experimento de Pizzolante et al. (2007), o escalonamento da oferta de Ca dietético (5,0% no total) não alterou o consumo de ração e a conversão alimentar de codornas japonesas com 54 semanas de idade. De modo similar, Pedroso et al. (1999) relataram que a combinação entre diferentes quantidades de Ca (2,5; 3,0 e 3,5%) e de P (0,25; 0,45; 0,65 e 0,85%) nas dietas para codornas japonesas de 6 a 16 semanas de idade, não proporcionou resultados significativos para percentual de postura, consumo de ração, conversão alimentar e peso dos ovos.

Quanto à qualidade de ovos, Costa et al. (2007) relataram que níveis de P_{disp} (0,15; 0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%) influenciaram de forma quadrática a altura e o diâmetro médio dos ovos de codornas japonesas durante a fase inicial da postura e o Ca (2,5 e 3,2%) na casca e percentagens de Ca e P nos ossos. A porcentagem e o peso de gema reduziram até os níveis 0,40 e 0,25% de P_{disp} , respectivamente.

Embora seja observada melhoria nos ovos comercializáveis com o aumento dos valores de P_{disp} nas dietas, tais valores influenciam de forma negativa a qualidade da casca e a gravidade específica, que por sua vez podem ser melhoradas com níveis adequados de Ca. Assim, evidencia-se a importância do Ca para melhor qualidade dos ovos quando comparado ao P (COSTA et al., 2010c; VIEIRA et al., 2012). Ainda, quantidades abaixo das recomendações de P podem promover uma maior abertura dos poros da casca dos ovos ou um aumento do seu número, contribuindo para uma pior qualidade da casca, uma vez que possibilitam maior perda de CO_2 para o meio, influenciando o pH interno do ovo, comprometendo a manutenção da qualidade (COSTA et al., 2010c).

As codornas são tolerantes às variações de Ca na dieta, sendo o que metabolismo dessas aves permite adequar o nível de Ca necessário à produção de ovos e excretar o excesso desse mineral (MASUKAWA et al., 2001). Fisiologicamente, quando o Ca é fornecido em níveis baixos na dieta, há maior produção de proteínas envolvidas no transporte intracelular de Ca (CaBP), aumentando a eficiência de absorção e melhorando o aproveitamento desse mineral (COSTA et al., 2010a).

Raju et al. (1992) apud Costa (2006) testaram níveis de Ca (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5%) e de P (0,35; 0,50 e 0,65%) nas dietas de codornas de postura, e observaram que a produção de ovos, o

peso corporal, o peso do ovo e a espessura da casca foram influenciados significativamente pela concentração de Ca. O peso do ovo reduziu com 0,65% de P, e a concentração sérica de Ca e o percentual de cinzas ósseas não foram alteradas pelos níveis dietéticos de Ca, todavia, a concentração de Ca no sangue declinou com o aumento de P nas rações. Já Vieira et al. (2012) avaliaram Ca (2,0; 2,5 e 3,0%) e P_{disp} (0,10; 0,17; 0,24 e 0,31%) para codornas japonesas em postura de 26 a 38 semanas de idade. Os autores verificaram interação significativa entre os níveis de Ca e P para o teor de cinzas nas tíbias, de modo que, uma menor quantidade de cinzas foi obtida nos ossos das aves que receberam 0,14% de P_{disp} e 2,5% de Ca. No fornecimento de 3,0% de Ca houve aumento em 6,8% na quantidade de cinzas, quando comparada àquelas obtidas nas dietas com menor e maior nível de P_{disp} .

O tecido ósseo e as excretas de codornas japonesas no terço final de postura (45 a 57 semanas de idade) alimentadas com 3,0% de Ca e diferentes valores de P_{disp} (0,15; 0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%) foram estudados por Costa et al. (2011). Os resultados dos teores de cinzas nas excretas e P nas tíbias apresentaram resposta quadrática, com ponto de máxima deposição em 0,30% de P_{disp} , e 0,42% de P_{disp} , respectivamente. Ainda, ao aumentar o P_{disp} dietético houve maior retenção de magnésio e de Ca nos ossos, todavia, a relação Ca:P manteve-se entre 2,4 e 2,5:1, comprovando a capacidade dessas aves em regular a homeostase óssea, dos minerais de Ca e P, por meio da atuação dos hormônios calcitonina e PTH e da vitamina D_3 .

