

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INFLUÊNCIA DOS NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO
NA DIETA DE MATRIZES DE CODORNAS
JAPONESAS, NO DESEMPENHO PRODUTIVO
E NO DESENVOLVIMENTO ÓSSEO
EMBRIONÁRIO DA PROGÊNIE

Autora: Janaina Furlanetto de Mello
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiana Carlesso dos Santos

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INFLUÊNCIA DOS NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO
NA DIETA DE MATRIZES DE CODORNAS
JAPONESAS, NO DESEMPENHO PRODUTIVO
E NO DESENVOLVIMENTO ÓSSEO
EMBRIONÁRIO DA PROGÊNIE

Autora: Janaina Furlanetto de Mello
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiana Carlesso dos Santos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro – 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M527i	<p>Mello, Janaina Furlanetto de Influência dos níveis de cálcio e fósforo na dieta de matrizes de codornas japonesas, no desempenho produtivo e no desenvolvimento ósseo embrionário da progênie / Janaina Furlanetto de Mello. -- Maringá, 2015. 82 f. : il. algumas color.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Tatiana Carlesso dos Santos. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.</p> <p>1. Codorna japonesa - Nutrição - Efeito do cálcio. 2. Codorna japonesa - Nutrição - Efeito do fósforo. 3. Codorna japonesa - Desempenho. I. Santos, Tatiana Carlesso dos, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.</p> <p>CDD 21.ed. 636.6</p>
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**INFLUÊNCIA DOS NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO
NA DIETA DE MATRIZES DE CODORNAS
JAPONESAS, NO DESEMPENHO PRODUTIVO
E NO DESENVOLVIMENTO ÓSSEO
EMBRIONÁRIO DA PROGÊNIE**

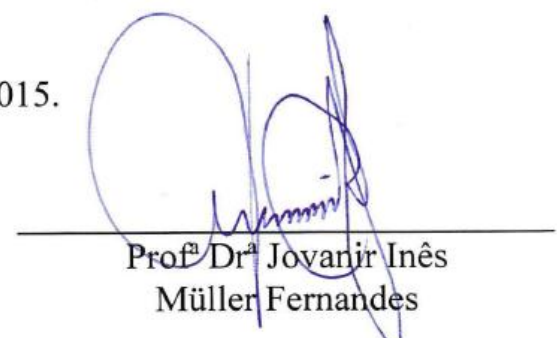
Autora: Janaina Furlanetto de Mello
Orientadora: Prof^ª Dr^ª Tatiana Carlesso dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal


APROVADA em 13 de fevereiro de 2015.



Prof^ª Dr^ª Alice Eiko Murakami



Prof^ª Dr^ª Jovanir Inês
Müller Fernandes



Prof^ª Dr^ª Tatiana Carlesso
dos Santos
(Orientadora)

A Deus ...

Aos meus pais, Silvia Bernadete Furlanetto e Gilson José de Mello, pelo incentivo, apoio e compreensão.

À minha irmã, Carolina Furlanetto de Mello, pela amizade, sinceridade e conselhos.

Ao meu noivo, Bruno Diego Longo, pelo amor, paciência e dedicação em todos os momentos, principalmente naqueles em que mais precisei.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar em cada passo e me fortalecer todos os dias, além de ter conceder a minha vida.

Aos meus pais, Silvia Bernadete Furlanetto e Gilson José de Mello, por serem meus amigos, pela compreensão nos momentos difíceis e pelo amor incondicional.

À minha irmã, Carolina Furlanetto de Mello, pelos conselhos, conversas, alegrias e todas as risadas que trocamos; sua amizade e amor foram essenciais.

Ao meu noivo, Bruno Diego Longo, que teve toda paciência e compreensão em todos os dias, sempre acreditando e confiando em mim; obrigada por ser meu amigo, parceiro e o meu amor.

Aos meus amigos da época da faculdade, que também estiveram presentes no mestrado, continuando e compartilhando todos os momentos bons e ruins que são inevitáveis, a descontração com vocês foi muito importante.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter proporcionado a chance da realização do curso de Mestrado em Zootecnia.

À professora Dr^a. Tatiana Carlesso dos Santos, pela orientação e conhecimentos transmitidos durante todo esse período.

Aos colegas do grupo de pesquisa: Cleverson de Souza, Denner Casale Ferreira, Rodrigo Palhano, Rodrigo Andrade, Carlos Eduardo Lino Pinto, Izabele Naemi Kaneco e

Leonardo Malavazi. Com certeza, a presença e ajuda de vocês foram essenciais para realização desse trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, pelo auxílio durante a execução do trabalho, em especial, ao Sr. Mauro e ao Sr. Valentim.

Aos funcionários do LANA, Sr. Augusto e Sra. Creusa, que me auxiliaram nas análises laboratoriais.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa

BIOGRAFIA

JANAINA FURLANETTO DE MELLO, filha de Gilson José e Mello e Silvia Bernadete Furlanetto, nasceu em Duartina, Estado de São Paulo, no dia 11 de maio de 1987.

Em janeiro de 2012, concluiu o curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2012, ingressou no curso de Pós-graduação em Zootecnia, nível de mestrado, na área de concentração produção animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de nutrição de aves.

Submeteu-se à banca para defesa da dissertação em fevereiro de 2015.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
TABELAS DO APÊNDICE	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
I – INTRODUÇÃO	1
1.1 Minerais na nutrição de aves	2
1.1.1 Nutrição de cálcio e fósforo	3
1.1.1.1 Cálcio e fósforo na nutrição de codorna	6
1.2 Participação do cálcio na formação da casca do ovo	7
1.3 Estrutura da casca do ovo	8
1.4 Desenvolvimento embrionário em aves	9
1.5 Desenvolvimento ósseo	11
Referências	13
II – OBJETIVOS GERAIS	18
2.2 Específicos	18
III – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO, BIOQUÍMICA SÉRICA E VARIÁVEIS ÓSSEAS DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO	19
Resumo	19
Abstract	20
Introdução	21

Material e Métodos	22
Resultados e Discussão	27
Conclusões	35
Referências	36
IV – EFEITO DA DIETA DAS MATRIZES SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE EMBRIÕES DE CODORNAS JAPONESAS	39
Resumo	39
Abstract	40
Introdução	41
Material e Métodos	41
Resultados e Discussão	44
Conclusões	53
Referências	54
V – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DA PROGÊNIE DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO	57
Resumo	57
Abstract	58
Introdução	59
Material e Métodos	60
Resultados e Discussão	63
Conclusões	73
Referências	74
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
VII – APÊNDICE	77

LISTA DE TABELAS

		Página
III – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO, BIOQUÍMICA SÉRICA E VARIÁVEIS ÓSSEAS DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO		
Tabela 1	Composição percentual e nutricional das rações experimentais para codornas de postura	23
Tabela 2	Variáveis de desempenho da incubação de ovos provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo	27
Tabela 3	Valores observados no desempenho produtivo e qualidade de ovo de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na ração	28
Tabela 4	Valores observados nas variáveis ósseas de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na ração	32
IV – EFEITO DA DIETA DAS MATRIZES SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE EMBRIÕES DE CODORNAS JAPONESAS		
Tabela 1	Composição centesimal, química e energética da ração referência para codornas de postura em fase de crescimento	42
V – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DA PROGÊNIE DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO		
Tabela 1	Composição centesimal, química e energética da ração referência para codornas de postura em fase de crescimento	61

Tabela 2	Valores observados nas variáveis de desempenho da progênie de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo	64
Tabela 3	Desdobramento da interação para peso (g) da progênie, aos 7 dias de idade, de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo	65
Tabela 4	Desdobramento da interação para peso (g) da progênie, aos 21 dias de idade, de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo	66
Tabela 5	Valores observados das variáveis ósseas da progênie com 7 dias de idade, provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta	69
Tabela 6	Valores observados das variáveis óssea da progênie com 14 dias de idade, provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta	70
Tabela 7	Desdobramento da interação dos níveis de cálcio e fósforo sobre a percentagem de cinzas dos ossos de codornas aos 14 dias	71
Tabela 8	Valores observados das variáveis óssea da progênie com 35 dias de idade, provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta	72

LISTA DE FIGURAS

	Página
<p>III – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO, BIOQUÍMICA SÉRICA E VARIÁVEIS ÓSSEAS DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO</p>	
Figura 1	27
<p>Análise de regressão dos valores estimados e observados (pontos) da probabilidade de os ovos de codornas japonesas serem férteis, alimentadas com diferentes níveis de cálcio</p>	
Figura 2	30
<p>Unidade Haugh de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo</p>	
Figura 3	33
<p>Densidade óptica (mm/Al) do fêmur (a) e do tibiotarso (b) de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo</p>	
<p>IV – EFEITO DA DIETA DAS MATRIZES SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE EMBRIÕES DE CODORNAS JAPONESAS</p>	
Figura 1	45
<p>Peso do vitelo com 0,25% (a) e com 0,35% (b) de fósforo na dieta das matrizes e percentagem de cálcio (c) e de fósforo (d) no vitelo</p>	
Figura 2	46
<p>Peso (g) (a), percentagem de cinzas com 0,25% de fósforo na dieta das matrizes (b), percentagem de cinzas com 0,35% de fósforo na dieta das matrizes (c), percentagem de cálcio (d), percentagem de fósforo (e) em embriões, respectivamente</p>	
Figura 3	47
<p>Percentagem de cinzas na casca em função dos dias da incubação (a) e percentagem de cálcio na casca dos ovos em função dos dias da incubação e dos níveis de cálcio na dieta das matrizes (b)</p>	

Figura 4	a) Embriões de codornas japonesas com 7, 9, 11 e 15 dias de incubação, após coloração em alizarina red e diafanização em glicerina. Barra = 1 cm; b) Embrião de codorna com 15 dias de incubação. Fe: fêmur; Tt: tibiotarso; Mt:metatarso. Linha contínua: comprimento do fêmur total; linha pontilhada: comprimento calcificado do fêmur	49
Figura 5	Comprimento total (mm) (a), comprimento da região do osso calcificada (mm) (b) e percentagem da região calcificada (c) do fêmur de embriões de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio na dieta	50
Figura 6	Comprimento total (mm), comprimento do osso calcificado (mm) e da percentagem calcificada do tibiotarso de embriões de codornas	51
V – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DA PROGÊNIE DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO E FÓSFORO		
Figura 1	Peso (g) de pintainhos aos 7 dias de idade, provenientes de matrizes que receberam diferentes níveis de cálcio com 0,25% (a) 0,35% (b) de fósforo na dieta	65
Figura 2	Peso (g) de pintainhos aos 21 dias de idade, provenientes de matrizes alimentadas com diferentes níveis de cálcio e 0,25% de fósforo	66
Figura 3	Ganho de peso (g) de pintainhos aos 35 dias de idade, provenientes de matrizes alimentadas com diferentes níveis de cálcio	67
Figura 4	Percentagem de cinzas dos ossos da progênie de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e 0,25% fósforo	68
Figura 5	Força de quebra (kgf) do tibiotarso da progênie de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio	68
Figura 6	Percentagem de fósforo nos ossos aos 35 dias da progênie de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio	71

TABELAS DO APÊNDICE

	Página
Tabela 1	Médias observadas do peso do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 78
Tabela 2	Médias observadas da percentagem de cálcio do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 78
Tabela 3	Médias observadas da percentagem de fósforo do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 78
Tabela 4	Médias observadas da percentagem de cinzas do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 78
Tabela 5	Médias observadas do peso do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação ... 79
Tabela 6	Médias observadas da percentagem de cinzas do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 79
Tabela 7	Médias observadas da percentagem de cálcio do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 79
Tabela 8	Médias observadas da percentagem de fósforo do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 79
Tabela 9	Médias observadas da percentagem de cinzas da casca de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação 80

Tabela 10	Médias observadas da percentagem de cálcio da casca de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	80
Tabela 11	Médias observadas do comprimento total do fêmur de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	80
Tabela 12	Médias observadas do comprimento do fêmur calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	80
Tabela 13	Médias observadas da percentagem do fêmur calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	81
Tabela 14	Médias observadas do comprimento total do tibiotarso de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	81
Tabela 15	Médias observadas do comprimento do tibiotarso calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	81
Tabela 16	Médias observadas da percentagem do tibiotarso calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação	82

RESUMO

Os efeitos dos teores de cálcio (Ca) e de fósforo (P) na dieta de matrizes de codornas japonesas foram avaliados sobre o desempenho e a qualidade dos ovos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de 4x2, (quatro níveis de Ca 2,0; 2,5; 3,0; 3,5% e dois níveis de P 0,25; 0,35%), com 8 unidades experimentais de 6 fêmeas e 2 machos. Para as variáveis de desempenho produtivo e qualidade dos ovos das matrizes não houve efeito ($P < 0,05$), exceto para Unidade Haugh (UH). Para a densidade mineral óptica (mm/Al) houve efeito quadrático para o tibiotarso e efeito linear para o fêmur dentro dos níveis de cálcio. Durante o período em que as matrizes receberam níveis diferentes de Ca e P, foram avaliados os parâmetros de incubação e de desenvolvimento embrionário ósseo. Na incubação, a percentagem de Ca do embrião, da casca e do vitelo foram avaliadas aos 7, 9, 11 e 15 dias de idade do embrião e descritos as áreas de ossificação do fêmur e do tibiotarso. A percentagem de cálcio reduziu na casca e no vitelo e aumentou no embrião, demonstrando a transferência de cálcio desses dois componentes para o organismo em desenvolvimento. O desenvolvimento do fêmur e do tibiotarso demonstrou que os ossos possuem padrão distinto de crescimento e de deposição de cálcio na diáfise. O desempenho da progênie foi avaliado em 4 repetições de 22 aves. A fertilidade dos ovos na incubação teve efeito quadrático nos níveis de cálcio. Para os parâmetros produtivos, houve efeito quadrático do cálcio dentro do nível de 0,25% de fósforo para o peso aos 7 e 21 dias de idade dos pintainhos. A conversão alimentar e o consumo de ração tiveram efeito no período de 1 a 14 dias de idade dentro dos níveis de fósforo fornecido na dieta. Para a fase de 1 a 35 dias de idade foi observado efeito do cálcio sobre o ganho de peso da progênie. Com relação aos parâmetros ósseos analisados, houve efeito ($P < 0,05$) para força de quebra (Kgf) do tibiotarso e na percentagem de cinzas dos ossos aos 14 dias, aos 35 dias

encontrou-se efeito na força de quebra do fêmur com interação entre os níveis de cálcio e fósforo fornecidos na dieta dos reprodutores. A dieta das matrizes influenciou as variáveis estudadas da incubação, assim como o desempenho produtivo da progênie e no desenvolvimento ósseo tanto dos embriões quanto dos pintainhos.

Palavra-chaves: cálcio, fósforo, osso, incubação, vitelo, codorna

ABSTRACT

The effects of calcium (Ca) and phosphorus (P) in the diet of Japanese quail hens were evaluated on performance and quality of eggs. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement of 4x2, composed of four levels of Ca (2.0, 2.5, 3.0, 3.5%) and two levels of P (0.25; 0.35%) with 8 experimental units of 6 females and 2 males. For the productive performance and egg quality variables of hen there was no significant effect ($P < 0.05$), except for Haugh unit (HU). For optical mineral density (mm / Al) was quadratic effect for tibialtarsus and linear effect for the femur in the calcium levels. During the period in which the hen received different levels of Ca and P were evaluated incubation parameters and embryonic bone development. In the incubation, the percentage of Ca of the embryo, shell and yolk were assessed at 7, 9, 11 and 15 day old embryo and described the areas of femur and tibialtarsus ossification. The percentage of calcium decreased in the shell and yolk and raised in embryo, showing the calcium transfer from these two components to the developing organism. The development of the femur and the tibialtarsus showed that the bones have distinctive pattern of growth and calcium deposition in the diaphysis. The progeny performance was evaluated in 4 replicates of 22 birds. The eggs fertility in incubation had quadratic effect on calcium levels. For the production parameters, there was a quadratic effect of calcium within the level of 0.25% of phosphorus to the weight at 7 and 21 days old chicks. The feed conversion and feed intake had an effect in the period of 1 to 14 days of age within the phosphorus levels provided in the diet. For phase 1 to 35 days was observed effect of calcium on the progeny weight gain. Regarding bone parameters analyzed there was effect ($P < 0.05$) for breaking strength (kgf) of the tibialtarsus and percentage of bone ash at 14 days, at 35 days there was no effect on femur breaking strength with interaction between the calcium and phosphorus levels

supplied in the breeding diet. The hen diet affected the variables evaluated in the incubation, as well as the production performance of progeny and bone development of the embryos as the chicks.

Key Words: calcium, phosphorus, bone, incubation, yolk, quail

I – INTRODUÇÃO

A coturnicultura tem apresentado forte desenvolvimento no Brasil e diversos trabalhos de pesquisa têm sido realizados, a fim de subsidiar esse desenvolvimento com informações que permitam tornar a cadeia de produção mais eficiente. A produção de carne e ovos é cada vez mais uma atividade de interesse econômico, levando a um desenvolvimento bastante acentuado do setor. Do ponto de vista técnico-econômico, a coturnicultura torna-se ainda mais atrativa, pelo rápido crescimento e precocidade no início de postura, elevada prolificidade e pelo pequeno consumo de ração das aves (Murakami & Arika, 1998; Albino & Barreto, 2003).

Na criação de codornas, as possibilidades de exploração são a produção de carne, a produção de ovos, produção de codornas de um dia e codornas recriadas com 20 a 30 dias de idade. Apesar da coturnicultura no Brasil se desenvolver em pequenas explorações, a despeito da existência de criadores de maior porte, pode-se possuir um ciclo fechado procedendo-se a reprodução, incubação e produção comercial (Martins, 2002). A criação de codorna tem muitas vantagens em comparação a outro animal de pequeno porte, devido as fêmeas iniciarem a postura de ovos, em média, com seis semanas de idade e continuarem a produzir ovos de forma economicamente viável por, pelo menos, um ano (Brognoni et al., 2007).

O aumento do consumo de ovos e a utilização de suas vantagens nutricionais pela população dependem da qualidade do produto oferecido ao consumidor, que é determinada por um conjunto de características, as quais podem influenciar o seu grau de aceitabilidade no mercado. A formação da casca e as condições de conservação são as principais causas de perda da qualidade interna dos ovos após a postura (Barbosa et al., 2008).

Essa qualidade está diretamente relacionada, além de outras variáveis, com a nutrição adequada das aves, a qual contém os minerais envolvidos na formação da casca e exercem função na formação e manutenção da sua integridade. O principal mineral exigido é o cálcio, pois a casca do ovo é constituída na sua quase totalidade por carbonato de cálcio (Ito, 1998). O segundo mineral mais importante para a formação da casca é o fósforo e do balanço de eletrólitos para a manutenção da homeostasia desses minerais.

Muitas pesquisas nas áreas de nutrição e fisiologia vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de intensificar a exploração deste mercado e entender melhor o desenvolvimento das aves desde sua formação dentro do ovo, e desta forma desenvolver melhorias na criação e produção dessas aves.

1.1 Minerais na nutrição de aves

As necessidades nutricionais de uma ave comercial envolvem uma gama de nutrientes dentre os quais se destacam os minerais. Os minerais ou combinações de minerais são representados pelo sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), magnésio (Mg), Ca (Ca), P (P), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), cobalto (Co), iodo (I), manganês (Mn), zinco (Zn), selênio (Se), flúor (F), molibdênio (Mo), cromo (Cr), estanho (Sn), níquel (Ni), vanádio (V) e silício (Si). Esses elementos são classificados em macroelementos e microelementos, baseados na quantidade necessária na dieta e na exigência pelo animal (NRC, 1994). Os macrominerais são aqueles necessários em grandes quantidades e as concentrações no organismo são expressos em mais de 100 ppm (Lukié et al., 2007) e estes são Ca, P, sódio, potássio, magnésio, enxofre. Os microelementos são associados com a ativação de enzimas integradas, cujas exigências estão abaixo de 100 ppm e ainda podem ser expressas em valores ppb (McDowell, 2003). Estes incluem cobalto, cobre, iodo, ferro, manganês, molibdato, selênio e zinco.

O corpo da codorna é composto por aproximadamente 3 a 5% de minerais e, uma vez que os minerais não podem ser sintetizados, eles devem ser fornecidos pela dieta e desempenham funções no organismo animal como transferência de energia para o metabolismo celular, é caso do P; são elementos fundamentais das estruturas do tecido ósseo, os quais participam dessa função o cálcio, o fósforo e o magnésio; possuem também funções físico-químicas, pois contribuem na manutenção da pressão osmótica e são essenciais para manter o equilíbrio ácido-básico (sódio e potássio) (Curto, 2005).

Os minerais têm participação funcional na constituição das enzimas, das vitaminas, das secreções, dos hormônios, além de exercerem papel de transportadores e em seu trânsito pelo organismo não sofrem modificações. Um exemplo é o P que está presente em compostos orgânicos como a adenosina trifosfato (ATP) e os fosfolípidos (NRC, 1994). O Ca e P estão relacionados com a produtividade das aves e atuam em funções metabólicas vitais (Costa et al., 2010).

A principal função destes dois minerais está na composição dos ossos do corpo e o Ca também é essencial para a deposição da casca de ovo. Eles não são apenas necessários em quantidade suficiente, mas também nas proporções corretas. Para codorna em crescimento, a proporção deve ser de 1:1 a 2:1 (Nelson et al., 1964). Como são muitos os fatores limitantes que interferem na determinação dos níveis de Ca e de P disponível, é comum encontrar na literatura divergências entre os diversos autores em relação à suplementação desses minerais na dieta (Costa et al., 2010).

1.1.1 Nutrição de cálcio e fósforo

Vários fatores podem influenciar ou impedir a determinação das necessidades e exigências de Ca pelas poedeiras; esses são: dependência mútua entre o Ca e outros nutrientes, o efeito do tamanho de partícula de fontes de Ca, a capacidade de ajustar parcialmente o consumo de alimentos com as suas necessidades de Ca. Muitos pesquisadores expressam as exigências na forma de porcentagem na dieta, não levando em consideração as variações no consumo de ração e nos níveis de energia (Roland, 1986).

A homeostase do Ca em aves domésticas é alcançada principalmente pelo equilíbrio na capacidade e eficiência de absorção intestinal, reabsorção renal e reabsorção óssea de Ca de acordo com as necessidades e exigências para este mineral (Etches, 1987). A ação combinada de três órgãos ocorre na regulação e metabolismo de Ca: trato gastrintestinal, que é a via primordial para absorção do Ca dietético, o rim que é o órgão base para regulação do Ca plasmático e os ossos que são os principais reservatórios de Ca do organismo (Hoenderop et al., 2005). Conjuntamente a eles, há ação integrada dos hormônios da paratiroide (PTH), a calcitonina (tirocalcitonina ou TCT) e o 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-DHCC, uma forma biologicamente ativa da vitamina D3), responsáveis por regular os níveis plasmáticos de Ca, e de glândulas como a tireoide e as paratireoides. Cada um desempenha uma ou mais funções no

metabolismo para que ocorra também a formação e reabsorção óssea no esqueleto, onde o Ca é armazenado, principalmente sob a forma de fosfato de Ca (Whitehead & Fleming, 2000).

O paratormônio que retira o Ca dos ossos para a corrente sanguínea e sinaliza os rins para conservar o Ca e para a ativação da vitamina D₃, formado a partir da vitamina D, e dá os sinais ao intestino delgado para absorver mais Ca. A calcitonina diminui a mineralização dos ossos e diminui a proporção de reabsorção mineral pelos ossos. Qualquer interferência nesse processo pode causar impactos negativos na mineralização óssea (Almeida Paz & Bruno, 2006).