Costa et al. (2010a) também avaliaram Ca (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5%) e P_{disp} (0,15 e 0,35%) na dieta de codornas japonesas no terço final de postura. Os pesquisadores não verificaram interação significativa entre os níveis dos minerais. Entretanto, observaram aumento no teor de P excretado mediante o aumento de P_{disp} nas dietas e concluíram que 3,5% de Ca e 0,15% de P_{disp} foram suficientes para proporcionar bom desempenho produtivo e manutenção satisfatória da qualidade dos ovos das aves.

O excesso de P adicionado às dietas é eliminado nas excretas das aves, podendo causar sérios problemas ao meio ambiente, tais como a eutrofização e nitrificação, que provocam diminuição da quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios, lagos e subterrâneas, além de contaminarem o solo (DELEZIE et al., 2015; FUKAYAMA et al., 2008; MACEDO;

SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Além do exposto, o P é considerado o terceiro nutriente mais caro em dietas para monogástricos, ficando atrás somente das fontes de energia e proteína (PINHEIRO et al., 2015). Desse modo, inúmeras pesquisas estão sendo conduzidas objetivando a determinação da quantidade mínima do referido elemento que pode ser usada em níveis seguros, ou seja, sem o comprometimento das atividades fisiológicas e produtivas das aves. Algumas estratégias já estão sendo colocadas em prática, tais como uso suplementar de enzima exógena (fitase) em dietas marginalmente deficientes em minerais e a formulação de dietas com base no Ca e P digerível.

CONCLUSÃO

A cadeia avícola objetiva a obtenção de melhores índices zootécnicos, associados ao bem-estar e saúde dos animais, bem como ao menor custo de produção e impactos ambientais. Para tal, faz-se de relevância estudar, avaliar e inter-relacionar as variáveis produtivas e fisiológicas das aves mediante os diferentes planos nutricionais e condições criatórias.

As recomendações para codornas japonesas em postura de seis a 57 semanas de idade, variaram de 2,0 a 3,8% para o Ca e de 0,15 a 0,45% para o P_{disp}. As diferenças entre os valores preconizados decorreram de inúmeros fatores, tais como a fonte e disponibilidade biológica dos minerais, idade das aves, capacidade absorviva e o nível de energia nas dietas.

CALCIUM AND PHOSPHORUS IN THE NUTRITION OF LAYING JAPANESE QUAILS

ABSTRACT

Nutrition plays an important role for better rates of production and bone quality in poultry. Numerous dietary nutrients directly influence growth, bone maintenance and quality of eggs, especially calcium (Ca) and phosphorus (P). The skeleton is the body's reservoir of Ca and P and this function is particularly important in layers, since the eggshell contains approximately 10% of the total Ca of the bird's body. Thus, there is a high Ca demand to maintain blood homeostasis, concurrently with the formation of the shell. Physiological mechanisms control skeletal integrity in response to the different needs of the productive life of the laying bird. In this review technical and physiological information about the Ca and P for Japanese quails were presented. Differences were found in the nutritional recommendations of Ca and available P (A_P) for laying Japanese quails, resulting from the

following factors: supply and bioavailability of minerals, age of birds, absorptive capacity and energy level of diets.

Keywords: Bones. *Coturnix coturnix japonica*. Eggs quality. Bones. Performance.

CALCIO Y FÓSFORO EN LA NUTRICIÓN DE LAS CODORNICES JAPONESAS

RESUMEN

La nutrición juega un papel importante en conseguir buenas tasas de producción y la calidad del hueso en las aves. Numerosos nutrientes de la dieta influyen directamente en el crecimiento, el mantenimiento del hueso y la calidad de los huevos, especialmente calcio (Ca) y fósforo (P). El esqueleto es el depósito para el Ca y P del cuerpo en capas y esta función es particularmente importante, ya que la cáscara de huevo contiene aproximadamente 10% del calcio total del cuerpo de la ave. Por lo tanto, hay una gran demanda para mantener la homeostasis de Ca en la sangre, al mismo tiempo que la formación de la cáscara. Mecanismos fisiológicos controlan la integridad del esqueleto en respuesta a las diferentes necesidades de la vida productiva de las aves de postura. En esta revisión se presenta información técnica y fisiológica sobre el Ca y P para codornices japonesas. No se encontraron diferencias en las recomendaciones nutricionales de Ca y P disponible (P_{disp}) para codornices japonesas, como resultado de los siguientes factores: la oferta y la biodisponibilidad de minerales, la edad de las aves, la capacidad de absorción y el nivel de energía de las dietas.