Além de ser o principal componente dos ossos, o Ca é essencial para a deposição de casca de ovo, juntamente com o P são os minerais mais importantes e sua disponibilidade é crucial durante o período de postura (De Vries et al., 2010). Porém, o Ca e o P precisam compor uma relação em quantidade suficiente e também proporções corretas. Para a codorna em crescimento, a proporção deve ser de 1:1 a 2:1, essa relação se adéqua em um mínimo de 0,8% da dieta como Ca e 0,45% de P disponível, enquanto que a codorna em postura, precisa cerca de 2,5% a 3% de Ca uma vez que este é o principal componente da casca do ovo (Nelson et al., 1964) e está armazenado sob a forma de carbonato de Ca (Bar, 2009).

Em caso de poedeiras, o processo que ocorre nos ossos é complexo, considerando-se a dinâmica e o alcance do Ca na circulação do organismo e a presença deste no osso medular que é responsável pelo fornecimento de Ca para a calcificação da casca do ovo, principalmente quando o alimento, como principal fonte deste mineral, não está presente no trato digestivo (Leach, 2000; Whitehead, 2004).

O cálcio deve estar sempre em equilíbrio no organismo para as atividades metabólicas, um excesso na dieta interfere na disponibilidade de outros minerais, tais como P, Mg, Mn e Zn (Murakami et al., 2004), junto com isso o elevado nível no sangue inibe a mobilização do Ca dos ossos (Coelho, 2001). Além do excesso, a ausência de Ca na dieta também gera prejuízos causando problemas esqueléticos, pois reduz a mineralização óssea e aumenta sua excreção urinária (Roland, 1986; Coelho, 2001), havendo deste modo uma queda na postura e conseqüentemente má qualidade na formação da casca do ovo ocasionando maior número de ovos quebrados ou trincados.

Por outro lado, o P, quando em excesso, é prejudicial para a qualidade da casca (Chandramoni et al., 1998), isso acontece porque forma-se fosfato de Ca insolúvel no intestino, o que torna inutilizável o Ca (De Vries et al., 2010). O P é necessário em

pequenas quantidades para a formação da casca do ovo (Taylor, 1965), pois tem importante participação nesse processo tornando o metabolismo do Ca e do P inter-relacionados (Kebreab et al., 2009).

Durante a formação da casca do ovo, o P também é usado na diminuição da acidose no sangue, liberando o excesso de íons de hidrogênio pela excreção e, portanto, contribui para a manutenção dos níveis de bicarbonato (Pelicia et al., 2009). No entanto, em adição aos níveis de ingestão, a segunda função do P, juntamente com a anterior, ocorre durante a mobilização do Ca do tecido ósseo medular no processo de calcificação (Bar, 2009) e pode influenciar a quantidade de P excretado em um determinado período de postura (De Vries et al., 2010).

A capacidade de utilização e depósito Ca e P em aves, pode variar por vários fatores, incluindo a nutrição (Guinotte et al., 1991), estado fisiológico (Gilbert, 1983), a genética ou tipo de linhagem (Pandey et al., 1986). Sua ingestão depende em primeiro lugar da quantidade de alimento que será possível consumir, ou seja, os níveis de Ca na dieta (Lukic et al., 2011). Esses níveis vão depender da idade, ambiente, temperatura, quantidade de energia e de proteína na dieta, tempo de alimentação, forma da alimentação, a concentração, e principalmente do Ca na dieta (Zhang & Coon, 1997).

Absorção de Ca ocorre principalmente na parte superior do intestino delgado, duodeno e parte superior do jejuno (Roland et al., 1973); esse processo pode ocorrer tanto por difusão quanto pelo processo ativo (Macari et al., 2008) e é dependente de vários fatores, entre os quais o mais importante é a condição fisiológica do organismo e do estágio do ciclo ovulatório, o nível de Ca, de P, vitamina D, substâncias antinutricionais do alimento, e intensidade da produção de ovos (Keshavarz, 2003).

A resposta aos baixos níveis de Ca e P variam individualmente entre as aves. Se os níveis de P e Ca são baixos na dieta, então ocorrerá um grande efeito adverso no sistema ósseo, incluindo osteopenia e mortalidade (Roland & Gordon, 1996). Níveis de cálcio adequados, porém, com baixa quantidade de fósforo reduzem o nível sérico de P inorgânico, estimulando a produção de 1,25-(OH)₂D₃ pelos rins, iniciando maior absorção intestinal de P e Ca, até o retorno dos níveis séricos normais. A ausência do paratormônio causa a perda de Ca na urina, mau funcionamento dos rins e diminuição da deposição e do crescimento no tecido ósseo. Caso o período de deficiência desse mineral na dieta seja prolongado, poderá ocorrer doença óssea e até mortalidade no lote das aves. Segundo Cromwell (1993), com os níveis de Ca insuficientes, a excreção de P e outros nutrientes aumentam. Em geral, pode-se dizer que o metabolismo do cálcio

depende de uma série de fatores que podem ser divididos entre aqueles que influenciam a ingestão, absorção, retenção e/ou excreção de cálcio (Lukic et al., 2011).

1.1.1.1 Cálcio e fósforo na nutrição de codornas

O cálcio é o mineral mais importante que influencia a qualidade de ovos e ossos, por esse fato é o mineral mais importante funcional e economicamente na nutrição das poedeiras (Lukié, 2007). Para garantir a qualidade da casca do ovo, o nível de Ca deve ser adequado, atendendo sempre as exigências nutricionais das aves e para isso existem várias tabelas nutricionais informando nível de Ca ideal para produção. Nas tabelas brasileiras de Rostagno et al. (2011), a recomendação de Ca para codornas japonesas em postura é de 2,92%. No entanto, a exigência nutricional das codornas pode ser alterada em função do tipo de ave, codorna japonesa ou europeia, sexo, idade e objetivo da criação: produção de ovos de consumo, produção de ovos para incubação ou para produção de carne (Albino & Barreto, 2003).

Vários estudos vêm sendo realizado a fim de definir a exigência nutricional de cálcio e fósforo para codornas japonesas. Porém, há vários resultados com diferentes níveis encontrados como sendo os mais eficientes. Experimento realizado por Garcia et al. (2000) com quatro níveis de cálcio (2,5; 3,0; 3,5; 4,0%) e quatro níveis de fósforo (0,27; 0,32, 0,37, 0,42%) em dietas de codornas com dez semanas de idade, encontraram melhores resultados para os níveis de 2,5% de cálcio e 0,36% fornecidos na dieta. Costa et al. (2007), em experimento com codornas de oito semanas de idade e forneceram dois níveis diferentes de cálcio (2,5; 3,2%) e cinco níveis de fósforo (0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55%) e concluíram que os melhores níveis para o desempenho foi o de 2,5% Ca e 0,31% P.

Em estudo mais recente, realizado por Vieira et al. (2012), desenvolvido com codornas de 26 a 38 semanas, concluiu-se que os melhores níveis foram 2,0% para cálcio e 0,31% para fósforo suplementados na dieta. Amoha et al. (2012), também trabalhando com codornas japonesas, porém com idade mais avançada, com 42 semanas de idade, encontraram melhores resultados de desempenho produtivo para rações suplementadas com 2,5% e 0,35% de cálcio e fósforo. Esses dados discordam de Costa et al. (2010), que trabalharam com aves com quase a mesma idade, 45 semanas, obtiveram melhores resultados com níveis de 3,5% e 0,15% de cálcio e fósforo. Todos esses resultados encontrados em trabalhos de pesquisa discordam das exigências

descritas por Rostagno et al. (2011), as quais são 3,099% de cálcio e 0,32% de fósforo, mantendo uma relação de 9,68 entre esses dois minerais na dieta.

1.2 Participação do cálcio na formação da casca do ovo

Os fatores nutricionais que afetam a qualidade da casca do ovo dependente das trocas metabólicas, as quais ocorrem durante a formação da casca. Durante a fase de crescimento das aves, a maior concentração de Ca é depositada para a formação do esqueleto ósseo. Já na fase de produção, em que as aves estão em postura, a maior porção do Ca é utilizada para a formação da casca do ovo. Para que isso ocorra, o Ca é obtido pela absorção intestinal proveniente da dieta ou pela mobilização do estoque de Ca dos ossos (Macari et al., 2008). Mesmo quando a alimentação estiver adequada, cerca de 30% do cálcio mobilizado é oriundo dos ossos e isto acontece pelo fato de que no útero, onde ocorre a deposição do carbonato de Ca no ovo não há estocagem de Ca, ou seja, no útero a fração orgânica da casca do ovo é sintetizada por glândulas e o Ca é mobilizado do sangue e essa transferência do Ca do plasma para o útero é muito rápida.

Nas poedeiras, a formação da casca dos ovos ocorre durante a noite, e nesse período não há alimentação, a dieta deve ser bem equilibrada contendo os níveis adequados de Ca para a fase de postura, porque caso haja deficiência de Ca, a utilização de Ca a partir dos ossos pode ser aumentada (Brandão et al., 2007) e quanto maior for a dependência de Ca do esqueleto, menor será a quantidade de Ca depositada na casca, resultando em ovos com casca fina e pouco resistente à quebra (Ito, 1998). No caso das codornas, que colocam os ovos no período da tarde, a utilização do cálcio para a formação da casca dos ovos será proveniente do alimento consumido durante o dia, destacando-se então a importância de os comedouros estar sempre com ração, além da dieta equilibrada, contendo todos os minerais exigidos, não prejudicando assim a qualidade da casca que será depositada.

Defeitos de casca de ovos incluem rachaduras, deformações e deposição de Ca irregular, além de contaminação microbiana invisível, resultando em perdas econômicas. No primeiro ciclo de produção, os animais têm alta produção de ovos e baixo peso corporal. No segundo ciclo produzem ovos grandes e apresentam maior percentagem de cascas de ovos finos por desordens associadas ao metabolismo do Ca e vitamina D3 (Mohammad et al., 2010). Outro fator importante para a qualidade da casca do ovo é que a reabsorção do Ca que é feito principalmente por meio de mineralização

óssea, uma vez que animais mais velhos possuem maior deficiência desse mineral nos ossos podendo muitas vezes gerar doenças crônicas como a osteoporose.

1.3 Estrutura da casca do ovo

A qualidade da casca do ovo é de primordial importância para a cadeia produtiva de ovos. A casca do ovo precisa ser forte o suficiente para permanecer intacta desde a produção no aviário, até chegar aos diferentes consumidores. Uma casca forte auxilia a manter intacto o conteúdo do ovo e protege de contaminação microbiana (Roberts, 2010).

A casca do ovo é composta de, aproximadamente, 95% de carbonato de Ca na forma de calcita e 5% de material orgânico, que compreende proteínas, proteoglicanos e glicoproteínas. Ela é uma biocerâmica natural, porosa, resultante da deposição sequencial das diferentes camadas dentro dos segmentos do oviduto e é formada durante a passagem do ovo através do oviduto. Após a fecundação do óvulo no infundíbulo e secreção do albúmen do magno, o ovo entra no istmo de 2-3 h após a ovulação. No istmo, as células granulares secretam os vários componentes das membranas de casca, tais como o colágeno tipo X (Arias et al., 1993).

A casca do ovo de galinha, por exemplo, é uma estrutura altamente ordenada com policristalina que pode ser dividida em duas frações: a fração orgânica e a calcificada. A fração orgânica consiste em membranas da casca, sítios mamilares de nucleação, matriz da casca e cutícula. Os componentes orgânicos da matriz de mineralização desempenham importante papel no controle da cristalização. As proteínas da matriz extracelular de estruturas biomineralizadas influenciam a força e a forma da estrutura final, de fosfato de cálcio (apatite) ou carbonato de cálcio (calcite) por nucleação de cristais de modulação e de crescimento (Weiner & Addadi, 1991). Já a porção calcificada da casca pode ser dividida em camada de botões mamilares, paliçada e de cristal superficial externa (Nascimento & Salle, 2003).

Resumidamente, a casca do ovo é composta por cinco camadas estruturalmente diferentes. Estas incluem, de dentro para fora, as membranas da casca (interna e externa), camada mamilar, camada paliçada, camada de cristal vertical e cutícula (Lammie et al., 2005; Roberts, 2004). As membranas da casca (interna e externa) são formadas por fibras orgânicas dispostas paralelamente à superfície do ovo (Rodríguez-Navarro et al., 2002). A camada mamilar não contribui para a rigidez da casca, mas a

fusão final de colunas paliçadas adjacentes está relacionada à tenacidade e à fratura (Bain, 1991; Fathi, 2001; El-Safty, 2004). É considerado que a força da casca do ovo depende quase completamente das propriedades da parte dos cristais de cálcio dessas camadas (Fathi et al., 2007). Estes locais de nucleação específicos na superfície exterior da membrana da casca exterior atraem os sais de cálcio e assim inicia-se a formação da camada mamilar na região do oviduto, denominado como a glândula invólucro tubular (Solomon, 2010).

De acordo com Romanoff & Romanoff (1949), durante a calcificação da casca ocorre a formação dos poros, que correspondem às áreas de cristalização incompleta. Os poros funcionam como um mecanismo de comunicação física entre o ovo e o ambiente, permitindo trocas gasosas de oxigênio, dióxido de carbono e vapor de água, que ocorrem por difusão passiva.

1.4 Desenvolvimento embrionário das aves

O desenvolvimento embrionário é um processo dinâmico, determinado tanto pela genética do animal quanto pelo ambiente em que ele se desenvolve (Boerjan, 2006). Esse processo é complexo e pode ser dividido em até cinco estágios diferentes de formação. Segundo Willer (1954), a primeira fase é a morfogênese, seguida da organogênese, iniciação da atividade funcional, no décimo ao 13º dia em galinhas, é o período conhecido como de integração funcional e a fase final é quando acontece a maturação embrionária. Alterações ambientais durante a embriogênese podem induzir alterações no desenvolvimento de alguns sistemas reguladores fisiológicos, causando mudanças fenotípicas permanentes nesses animais (Boerjan, 2006).

O que é visível nos primeiros dias de desenvolvimento durante a incubação é o âmnio, que consiste em um saco transparente cheio de um fluido incolor que parece uma pequena piscina em que o embrião é flutuante (Romanoff, 1939). Ele é avascular e não possui inervações. Porém, é uma estrutura que garante proteção ao embrião contra choques e evita que o embrião se adere às outras estruturas, evitando a má formação (Romanoff, 1960).

Outra estrutura que garante proteção ao embrião é o albúmen, sua finalidade é a de proteger o embrião contra infecções microbianas, porém sua função principal é fornecer água, minerais e proteínas para o embrião em desenvolvimento (Everaert & Decuyper, 2013). A formação da membrana corioalantoide e ocorre a medida d o

desenvolvimento do córion e ele se funde ao alantoide, que circunda o saco amniótico, gema e albúmen, e por fim vai revestir a superfície interna da membrana da casca do ovo (Deeming et al., 2002).

A membrana corioalantoide é uma estrutura altamente vascularizada que recolhe os resíduos que o embrião produz e os vasos sanguíneos levam oxigênio para o embrião e tomam o dióxido de carbono para daí ser eliminado através dos poros da casca; ele também armazena excreções, absorve o albúmen utilizado como alimento pelo embrião, e absorve o cálcio da casca para as necessidades estruturais do embrião; deixa de funcionar quando o pintainho perfura a câmara de ar e começa a respirar por si próprio (Romanoff, 1939).

Muitos dos nutrientes que satisfazem as necessidades dos embriões são removidos da gema pelo saco vitelino, o qual é uma camada de tecido que cresce ao longo da superfície da gema. Suas paredes são revestidas com um tecido especial que digere e absorve a gema (Romanoff, 1939) e seus vasos sanguíneos transportam nutrientes a partir da gema para o embrião.

O fornecimento de cálcio para o embrião durante o seu desenvolvimento provém de duas fontes: da gema e da casca do ovo (Johnston & Comar, 1955). Até a membrana corioalantoide se fixar na casca do ovo, a gema é o único fornecedor de cálcio, e essa transferência é feita pelo sistema vascular do saco vitelino (Ono & Tuan, 1991; Tuan & Suyama, 1996). Após este período, o cálcio começa a ser mobilizado e o seu teor no embrião aumenta rapidamente durante o resto da incubação (Romanoff, 1960).

No saco vitelino, a endoderme da gema é semelhante a outros epitélios de tecidos que transportam Ca, por exemplo, túbulos renais distais e intestino delgado (Bindels, 1993; Hoenderop et al., 2000), em que as células expressam uma proteína citoplasmática de Ca de ligação, neste exemplo calbindina-D28K (Ono & Tuan, 1991). A calbindina-D28K atua como um tampão de Ca intracelular e/ou facilita o transporte da difusão de Ca através do citosol (Hoenderop et al., 2000). As células endodérmicas da esplancopleura do saco vitelino também fazem a transferência de Ca a partir do vitelo para o sistema arterial vascular (Tuan & Suyama, 1996).

Quando a membrana corioalantoica extraembrionária, que reveste a superfície interna da membrana da casca do ovo (Tuan, 1987), se fixa à casca do ovo, inicia-se então a transferência do cálcio a partir da casca. Em geral, a casca do ovo é a principal fonte desse mineral para o embrião e contribui com mais de 80% do total de cálcio no pinto eclodido.

Seu transporte ocorre pela membrana corioalantoica extraembrionária e é uma função altamente regulada. Três funções básicas são descritas para a membrana corialanoide: recuperação e transporte de cálcio e as trocas respiratórias. Essa transferência difere daquela que ocorre na esplanopleura do saco vitelino. As células epiteliais coriônicas não expressam calbindina-D28K (Sechman et al., 1994), e o transporte de cálcio ocorre dentro de microvesículas (Akins & Tuan, 1993). Além disso, a membrana corioalantoica dos embriões é estruturalmente especializada para transportá-lo a partir da superfície interna da casca do ovo (Lesson & Lesson, 1963; Coleman & Terepka, 1972). Sua mobilização a partir da casca de ovo coincide com a expansão do alantoide em torno do perímetro do saco vitelino (Romanoff, 1960).

A membrana corioalantoica consiste de um epitélio escamoso estratificado coriônico que se sobrepõe aos vasos sanguíneos do alantoide (Coleman & Terepka, 1972). A camada exterior de células epiteliais coriônicas apresenta-se em dois tipos de células grandes especializadas para facilitar a liberação e transporte de Ca a partir da casca do ovo (Lesson & Lesson, 1963; Coleman & Terepka, 1972).

Os processos envolvidos na formação do ovo e no desenvolvimento do embrião são complexos e refletem na qualidade e no desempenho das aves de produção. Estudar os mecanismos que interferem nesses processos é fundamental para subsidiar o setor de produção avícola.

1.5 Desenvolvimento ósseo

O osso é um tecido formado por células em vários estágios, e se inicia desde o primeiro dia de incubação através de uma das três camadas germinativas de células durante a gastrulação. a mesoderme. (Macari et al., 2013). Sua boa formação e composição é essencial para o desenvolvimento do organismo, pois possui funções específicas como dar aporte à musculatura, auxilia na movimentação do corpo, promove o crescimento das aves, além de servir como fonte de reserva mineral (Macari et al., 2008).

A mineralização óssea, em frangos, se inicia a partir do oitavo dia de incubação, quando o cálcio ainda é retirado do vitelo através dos capilares sanguíneos (Freeman & Vinci, 1974). A partir do 13º dia de incubação, quando a fonte de cálcio para o embrião é proveniente da casca do ovo, a mineralização óssea se intensifica dando origem ao

tecido ósseo e após a eclosão, o osso ainda está em processo de formação, pois não está inteiramente calcificado (Macari et al., 2008).

O tecido ósseo é formado por células e material extracelular calcificado, a matriz óssea. As células envolvidas na formação são osteócitos, osteoblastos, e os osteoclastos (Lanyon, 1973; Uhthoff & Jaworski, 1978). Os osteócitos, que se situam em cavidades ou lacunas no interior da matriz; os osteoblastos, são produtores da parte orgânica da matriz e os osteoclastos, são células gigantes, móveis e multinucleadas, que reabsorvem o tecido ósseo, participando dos processos de remodelação dos ossos (Junqueira & Carneiro, 2004). As regiões que compõem o osso são denominadas epífises, diáfise e a região intermediária denominada metáfise.

Referências

- AKINS, R.E.; TUAN, R.S. Transepithelial calcium transport in the chick chorioallantoic membrane: II. Compartmentalization of calcium during uptake. **Journal of Cell Science**, v.105, p.381-388, 1993.
- ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2003. 268p.
- ALMEIDA PAZ, I.C.L.; BRUNO, L.D.G. Bone mineral density: review. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.8, p.69-73, 2006.
- AMOAHA, J.K.; MARTIN, E.A.; BARROGA, J.A. et al. Calcium and phosphorus requirements of Japanese quail layers. **Journal of Applied Biosciences**, v.54, p.3892-3900, 2012.
- ARIAS, J.L.; FINK, D.J.; XIAO, S. et al. Biomineralization and eggshells: cell-mediated acellular compartments of mineralized extracellular matrix. **International Review of Cytology**, v.145, p.217-250, 1993.
- BAIN, M. **Eggshell strength: a mechanical/ultrastructural evaluation**. 1991. Thesis (D.Sc) – University of Glasgow, Glasgow, UK.
- BAR, A. Calcium transport in strongly calcifying laying birds: mechanisms and regulation. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v.152, p.447-469, 2009.
- BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; MENDONÇA, M.O. et al. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinaria**, v.24, p.127-133, 2008.
- BINDELS, R.J.M. Calcium handling by the mammalian kidney. **Journal of Experimental of Biology**, v.184, p.89-104, 1993.
- BOERJAN, M. Incubation for uniformity. **Australian Poultry Science**, v.18, p.174-181, 2006.
- 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 Science**, v.29, p.17-21, 2007.
- BROGNONI, E.; FURLAN, C.; TURCO, P.H.N. et al. [2007]. **Análise de investimento na produção de ovos de codorna: uma visão econômica da atividade**. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/cet/trabalhos.php?codigo=102>>. Acesso em: 09 out. 2014.
- CALIL, T.A.C. Princípios básicos de incubação. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2007. (CD-ROM)

- CHANDRAMONI, B.; JADHAO, R.P.; SINHA, J.B. Effect of dietary calcium and phosphorus concentrations on retention of these nutrients by caged layers. **British Poultry Science**, v.39, p.544-548, 1998.
- COELHO, M. Involvement of calcium and phosphorus in bone and shell quality of early maturing commercial layers. **World Poultry**, v.17, p.16-19, 2001.
- COLEMAN, J.R.; TEREPKA, A.R. Fine structural changes associated with the onset of calcium, sodium and water transport by the chick chorioallantoic membrane. **Journal of Membrane of Biology**, v.7, p.111-127, 1972.
- 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, p.1748-1755, 2010.
- 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, p.2037-2046, 2007.
- CROMWELL, G.L. Bioavailability of calcium and phosphorus in plant and animal ingredients. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2000, 1993.
- CURTO, F.P.F. [2005]. A importância dos minerais na alimentação de nossas aves. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/Xfc0002.html>>. Acesso em: 7 nov. 2014.
- DE VRIES, S.; KWAKKEL, R.P.; DIJKSTRA, J. Dynamics of calcium and phosphorus metabolism in laying hens. In: VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E. (Eds.) **Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals**. Wallingford, UK: CAB International, 2010. p.133-150.
- DEEMING, D.C.; CLYBURN, V.; WILLIAMS, K. et al. In ovo microbial contamination of the yolk sac of unhatched broiler and pheasant embryos. **Avian and Poultry Biology Reviews**, v.13, p.240-241, 2002.
- EL-SAFETY, S.A. Stepwise regression analysis for ultrastructural measurements of eggshell quality in two local breeds of chicken. **Egyptian Poultry Science**, v.24, p.189-203, 2004.
- ETCHES, R.J. Calcium logistics in the laying hen. **Journal of Nutrition**, v.117, p.61-628, 1987.
- FATHI, M.M. Ultrastructural evaluation of eggshell quality produced from two different genetic groups of chicken. **Egyptian Poultry Science**, v.21, p.263-276, 2001.
- FATHI, M.M.; ZEIN EL-DEIN, A.; EL-SAFETY, S.A. et al. Using scanning electron microscopy to detect the ultrastructural variations in eggshell quality of fayoumi and dandarawi chicken breeds. **International Journal of Poultry Science**, v.6, p.236-241, 2007.
- FREEMAN, B.M.; VINCE, M.A. **Development of avian embryo**. London: Chapman and Hall, 1974.
- GARCIA, J.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N. et al. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Acta Scientiarum**, v.22, p.733-739, 2000.
- GILBERT, A.B. Calcium and reproductive function in the hen. **The Proceedings of the Nutrition Society**, v.42, p.195-212, 1983.
- GUINOTTE, F.; NYS, Y.; MONREDON, F. The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1908-1920, 1991.
- HOENDEROP, J.G.; NILIUS, B.; BINDELS, R.J. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, v.85, p.373-422, 2005.