Palabras clave: Calidad de los huevos. *Coturnix coturnix japonica*. Huesos. Rendimiento.

REFERÊNCIAS

ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O. Calcium and phosphorus digestibility: metabolic limits. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 600-608, 2013.

AGUDA, A. Y.; SEKONI, A. A.; OMAGE, J. J. Requirement of calcium and available phosphorus for laying Japanese quail birds (*Coturnix coturnix japonica*) in Nigeria. **Journal of Animal and Poultry Sciences**, v. 4, n. 3, p. 31-38, 2015.

ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 268p.

ALMEIDA, R. L. **Níveis de cálcio e relação cálcio: fósforo disponível em rações para galinhas poedeiras leves no segundo ciclo de produção.** Viçosa: UFV, 2011, 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2011.

AMOAHA, J. K.; MARTIN, E. A.; BARROGA, A. J.; et al. Calcium and phosphorus requirements of Japanese quail layers. **Journal of Applied Biosciences**, v. 54, p. 3892-3900, 2012.

APPLEGATE, T. J.; ANGEL, R. Nutrient requirements of poultry publication: history and need for an update. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 3, p. 567-575, 2014. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2014-00980>.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L.; et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 3, p. 53-60, 2008.

BARRETO, S. L. T.; PEREIRA, C. A.; UMIGI, R. T.; et al. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 68-78, 2007.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo dos minerais. In: BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos.** Lavras: Editora UFLA, 2012. P. 207-255.

BERTECHINI, A. G. Exigências de minerais para aves. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 2014. P. 375-388.

BRANDÃO, P. A.; COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V.; et al. Exigência de cálcio para codornas japonesas (*coturnix coturnix japonica*) em postura. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 17-21, 2007.

CARVALHO, L. S. S.; FERNANDES, E. A. Formação e qualidade da casca de ovos de reprodutoras e poedeiras comerciais. **Medicina Veterinária**, v. 7, n. 1, p. 35-44, 2013.

CHANG, W.; TU, C.; CHEN, T.; et al. The extracellular calcium-sensing receptor (CaSR) is a critical modulator of skeletal development. **Science Signaling**, v. 1, n. 35, p. 1-23, 2008. [doi:10.1126/scisignal.1159945](https://doi.org/10.1126/scisignal.1159945).

COSTA, C. H. R. **Níveis de fósforo e de cálcio em dietas para codorna japonesa em postura.** Viçosa: UFV, 2006, 73p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

COSTA, C. H. R.; BARRETO, S. L. T.; MOURA, W. C. O.; et al. Níveis de fósforo e cálcio em dietas para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2037-2046, 2007.

COSTA, C. H. R. **Níveis de cálcio e fósforo em dietas para codornas japonesas de 45 a 57 semanas de idade.** Viçosa: UFV, 2009, 84p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

COSTA, C. H. R.; BARRETO, S. L. T.; UMIGI, R. T.; et al. Balanço de cálcio e fósforo e estudo dos níveis desses minerais em dietas para codornas japonesas (45 a 57 semanas de idade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1748-1755, 2010a.

COSTA, C. H. R.; BARRETO, S. L. T.; GOMES, P. C.; et al. Teores de cálcio em dietas para codornas japonesas no terço final de postura (45 a 57 semanas de idade). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1225-1231, 2010b.

COSTA, C. H. R.; BARRETO, S. L. T.; GOMES, P. C.; et al. Níveis de fósforo disponível em dietas para codornas japonesas de 45 a 57 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2152-2160, 2011.

COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V.; LIMA, M. R.; et al. Relação entre exigências nutricionais vs. qualidade de ovos de codornas japonesas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, IV, CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, III. **Anais.** Lavras: 2010c. P. 50-70.