- HOENDEROP, J.G.J.; WILLEMS, P.H.G.M.; BINDELS, R.J.M. Toward a comprehensive molecular model of active calcium reabsorption. **American Journal of Physiology**, v.278, p.352-360, 2000.
- ITO, R. Aspectos nutricionais relacionados à qualidade da casca de ovos. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 8., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1998. p.119-138.
- JOHNSTON, P.; COMAR, C. Distribution of calcium from the albumen, yolk and shell. **International Journal of Poultry Science**, v.9, p.77-81, 1995.
- JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 488p.
- KEBREAB, E.; FRANCE, J.; KWAKKEL, R.P. et al. Development and evaluation of a dynamic model of calcium and phosphorus flows in layers. **Poultry Science**, v.88, p.680-689, 2009.
- KESHAVARZ, K. A comparison between cholecalciferol and 25-OHcholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. **Poultry Science**, v.82, p.1415-1422, 2003.
- LANYON, L.E. Analysis of surface bone strain in the calcaneus of sheep during normal locomotion: Strain analysis of the calcaneus. **Journal of Biomech**, v.6, p.41-49, 1973.
- LAMMIE, D.; BAIN, M.M.; WESS, T.J. Microfocus X-ray scattering investigations of eggshell nanotexture. **Journal Synchro Radi**, v.12, p.721-726, 2005.
- LEACH, R.M. Physiology of bone growth and development. In: WORLD'S POULTRY CONGRESS, 21., 2000, Montreal. Proceedings... Montreal: [s.n.], 2000. (CD-ROM).
- LEESON, T.S.; LESSON, C.R. The chorio-allantois of the chick: light and electron microscopic observations at various times of incubation. **Journal of Anatomy**, v.97, p.585-595, 1963.
- LUKIĆ, M.; PAVLOVSKI, Z.; ŠKRBIĆ, Z. Adequate calcium nutrition and quality of egg shell and bones in layers: innovative approach. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.27, p.485-497, 2011.
- LUKIĆ, M.; PAVLOVSKI, Z.; ŠKRBIĆ, Z. Mineral nutrition of modern poultry genotypes. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.25, p.399-409, 2007.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. 375p.
- MARTINS, E.N. Perspectivas do melhoramento genético de codornas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. (CD-ROM).
- McDOWELL, L.R. Minerals in animal and human nutrition. **Elsevier Health Sciences**, v.3, p.1-9, 2003.
- MOHAMMAD, K.F.; MOGHADAM, H.N.; SAKI, A.A. Effect of different levels of calcium, phosphorus and vitamin D3 on the calcium phosphorus and magnesium of plasma, hatchability and performance on the boiler breeder hens. **Journal of Biological Sciences**, v.5, p.223-227, 2010.
- MORAN JR., E.T. Nutrition of the developing embryo and hatchling. **Poultry Science**, v.86, p.1043-1049, 2007.
- MURAKAMI, A.E.; ARIKI, J. **Produção de codornas japonesas**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 79p.
- MURAKAMI, A.E.; FRANCO, J.R.G. Nutrição de codornas japonesas em postura. In: ZOOTEC, 2004, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABZ, 2004. p.1-21.

- NASCIMENTO, V.P.; SALLE, C.T.P. O ovo. In: MACARI, M.; MENDES, A.A. (Eds.). **Manejo da Incubação**. Campinas: FACTA, 2003. p.34-50.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. p.14-15.
- NELSON, T.S.; PEELER, H.T.; WALKER, A.C. The influence of sodium sulfate on chlortetracycline content of blood. **Poultry Science**, v.43, p.1546-1550, 1964.
- ONO, T., TUAN, R.S. Vitamin D and chick embryonic yolk calcium mobilization: identification and regulation of expression of vitamin D dependent Ca²⁺-binding protein, calbindin-D28K, in the yolk sac. **Developmental Biology**, v.144, p.167-176, 1991.
- PANDEY, N.K.; MAHAPATRA, C.M.; VERMA, S.S. et al. Effect of strain on physical egg quality characteristics in White Leghorn chickens. **International Journal of Poultry Science**, v.21, p.304-307, 1986.
- PELICIA, K.; GARCIA, E.A.; FAITARONE, A.B.G. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.11, p.39-49, 2009.
- ROBERTS, J.R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. **Journal of Poultry Science**, v.41, p.161-177, 2004.
- ROBERTS, J.R. Factors affecting egg shell and internal egg quality. In: ANNUAL ASAIM SE ASIAN FEED TECHNOLOGY AND NUTRITION WORKSHOP, 18., 2010, Cambodia. **Proceedings...** Cambodia: [s.n], 2010. (CD-ROM).
- RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; KALIN, O.; NYS, Y. et al. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. **British Poultry Science**, v.43, p.395-403, 2002.
- ROLAND, D.A. Egg shell quality III: Calcium and phosphorus requirements of commercial Leghorns. **World's Poultry Science Journal**, v.42, p.154-165, 1986.
- ROLAND, D.A.; GORDON, R. **Metabolism and role of phosphorus, calcium and vitamin D3 in layer nutrition**. Alabama: Auburn University, 1996.
- ROLAND, D.A.; SLOAN, D.R.; HARMS, R.H. Calcium metabolism in the laying hen. Calcium status of the hen at night. **Poultry Science**, v.5, p.351-354, 1973.
- ROMANOFF, A.L. **Important Events in embryonic development**. Ithaca: Cornell Rural School Leaflet, 1939.
- ROMANOFF, A.L. **The avian embryo**. New York: MacMillan, 1960.
- ROMANOFF, A.L.; ROMANOFF, A.J. **The avian egg**. New York: John Wiley and Sons, 1949. 543p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252p.
- SECHMAN, A.; SHIMADA, K.; SAITO, N. et al. Tissuespecific expression of calbindin-D28K gene during ontogeny of the chicken. **Journal of Experimental Zoology**, v.269, p.450-457, 1994.
- SOLOMON, S.E. The eggshell: strength, structure and function. **British Poultry Science**, v.51, p.52-59, 2010.
- TAYLOR, T.G. Dietary phosphorus and eggshell thickness in domestic fowl. **British Poultry Science**, v.6, p.79-87, 1965.
- TUAN, R.S. Mechanism and regulation of calcium transport by the chick embryonic chorioallantoic membrane. **Journal of Experimental Zoology**, v.1, p.1-13, 1987.
- TUAN, R.S.; SUYAMA, E. Developmental expression and vitamin D regulation of calbindin-D28K in chick embryonic yolk sac endoderm. **Journal of Nutrition**, v.126, p.1308-1316, 1996.

- UHTHOFF, H.K.; JAWORSKI, Z. Bone loss in response to longterm immobilisation. **Journal of Bone and Joint Surgery British**, v.60, p.420-429, 1978.
- 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, p.204-213, 2012.
- WEINER, S.; ADDADI, L. Acidic macromolecules of mineralized tissues: The controllers of crystal formation. **Trends in Biochemical Sciences**, v.16, p.252-256, 1991.
- WHITEHEAD, C.C. Overview of bone biology in the egg-laying hen. **Poultry Science**, v.83, p.193-199, 2004.
- WHITEHEAD, C.C.; FLEMING, R.H. Osteoporosis in cage layers. **Poultry Science**, v.79, p.1033-1041, 2000.
- ZHANG, B.; COON, C. The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. **Poultry Science**, v.76, p.1702-1706, 1997.

II – OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os efeitos de níveis de cálcio (Ca) e de fósforo (P) na dieta de matrizes de codornas japonesas sobre o desempenho e a qualidade dos ovos, sobre a bioquímica sérica e os ossos das matrizes e sobre a percentagem de cálcio e fósforo da casca do ovo, do vitelo e do embrião ao longo da incubação, bem como o desenvolvimento ósseo da progênie até os 35 dias.

2.1 Específicos

- Determinar as variáveis de desempenho e de qualidade interna e externa de ovos das matrizes;
- determinar os níveis séricos de cálcio e fósforo das matrizes;
- mensurar as variáveis de qualidade óssea das matrizes;
- estimar a percentagem de eclosão, de fertilidade, de mortalidade e o peso dos pintainhos;
- obter a percentagem de cálcio e de fósforo do vitelo, da casca e do organismo dos embriões ao longo da incubação;
- estudar o desenvolvimento ósseo ao longo da incubação pela determinação do comprimento e da percentagem de ossificação do fêmur e do tibiotarso dos embriões;
- estudar o desenvolvimento dos ossos fêmur e tibiotarso no período pós-eclosão;
- determinar os teores de cinzas, cálcio e fósforo nos ossos da perna da progênie durante o período de crescimento;
- avaliar o desempenho produtivo de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar da progênie.

III – Avaliação do desempenho produtivo, bioquímica sérica e variáveis ósseas de codornas japonesas alimentadas com dietas de diferentes níveis de cálcio e fósforo

RESUMO - Os níveis de cálcio e fósforo foram suplementados na ração de codornas japonesas na fase de postura, com 22 semanas de idade, e foram avaliados o desempenho, a qualidade do ovo e as variáveis sanguíneas e ósseas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com oito repetições de quatro níveis de cálcio (2,0; 2,5; 3,0; 3,5%) e dois níveis de fósforo (0,25; 0,35%). Os ovos foram depositados em incubadora automática, e analisado o desempenho ao final da incubação. A fertilidade foi influenciada pelos níveis de cálcio na dieta das matrizes com efeito quadrático. Não houve efeito significativo dos níveis de cálcio e fósforo ou interação para as variáveis de desempenho produtivo e qualidade de ovo não houve efeito dos níveis de cálcio e fósforo ou da interação. Houve efeito quadrático para a unidade Haugh em função dos níveis de cálcio na ração, obtendo menor valor 2,8% de cálcio na dieta. Ao analisar os ossos longos das fêmeas, constatou-se que houve efeito quadrático para a densidade óptica no fêmur e linear para o tibiotarso em função dos níveis de cálcio na dieta. Os diferentes níveis de cálcio e fósforo, fornecidos na dieta dos reprodutores, exercem influência sobre a fertilidade dos ovos. Os níveis de 2,0% de cálcio e o de 0,25% de fósforo disponível são suficientes para proporcionar bom desempenho produtivo e manutenção satisfatória da qualidade dos ovos de codornas japonesas durante a postura (22 a 33 semanas de idade), e correspondem a consumos diários de 640 mg de cálcio e 80 mg de fósforo disponível por ave.

Palavras-chave: coturnix, ossos, postura, sangue, fertilidade

Evaluation of the productive performance, serum biochemistry and bone variables of Japanese quail fed diets with different levels of calcium and phosphorus

ABSTRACT - Calcium and phosphorus levels were supplemented in the diet of Japanese quails in laying phase, 22 weeks old, and there were evaluated the performance, egg quality and blood and bone variables. The experimental design was completely randomized in a 4x2 factorial scheme with 8 repetitions of 4 calcium levels (2.0, 2.5, 3.0, 3.5%) and two phosphorus levels (0.25, 0, 35%). The eggs were incubated in an automatic incubator and examined the performance at the end of incubation. Fertility was influenced by the levels of calcium in the hen diet with quadratic effect. There was no significant effect of calcium and phosphorus levels or interaction for the variables of productive performance and egg quality, there was no effect of calcium and phosphorus levels or interaction. There was quadratic effect for Haugh unit in function of calcium levels in the diet, getting lower value of 2.8% of dietary calcium.. When analyzing the long bones of the females, it was found that there was a quadratic effect for the optical density in the femur and linear for tibialtarsus in function of calcium levels in the diet. The different levels of calcium and phosphorus provided in the breeding diet influence the eggs fertility. The levels of 2.0% calcium and 0.25% phosphorus available are sufficient to provide good productive performance and satisfactory maintenance of the eggs quality of Japanese quail during the laying (22-33 weeks old), and correspond the daily intake of 640 mg of calcium and 80 mg of phosphorus available per bird.

Key Words: coturnix, bones, posture, blood, fertility

Introdução

Na criação de codornas, as possibilidades de exploração são a produção de carne, de ovos, de codornas de um dia e codornas recriadas com 20 a 30 dias de idade. O aumento do consumo de ovos e a utilização de suas vantagens nutricionais pela população dependem da qualidade do produto oferecido ao consumidor, que é determinada por um conjunto de características que influenciam o seu grau de aceitabilidade no mercado.

A formação da casca e as condições de conservação são as principais causas de perda da qualidade interna dos ovos após a postura (Barbosa et al., 2008). A má qualidade da casca do ovo é devida, principalmente, à nutrição das matrizes, em relação aos níveis dos minerais disponíveis na ração. Dentre os minerais, o cálcio (Ca) e o fósforo (P) são os mais importantes para a produção de ovos e sua disponibilidade é crucial durante o período de postura (De Vries et al., 2010).

A homeostase do cálcio, em aves domésticas é alcançada principalmente pelo equilíbrio na capacidade e eficiência de absorção intestinal, reabsorção renal e reabsorção óssea de cálcio de acordo com as necessidades e exigências para este mineral (Etches, 1987). Por outro lado, o fósforo, quando em excesso, é prejudicial para a qualidade da casca (Chandramoni et al., 1998). Isso acontece porque forma-se fosfato de cálcio insolúvel no intestino, o que torna o cálcio inutilizável (De Vries et al., 2010). Esse mineral também é usado na diminuição da acidose no sangue, liberando o excesso de íons de hidrogênio através de excreção e, portanto, contribui para a manutenção dos níveis de bicarbonato (Pelicia et al., 2009).

Além disso, atua na qualidade da casca do ovo, favorecendo na eclosão a obtenção de pintos saudáveis. Segundo Narushin & Romanov (2002), a porosidade e a espessura da casca são fatores que têm maior influência sobre o desenvolvimento embrionário, pois é por meio dela que ocorrem as trocas gasosas, transferência de cálcio para o embrião e serve também como proteção contra bactérias do meio externo (Vieira, 2007).

A mortalidade embrionária também pode estar ligada aos fatores nutricionais das matrizes, principalmente se a concentração maior for durante a segunda semana de incubação, pois nessa fase a taxa de mortalidade é baixa (Leeson et al., 1979). Tanto o excesso quanto a eficiência dos minerais podem afetar o desenvolvimento do embrião e esse efeito torna-se evidente mais cedo (Wilson, 1997). O consumo de quantidades

inadequadas desses minerais pode provocar também problemas de fertilidade, de viabilidade embrionária e até mesmo na produção de ovos (Machado, 2010; Amoha et al., 2012).

Com o fornecimento de níveis adequados de cálcio e fósforo na dieta das matrizes, estas produzem ovos com boa qualidade de casca e gema. Dessa forma, o desenvolvimento e a nutrição do embrião não são comprometidos, podendo-se obter melhores índices de viabilidade e redução na mortalidade embrionária (Calil, 2007).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o desempenho produtivo de matrizes de codornas japonesas que receberam ração com diferentes níveis de cálcio e fósforo, assim como analisar a qualidade óssea e as variáveis sanguíneas durante o ciclo de produção.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi na Universidade Estadual de Maringá – UEM. Foi utilizado um total de 512 codornas japonesas (*Coturnix Coturnix japonica*), com 22 semanas de idade, as quais foram distribuídas em gaiolas galvanizadas em seis fêmeas e dois machos em cada gaiola. O período do experimento foi de 22 a 34 semanas de idade.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial de 4x2 (4 níveis de cálcio: 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5% e 2 níveis de fósforo: 0,25 e 0,35%), contendo oito repetições com oito aves por unidade experimental (6 fêmeas e 2 machos).

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja para atender as exigências nutricionais, segundo recomendações e composição dos alimentos preconizadas por Rostagno et al. (2011), exceto para as exigências de cálcio e fósforo que se diferenciaram conforme cada tratamento (Tabela 1). Os valores de composição química e valores energéticos dos alimentos foram obtidos de Rostagno et al. (2011).

A ração e a água foram fornecidas *ad libitum*, em comedouros, do tipo calha e bebedouros do tipo nipple. Diariamente, foi monitorada a temperatura (°C) e umidade do aviário, por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e bulbo úmido, posicionados em pontos estratégicos no galpão, obtendo uma média de 29°C. O programa de luz adotado foi de 17 h, de luz diária.

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das rações experimentais de matrizes de postura

Níveis de cálcio	2,00	2,50	3,00	3,50	2,00	2,50	3,00	3,50
Níveis de fósforo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35
Ingredientes (%)								
Soja farelo (45%)	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66
Milho grão	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80
Óleo de soja	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476
Fosfato bicálcico	0,783	0,783	0,783	0,783	1,323	1,323	1,323	1,323
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
DL-metionina (98%)	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383
Calcário	4,388	5,690	6,992	8,295	4,040	5,342	6,644	7,946
PREMIX (Min/Vit) *	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L- lisina	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201
Inerte**	4,500	3,198	1,896	0,594	4,309	3,007	1,705	0,403
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Valores calculados								
EM (Kcal/kg)	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Cálcio (%)	2,000	2,500	3,000	3,500	2,000	2,500	3,000	3,500
Fósforo disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,350	0,350	0,350	0,350
Proteína bruta (%)	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42
Lisina digestível (%)	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097
Met.+cist. digestível (%)	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Treonina digestível (%)	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
Triptofano digestível (%)	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216
Valina digestível (%)	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821
Isoleucina digestível (%)	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756
Arginina digestível (%)	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218
Cloro (%)	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287
Sódio (%)	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176
Potássio (%)	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754

*Suplemento mineral e vitamínico – Nucleopar Nutrição Animal Ltda. (Conteúdo por kg do produto): Vit. A 2.500.000 UI; Vit E 5.000 UI; Vit D3 5000.000 UI; Vit K3 750 mg; Vit B1 625 mg; Vit B12 5.000 µg; Vit B2 1500 mg; Vit B6 1.250 mg; pantotenato de cálcio 3.000 mg; niacina 6.000 mg; ác. fólico 250 mg; biotina 50 mg; colina 75 g; metionina 300 g; BHT 1.000 mg; zinco 13 g; ferro 13 g; manganês 15 g; cobre 3.000 mg; iodo 250 mg; cobalto 50 mg; selênio 63 mg; veículo q.s.p. 1.000 g.

**Areia lavada.

• Desempenho da incubação

Os ovos foram coletados e armazenados em ambiente com refrigeração controlada a 17°C e incubados em incubadora artificial, com temperatura a 37,5°C e umidade de 99,5 UR durante 15 dias e no 15º dia foi feita a transferência para o nascedouro, os quais permaneceram até o 17º dia. Na eclosão das aves, foi obtida a taxa de eclosão resultante do número de aves eclodidas, dividido pelo número de ovos incubados. A taxa de fertilidade foi calculada com base no número de ovos considerados inférteis, ou seja, sem modificações macroscópicas no disco germinativo. A fórmula usada para percentagem de eclosão foi: %eclosão = aves eclodidas/número de ovos férteis.

- **Desempenho produtivo e qualidade dos ovos**

Foram avaliados a produção média de ovos por ave/dia (%), o peso dos ovos (g), o consumo de ração (g de ração/ave-dia) e a conversão alimentar de (kg de ração/kg de ovo produzido e kg de ovos produzido /Dz) e a massa de ovo (g) (% de postura x peso do ovo(g)/100) em quatro ciclos de 21 dias cada. Diariamente pela manhã, foram anotadas a postura das aves e a mortalidade quando havia, para determinar a taxa de postura das aves. Semanalmente, as rações foram pesadas a fim de determinar o consumo de ração e a conversão alimentar. O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a ração fornecida durante cada semana subtraindo-se a sobra ao final da mesma, sendo considerado o número de aves mortas para correção dos valores finais.

Os dados de conversão alimentar (quilogramas de ração consumida/dúzia de ovos produzidos) foram calculados dividindo o consumo de ração semanal e a produção de ovos na semana, levando em consideração a mortalidade diária tanto das fêmeas quanto dos machos.

A qualidade do ovo foi realizada por três dias consecutivos ao final de cada ciclo, em que foram avaliados o peso médio dos ovos, a altura de albúmen, o peso específico dos ovos e a porcentagem e a espessura das cascas. Todos os ovos íntegros, de cada unidade experimental, foram identificados, pesados individualmente em balança de precisão digital (0,01 g) e submetidos ao teste de peso específico pelo método da imersão dos ovos em solução salina (densidades de 1,058 a 1,086 g/cm³).

Três ovos por unidade experimental foram utilizados para a determinação da altura de albúmen. Os ovos foram quebrados em superfície plana de vidro e medida a altura do albúmen, utilizando um paquímetro digital. As medidas (mm) foram relacionadas ao peso do ovo obtendo-se, assim, a unidade Haugh, conforme descrito por Haugh (1937): $UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$, em que: H = altura de albúmen (mm); W = peso do ovo (gramas).

As cascas foram lavadas e secas à temperatura ambiente por 72 h, pesadas em balança de precisão digital (0,001g) e realizada a medição da espessura das cascas com micrômetro digital (Mitutoyo[®]), em três pontos, na região central de cada casca. O cálculo para percentual de casca foi obtido pela relação do peso das cascas secas com o peso do ovo respectivo.

- **Análises ósseas nas matrizes**

Para a determinação da qualidade óssea, as mesmas aves usadas para obtenção do soro foram sacrificadas por deslocamento cervical e os ossos (fêmur e tibiotarso) foram dissecados, medidos com paquímetro digital e pesados em balança de precisão digital (0,0001 g) e congelados. Os mesmos foram utilizados na determinação da densitometria óssea, da resistência e da composição mineral.

O índice de Seedor (Seedor et al., 1995) foi obtido por meio do resultado da divisão feita do peso do osso por seu comprimento: *Índice de Seedor = peso (mg) / Comprimento (mm)*.

Para análise de densidade mineral óptica, os ossos foram descongelados e colocadas sob o filme radiográfico (marca Kodak IntraoralE-SpeedFilm, size2, tipo periapical), paralelos a um penetrômetro de alumínio com dez degraus de tamanhos diferentes e sempre na mesma posição, e então radiografadas por um aparelho de raios-x odontológico DabiAtlante[®], modelo Spectro 70X eletronic (DabiAtlante, Ribeirão Preto, Brasil), operando a 70 kVp, 8 Ma, utilizando o tempo de exposição de 0,2 segundos, com o feixe de raios X incidindo perpendicularmente em relação ao filme, com uma distância foco-filme de 10 cm. Os filmes radiográficos foram revelados em processadora automática Revel Indústria e Comércio de 43 equipamentos Ltda., com tempo de trabalho de 150 segundos, operando com soluções da Kodak RP X-Omat. As radiografias foram digitalizadas através um scanner, com a resolução de 600 DPI (“Dots Per Inch” = pontos por polegada), e gravadas em arquivos com extensão JPG progressivo.