DELEZIE, E.; BIERMAN, K.; NOLLET, L.; et al. Impacts of calcium and phosphorus concentration, their ratio, and phytase supplementation level on growth performance, foot pad lesions, and hock burn of broiler chickens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 115-126, 2015. doi: 10.3382/japr/pfv011.

DIBARTOLA, S. P. **Anormalidades de fluidos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico na clínica de pequenos animais.** 3.ed. São Paulo: Roca, 2007. 680p.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 629-635, 2008.

GARCIA, E. A.; PIZZOLANTE, C. C. Nutrição de codornas para postura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, II, CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, I, 2004, Lavras. **Anais.** Lavras: UFLA, 2004. P. 65-76.

GARCIA, A. F. Q. M.; MURAKAMI, A. E.; MASSUDA, E. M.; et al. Milheto na alimentação de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 150-159, 2012.

GUADARRAMA, E. B. Importancia del calcio en patología endocrinológica. **Anales de Pediatría**, v. 54, Supl. 1, p. 45-57, 2001.

HOENDEROP, J. G. J.; NILIUS, B.; BINDELS, R. J. M. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, v. 85, p. 373-422, 2005. doi: 10.1152/physrev.00003.2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal – PPM 2016**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?&t=destaques>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pecuária Municipal 2016: Centro-Oeste concentra 34,4% do rebanho bovino do país. Notícia de 29/09/2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/16992-pecuaria-municipal-2016-centro-oeste-concentra-34-4-do-rebanho-bovino-do-pais.html>> Acesso em: 20 nov. 2017.

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

KESHAVARZ, K. Influence of feeding a high calcium diet for various durations in prelaying period on growth and subsequent performance of white leghorn pullets. **Poultry Science**, v. 66, n. 10, p. 1576-1582, 1987.

LIMA, C. B. **Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para manutenção e ganho de codornas em crescimento**. Areia, UFPB, 2011, 139p. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2011.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: conseqüências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária: aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. P. 167-173.

MASUKAWA, Y.; FERNANDES, E. B.; MORAES, V. M. B.; et al. Níveis de cálcio da dieta sobre o desempenho e a qualidade da casca de ovos de codornas japonesas. **Ars Veterinaria**, v. 17, n. 2, p. 144-148, 2001.

MAZZUCO, H. Osteoporose em poedeiras comerciais: uma doença metabólica multifatorial. **Circular Técnica**, n. 43, Concórdia: Embrapa Aves e Suínos, 2005. Disponível em: <<file:///C:/Users/pricc/Downloads/CUsersPiazzonDocumentsCIT-43.pdf>>.

MAZZUCO, H. Boas práticas na recria de frangas comerciais. **Produção Animal: Avicultura**, v. 5, n. 55, p. 10-15, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/913715/1/boaspraticasnarecriadefrangas0001.pdf>>.

MELLO, J. F. **Influência dos níveis de cálcio e fósforo na dieta de matrizes de codornas japonesas, no desempenho produtivo e no desenvolvimento ósseo embrionário da progênie.** Maringá: UEM, 2015. 82p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, 2015.

MURAKAMI, A. E.; GARCIA, E. R. M. Nutrição de codornas japonesas. In: SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 2014. P. 621-641.

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

NASCIMENTO, M. Q. **Níveis de cálcio e de fósforo em dietas para codornas japonesas utilizando fosfato bicálcico com duas granulometrias.** Alegre: UFES, 2013, 83p. Dissertação. (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of ring-necked pheasants, japanese quail and bobwhite quail. In: **Nutrient requirements of poultry.** 9. ed. Washington: National Academy Press, 1994. P. 44-45.

NIE, W.; YANG, Y.; YUAN, J.; et al. Effect of dietary nonphytate phosphorus on laying performance and small intestinal epithelial phosphate transporter expression in Dwarf pink-shell laying hens. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 34, p. 1-7, 2013. doi: 10.1186/2049-1891-4-34.

NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; SCHERER, C.; et al. Efeito dos teores de cálcio para poedeiras semipesadas durante a fase de pré-postura e no início da postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2007-2012, 2006.

PANDE, V. V.; CHOUSALKAR, K. C.; BHANUGOPAN, M. S.; et al. Super pharmacological levels of calcitriol (1,25-(OH)₂D₃) inhibits mineral deposition and decreases cell proliferation in a strain dependent manner in chicken mesenchymal stem cells undergoing osteogenic differentiation in vitro. **Poultry Science**, v. 94, n. 11, p. 2784-2796, 2015. doi: 10.3382/ps/pev284.

PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; BONAPARTE, T. P. Interação exigência de lisina digestível com ambiente térmico para poedeiras em produção. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 3, p. 3410-3429, 2014.

PEDROSO, A. A.; MORAES, V. M. B.; ARIKI, J.; et al. Efeito de níveis dietéticos de cálcio e fósforo disponível sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas. **Ars Veterinaria**, v. 15, n. 2, p. 135-139, 1999.

PERSSON, K. **The effect of sodium chloride on eggshell quality in laying hens – A review.** SLU, Upsalla: Department of Anatomy, Physiology and Biochemistry, 2009. 11p. Disponível em: <https://stud.epsilon.slu.se/228/1/persson_k_090602.pdf> Acesso em: 20 nov. 2017.

PINHEIRO, S. R. F.; OLIVEIRA, R. G.; GOULART, K. B.; et al. Fósforo disponível na ração de codornas de corte em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 4, p. 818-826, 2015.

PINTO, S.; BARROS, C. S.; SLOMP, M. N.; et al. Cálcio e fósforo na dieta de galinhas de postura: uma revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p 5-18, 2012.

PIZAURO JÚNIOR, J. M. Estrutura e função do tecido ósseo. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária: aplicada a frangos de corte.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. P. 247-265.

PIZZOLANTE, C. C.; SALDANHA, E. S. P. B.; GARCIA, E. A.; et al. Efeito do horário de fornecimento de rações contendo diferentes níveis de cálcio sobre o desempenho produtivo e qualidade de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) em final de produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 677-683, 2007.

PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; ANGEL, R. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 609-627, 2013. doi: 10.3382/japr.2012-00743.

REECE, W. O. **Dukes - Fisiologia dos animais domésticos.** 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 926p.

RIBEIRO, A. F. C.; SERAKIDES, R.; NUNES, V. A.; et al. A osteoporose e os distúrbios endócrinos da tireóide e das gônadas. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 47, n. 3, p. 228-236, 2003.

RODRIGUES, E. A.; JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M. O.; et al. Níveis de cálcio e vitamina D nas rações de pré-postura sobre o desempenho e qualidade da casca do ovo de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 61-66, 2005.

RODRIGUES, P. B.; ALVARENGA, R. R.; NAVES, L. P.; et al. Alimentos e exigências nutricionais de codornas japonesas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, V, CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, IV, 2013, Lavras. **Anais.** São Carlos: Suprema Gráfica, 2013. P. 65-84.

ROSA, G. A.; SORBELLO, L. A.; DITTRICH, R. L. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1065-1610, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2011. 252p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2017. 488p.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; XAVIER, E. G.; et al. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 3, p. 307-317, 2007.

RUTZ, F.; NUNES, J. K.; GONÇALVES, F. M.; et al. Impacto da qualidade óssea o bem-estar de poedeiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, XXIII, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: ABZ, 2013 (CD-ROM).

SBANO, P. T. **Níveis de cálcio para codornas japonesas em postura**. Boa Vista: UFRR, 2012, 37p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia), Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Roraima, 2012.

SCOTTÁ, B. A.; VIEIRA, R. A.; GOMIDE, A. P. C.; et al. Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. **PUBVET**, v. 8, n. 9, ed. 258, art. 1710, p. 1-20, 2014.

SILVA, A. P. **Níveis de cálcio e fósforo na dieta de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em diferentes fases do ciclo de produção e seus efeitos sobre desempenho produtivo e qualidade dos ovos**. Botucatu: UNESP, 2011, 47p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, 2011.

SILVA, E. A. **Níveis de cálcio e relações cálcio: fósforo em rações para galinhas poedeiras**. Viçosa: UFV, 2014. 130p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2014.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabelas para codornas japonesas e europeias**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2009. 107p.

SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F. G. P.; et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012.

VARGAS JÚNIOR, J. G.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, (Supl.2), p. 1919-1926, 2003.

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

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

Autora para correspondência:

Christiane Silva Souza

Avenida Tiradentes, nº 2981, Centro, CEP: 78700-028, Rondonópolis-MT, Brasil.

christiane_s_souza@hotmail.com