A leitura radiográfica foi feita na porção média da diáfise para todos os ossos, ser a região mais central onde é a área em que o aparelho de resistência fará a aplicação da força necessária à quebra. As imagens digitais obtidas foram analisadas em cinco pontos, por meio do método de histograma no programa “Adobe Photoshop CS6”. As imagens em escala de tons de cinza foram avaliadas no histograma em cinco áreas centrais da diáfise da tíbia e do fêmur, com tamanho fixo (10 x 10 pixels) e calculada a média para cada osso.

Os dados obtidos no osso em valores de cinza foram convertidos em valores relativos à espessura da escala de alumínio. Para a conversão, foi realizada a setorização da curva densitométrica característica. Em cada radiografia, foi estabelecido este setor por meio da escolha de três degraus da escala (1 ao 3), cujos respectivos valores de escala de cinza limitavam à região de estudo previamente determinada no osso. As médias obtidas nos degraus da escala foram então utilizadas para obtenção de uma

expressão matemática, que melhor se ajustou aos pontos encontrados. Com a equação obtida para cada osso, pode-se determinar o valor em milímetros de alumínio (mmAL) para densidade óssea, e quanto maior o valor obtido, maior a radioatividade, e, conseqüentemente, maior a densidade óssea.

Para a medida de força máxima da quebra do osso, a qual é denominada resistência óssea, o processo foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção e Mecânica de Solos, pertencente ao Centro de Tecnologia da UEM e esses mesmos ossos foram colocados em uma prensa para ensaios de resistência e os valores foram expressos em kgf. Os ossos foram apoiados nas extremidades (epífises), na posição anteroposterior, deixando a região central sem apoio, onde a força do aparelho aplicada foi padronizada sempre no mesmo ponto em todos os ossos e no momento da ruptura do osso foi mensurada a força aplicada. A velocidade de descida da sonda por aplicação da força foi de 5 mm/s e a carga utilizada foi de 500 N (Newton). O cálculo da força de quebra foi determinado pela fórmula:

$$\text{Força (N)} = 0,16931 + 0,3786;$$

$$\text{kgf} = \text{Força(N)} * 0,102.$$

Os mesmos ossos foram utilizados para análise da percentagem de cálcio e fósforo. Esses ossos foram pesados em balança analítica digital (0,0001g), secos em estufa a 105°C durante 24 h, pesados novamente, colocados em mufla a 600°C durante 6h. A cinza resultante da queima dos ossos foi utilizada para o preparo das soluções minerais pelo método descrito por Silva & Queiroz (2006). As cinzas foram pesadas e, posteriormente, foram analisadas para concentrações de cálcio, por espectrofotometria de absorção atômica e as concentrações de fósforo que foram determinadas pelo método calorimétrico, de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2006).

O projeto foi enviado ao Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais de Experimentação (CEUA) e foi aprovado sob o protocolo de número 001/2013.

- **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo proc GLM utilizando-se o programa estatístico SAS Institute Inc. (2011), com nível de 5% de significância, para se descrever a influência dos níveis de Ca e de fósforo na dieta das codornas. Os dados foram analisados por análise de variância e, quando significativo, foi desdobrada a interação.

Foi analisada a probabilidade de o ovo ser fértil, em função dos níveis de cálcio e de fósforo, fornecidos na dieta das matrizes, pelo PROC GENMOD do SAS (2000),

utilizando-se distribuição binomial (distribuição de probabilidade discreta do número de sucessos numa sequência de n tentativas tais que as tentativas são independentes; cada tentativa resulta apenas em duas possibilidades, sucesso ou fracasso), com função de ligação LOGIT, sendo $\text{LOGIT} = \exp(\beta) / 1 + \exp(\beta)$.

Resultados e Discussão

Na análise dos dados de desempenho da incubação, não foram observados efeitos significativos nos níveis de cálcio e fósforo da dieta das matrizes para eclodibilidade e para mortalidade total (Tabela 2). Já para a fertilidade, houve efeito quadrático dos níveis de cálcio (Tabela 2; Figura 1).

Tabela 2 - Variáveis de desempenho da incubação de ovos provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo

Cálcio (%)	Eclosão (%)	Mortalidade (%)	Fertilidade (%)
2	79,43 (\pm 12,76)	20,56 (\pm 12,76)	94,91 (\pm 5,59)
2,5	75,94 (\pm 17,39)	24,058 (\pm 17,39)	92,03 (\pm 9,88)
3	82,38 (\pm 17,55)	17,61 (\pm 17,55)	89,85 (\pm 9,03)
3,5	77,45 (\pm 17,55)	22,54 (\pm 17,55)	98,28 (\pm 4,41)
Fósforo (%)			
0,25	78,50 (\pm 14,31)	21,49 (\pm 14,32)	92,73 (\pm 7,83)
0,35	79,10 (\pm 18,17)	20,89 (\pm 18,17)	94,80 (\pm 8,27)
CV	20,60	76,57	8,59
Anova	Valor de P		
Ca	0,297	0,922	0,0001 ^Q
P	0,983	0,199	0,281
Ca vs P	0,192	0,7136	0,237

Q= efeito quadrático

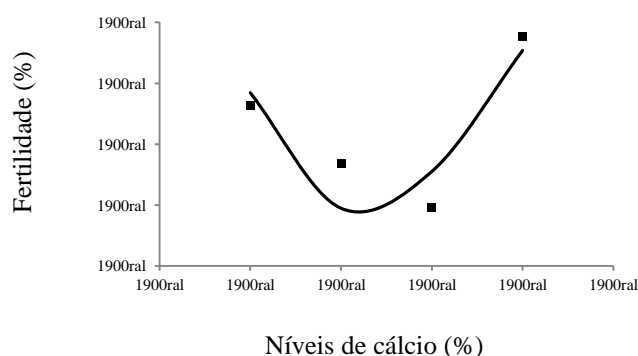


Figura 1 - Análise de regressão dos valores estimados e observados (pontos) da probabilidade de os ovos de codornas japonesas serem férteis, alimentadas com diferentes níveis de cálcio.

Os dados de desempenho produtivo e de qualidade de ovos das matrizes estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores observados do desempenho produtivo e qualidade de ovo de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na ração

Ca (%)	Produção (%)	Peso ovo (g)	Consumo (g/ave/dia)	CA (kg/kg)	CA (kg/Dz)	MO	Esp casca (mm)	Peso casca (g)	Perc casca (%)	UH	Gravidade (g/cm ³)
2,0	80,07 (±5,90)	11,16 (±0,35)	30,67 (±1,59)	3,06 (±0,28)	0,48 (±0,03)	8,93 (±0,68)	0,213 (±0,04)	0,86 (±0,03)	7,71 (±0,38)	90,51 (± 1,40)	1,083 (±0,01)
2,5	81,24 (±8,58)	11,08 (±0,46)	30,30 (±1,20)	2,95 (±0,29)	0,47 (±0,03)	9,00 (±0,90)	0,202 (±0,01)	0,86 (±0,03)	7,81 (±0,44)	89,80 (±1,39)	1,087 (±0,03)
3,0	80,84 (±8,65)	11,21 (±0,38)	30,05 (±1,18)	2,89 (±0,27)	0,46 (±0,05)	9,06 (±0,86)	0,197 (±0,01)	0,86 (±0,03)	7,73 (±0,39)	89,55 (±1,23)	1,082 (±0,02)
3,5	81,05 (±7,370)	11,00 (±0,49)	29,97 (±1,58)	2,95 (±0,41)	0,46 (±0,05)	8,93 (±1,01)	0,205 (±0,01)	0,87 (±0,03)	7,96 (±0,54)	90,34 (±0,84)	1,089 (±0,01)
P (%)											
0,25	79,30 (±6,86)	11,10 (±0,37)	30,25 (±1,53)	3,02 (±0,34)	0,48 (±0,04)	8,80 (±0,82)	0,207 (±0,01)	0,87 (±0,03)	7,86 (±0,35)	90,09 (±1,18)	1,084 (±0,02)
0,35	82,29 (±7,98)	11,12 (±0,47)	30,25 (±1,26)	2,90 (±0,28)	0,46 (±0,04)	9,16 (±0,86)	0,221 (±0,06)	0,87 (±0,03)	7,75 (±0,52)	90,01 (±1,39)	1,082 (±0,02)
CV (%)	9,32	3,83	4,62	10,46	9,51	9,53	14,62	12,11	5,73	1,39	2,01
Anova						Valor de P					
Ca	0,119	0,495	0,138	0,113	0,393	0,938	0,789	0,184	0,191	0,017 ^Q	0,512
P	0,765	0,602	0,986	0,283	0,921	0,586	0,388	0,131	0,876	0,544	0,574
Ca vs P	0,991	0,618	0,839	0,052	0,718	0,824	0,358	0,178	0,974	0,893	0,613

Q= efeito quadrático (P<0,05), equação da regressão: $Y=101,2902-8,382(Ca)+1,495(Ca^2)$; $R^2=0,94$; CA= conversão alimentar; MO= massa de ovos (g); UH= unidade Haugh.

Para as variáveis de desempenho, como consumo de ração (g/ave/dia), a produção de ovos por ave/dia (%), o peso médio dos ovos (g), massa de ovos por ave/dia (g) e conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz), não foi observada influência dos níveis de cálcio e de fósforo ou a interação desses minerais na ração das matrizes ou sua interação. Dessa forma, os níveis de cálcio e de fósforo disponível comportaram-se de forma independente e não influenciaram o desempenho das codornas durante a postura. Esses dados corroboram com Vieira et al. (2012) que, trabalhando com diferentes níveis de cálcio (2,0; 2,5; 3,0%) e fósforo (0,10; 0,17; 0,24; 0,31%), não observaram influência da interação entres esses minerais, exceto para consumo de ração.

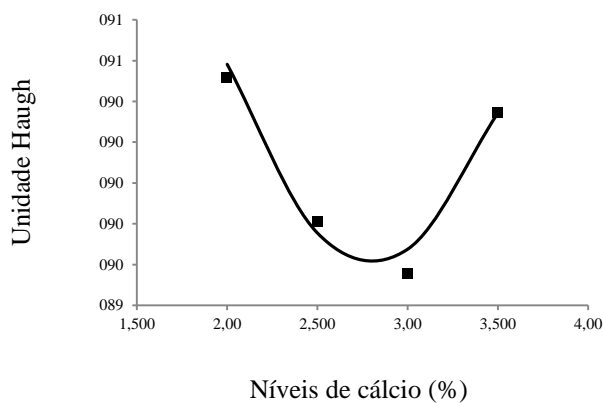
Para a conversão alimentar por massa de ovos (kg/kg) não foi observado efeito significativo entre os níveis de cálcio e de fósforo da dieta. Esses resultados corroboram com Vieira et al. (2012) que, trabalhando com níveis de 2,0 % até 3,0% de cálcio e 0,10 à 0,31% de fósforo, também não encontraram diferença para essa variável. Costa et al. (2010), trabalhando com os mesmos níveis de cálcio na dieta, porém, com codornas mais velhas (45 a 57 semanas), obtiveram um aumento na produção de postura de 2,4%.

Com relação ao consumo de ração, os níveis de cálcio e fósforo não influenciaram essa variável. O mesmo foi observado por Masukawa et al. (2001), que trabalharam com os mesmos níveis de Ca (2,0; 2,5; 3,0; 3,5%) na dieta de codornas japonesas, que foram divididas em dois grupos de idades diferentes, nove e 20 semanas. Efeito diferente foi encontrado por Garcia et al. (2000), que testaram níveis de 0,27 a 0,42% de P e de 2,5 a 4,0% de Ca na dieta e observaram diminuição linear no peso dos ovos, conforme aumentaram os níveis de Ca na ração das codornas. Garcia et al. (2000), estudando níveis de 2,5% a 4,0% de cálcio, observaram que o consumo de ração diminuiu linearmente à medida que os níveis de cálcio da ração aumentaram.

Segundo Leeson & Summers (1991), as galinhas poedeiras são capazes de ajustar a ingestão de cálcio necessário para a formação da casca dos ovos de acordo com suas necessidades. Entretanto, o excesso de ingestão de cálcio nem sempre produz resultados positivos, sendo que pode comprometer de forma excessiva o consumo e a produção de ovos. Esse dado pode ser relacionado com o fato de diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta das codornas não terem interferido no peso médio (g) dos ovos durante o experimento.

Os níveis de cálcio e fósforo da dieta das matrizes não tiveram efeito sobre as variáveis de qualidade interna e externa dos ovos como peso do ovo (g), massa de ovos produzida (MO), espessura de casca, peso e % da casca e gravidade específica. Já a

unidade Haugh (UH) foi influenciada pelos níveis de Ca da ração das matrizes de forma linear crescente (Tabela 3). Os valores estimados foram obtidos pela equação de regressão: $Y=101,2902-8,382(Ca)+1,4958(Ca^2)$, havendo uma quadrática negativa e foi encontrado o menor valor de UH 89,50 ao fornecer 2,80% de cálcio na ração (Figura 2) pela derivação da equação ($d(x)= 8,382/2(1,4958)$). Os valores observados para as outras variáveis de qualidade de ovo corroboram com os resultados observados por Masukawa et al. (2001) que, trabalhando com qualidade de casca de ovo de codorna com fornecimento de diferentes níveis de cálcio (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5%), não encontraram diferenças entre os tratamento sobre peso de ovos, percentagem de casca, espessura da casca e gravidade específica dos ovos.



$$Y=101,2902-8,382(Ca)+1,495(Ca^2), R^2=0,94$$

Figura 2 - Unidade Haugh de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo.

A qualidade do ovo é determinada principalmente pela qualidade da casca, a qual é avaliada pela gravidade específica, que juntamente a isso, o peso do ovo é fator importante para produção de um pintainho a partir de um ovo fértil. Considera-se que a maior gravidade específica resulta em melhor qualidade de casca e, conseqüentemente, em ovos mais apropriados para incubação. Porém, com o aumento da idade da ave o ovo aumenta o seu tamanho, mas a gravidade é diminuída e torna-se importante manter uma boa relação entre essas duas variáveis.

Estudo realizado por Pedroso et al. (1999) avaliou diferentes níveis de cálcio e fósforo disponível para codornas com início da produção, a partir dos 42 dias de idade e foi observada a interação entre níveis de cálcio e fósforo para a gravidade específica dos ovos, onde o nível de 3,5% de cálcio e 0,45% de fósforo disponível proporcionaram melhores resultados.

Nesse trabalho, não houve efeito significativo dos tratamentos, para espessura da casca (Tabela 3). A qualidade da casca é influenciada, não só pelos níveis de cálcio na dieta, como também pelo fósforo disponível, podendo ser prejudicada tanto pelo baixo como pelo alto nível de fósforo na dieta. De acordo com Araújo e Albino (2011), durante o processo de formação da casca, as aves sofrem uma acidose metabólica em decorrência da elevada produção de bicarbonato no útero. Essa acidose é, principalmente, compensada por uma alcalose de origem respiratória. Esse equilíbrio ácido-básico não influencia diretamente a qualidade da casca, mas pode alterar o nível de fósforo no sangue que, por sua vez, altera o metabolismo do cálcio e a qualidade da casca do ovo.

Em pesquisa realizada com diferentes níveis de fósforo (0,15, 0,25, 0,35, 0,45 e 0,55%), Costa et al. (2011) encontraram efeito quadrático sobre peso específico (g/cm^3), peso da casca (g) e percentagem de casca, resultando em melhoria na qualidade dos ovos, com níveis ideais para 0,43; 0,41 e 0,42% de Pd da dieta, respectivamente. Diferentemente dos resultados encontrados nesse trabalho em que não houve influência dos níveis de cálcio nem de fósforo fornecido na ração sobre essas variáveis.

Em relação à percentagem de casca, os resultados deste trabalho diferiram dos descritos por Costa et al. (2010) e Garcia et al. (2000), que usaram diferentes níveis de cálcio para codornas e tiveram como resultado um aumento linear na percentagem de casca, conforme os níveis de cálcio na ração foram aumentando. Também, resultado diferente foi observado por Barreto et al. (2007), que estudando níveis de 1,6 a 3,6% de cálcio na ração de codornas, encontraram aumento linear na espessura da casca, conforme se aumentou o nível do mineral na dieta.

Segundo Furtado (1991), o excesso de cálcio tende a reagir com o fósforo, formando compostos insolúveis na luz intestinal, ou seja, o desequilíbrio entre estes minerais afetam a relação e interfere no processo de absorção de ambos os componentes. Porém, com relação à concentração plasmática de cálcio, houve pequeno aumento.

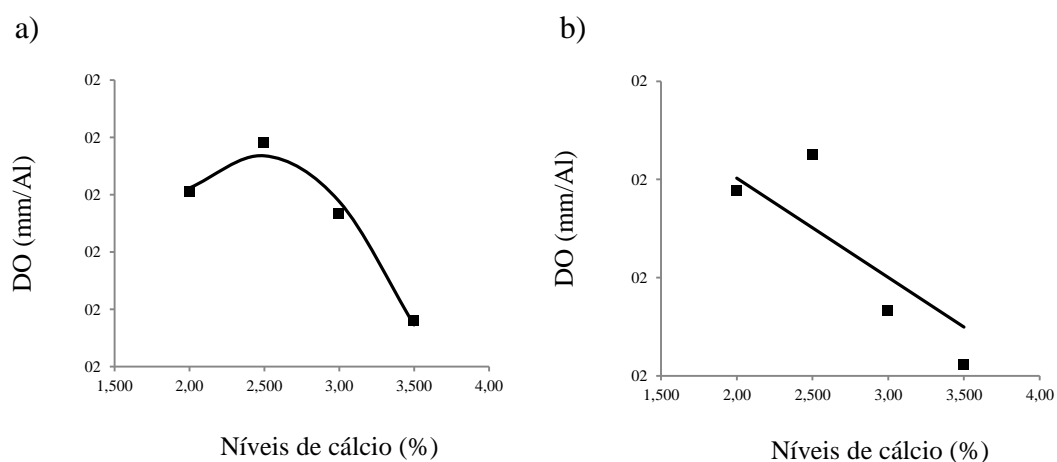
As análises ósseas das matrizes de codornas de postura estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores observados das variáveis ósseas de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na ração

	Fêmur				Tibiotarso				Tibiotarso + Fêmur		
	Peso (g)	IS	FQ (kgf)	DO (mmAl)	Peso (g)	IS	FQ (kgf)	DO (mmAl)	Ca (%)	P (%)	Cz (%)
Cálcio (%)											
2,0	0,41 (±0,06)	10,34 (±1,45)	2,88 (±0,59)	1,74 (±0,13)	0,48 (±0,07)	10,03 (±1,35)	3,15 (±0,49)	1,84 (±0,13)	25,37 (±2,42)	10,59 (±1,37)	47,24 (± 3,52)
2,5	0,42 (±0,09)	10,86 (±2,04)	2,85 (±1,02)	1,89 (±0,27)	0,50 (±0,07)	10,29 (±1,41)	3,19 (±0,89)	1,92 (±0,29)	27,10 (±1,65)	9,90 (±1,23)	48,17 (± 3,33)
3,0	0,45 (±0,10)	11,51 (±2,78)	2,83 (±0,62)	1,77 (±0,17)	0,49 (±0,08)	10,22 (±1,43)	3,24 (±0,62)	1,82 (±0,17)	26,34 (±3,52)	10,86 (±1,07)	48,76 (± 3,21)
3,5	0,42 (±0,06)	10,53 (±1,68)	2,90 (±0,65)	1,61 (±0,16)	0,48 (±0,06)	9,72 (±1,28)	3,40 (±0,55)	1,71 (±0,19)	25,96 (±2,51)	11,48 (±0,91)	46,73 (± 3,33)
Fósforo (%)											
0,25	0,42 (±0,09)	10,78 (±2,29)	2,96 (±0,89)	1,73 (±0,26)	0,48 (±0,06)	9,86 (±1,15)	3,31 (±0,78)	1,83 (±0,25)	26,21 (±2,38)	10,86 (±1,50)	48,29 (±2,91)
0,35	0,42 (±0,07)	10,82 (±1,82)	2,78 (±0,59)	1,78 (±0,15)	0,50 (±0,08)	10,26 (±1,50)	3,18 (±0,54)	1,82 (±0,17)	26,18 (±2,81)	10,55 (±0,95)	47,22 (±2,28)
CV (%)	20,22	3,45	0,98	11,08	14,8	4,68	0,55	11,6	11,02	10,27	8,65
Anova											
	Valor de P										
Ca	0,337	0,575	0,967	0,002 ^Q	0,762	0,594	0,315	0,040 ^L	0,818	0,064	0,682
P	0,564	0,478	0,704	0,754	0,738	0,202	0,777	0,801	0,948	0,294	0,957
Ca vs P	0,744	0,475	0,836	0,734	0,228	0,282	0,893	0,965	0,942	0,226	0,594

Q= efeito quadrático (P<0,05); L= efeito linear (P<0,05); legenda: peso (g): peso do osso em grammas; IS: índice de Seedor; FQ= força de quebra; DO= densidade óptica; Ca (%)= percentagem de cálcio; P (%)= percentagem de fósforo; Cz (%)= percentagem de cinzas.

Não houve efeito dos níveis de cálcio e fósforo ou interação para as variáveis analisadas. Os níveis de Ca não tiveram efeitos sobre as variáveis, com exceção da densidade óptica dos ossos, com efeito quadrático para o fêmur ($Y=0,22793+1,3354(Ca)-0,27175(Ca^2)$; $R^2=0,94$) e a maior densidade encontrada foi 1,87 ao fornecer 2,46% de cálcio na ração das matrizes. Para o tibiotarso, encontrou-se efeito linear decrescente ($Y=2,1037-0,10117(Ca)$; $R^2=0,52$) (Figuras 3a e 3b). Esses resultados demonstram que, ao fornecer maior quantidade de cálcio na dieta, a densidade mineral do fêmur e do tibiotarso diminuiriam.



$$Y=0,22793+1,3354(Ca) - 0,27175(Ca^2) (R^2= 0,94) \quad Y=2,1037-0,10117(Ca) (R^2 =0,52)$$

Figura 3 - Densidade óptica (mm/Al) do fêmur (a) e do tibiotarso (b) de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo.

Estudando diferentes níveis de cálcio na ração, Vargas Jr. et al. (2003) observaram maiores teores de cálcio em ossos de aves alimentadas com rações contendo maiores níveis de cálcio.

A formação da casca dos ovos se inicia no período da noite, pois fica no útero aproximadamente por 20 h para a sua calcificação; durante esse período pode ter ocorrido utilização do cálcio a partir da absorção intestinal proveniente da dieta, sendo necessária então pouca mobilização dos ossos. Caso haja deficiência de cálcio, essa utilização, a partir dos ossos, pode ser aumentada (Brandão et al., 2007) e, de acordo com Ito (1998), quanto maior a dependência de cálcio do esqueleto, menor a quantidade de cálcio depositada na casca, resultando em ovos com casca fina e pouco resistente à quebra.

Garcia et al. (2000), trabalhando com codornas japonesas, encontraram resultados semelhantes, em que a porcentagem de cálcio nos ossos não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis crescentes de Ca e P na ração, porém com relação aos níveis de P na ração, mostraram ter influência quadrática ($P < 0,05$) sobre a porcentagem de P nos ossos, sendo a menor porcentagem de P nos ossos no nível de 0,35% de P na ração.

Segundo Bertechini (2006), sem um nível ideal de cálcio na dieta, não tem como ocorrer máxima absorção do fósforo. Ao observar os parâmetros sob os diferentes níveis de fósforo na ração, foi encontrada uma pequena diminuição na porcentagem de cálcio dos ossos, condizendo com resultados encontrados por Garcia et al. (2000), Abdallah et al. (1993) e Keshavarz & Nakajima (1993) de que os níveis de fósforo disponível não influenciam a porcentagem de cálcio nos ossos.

Trabalho realizado por Costa et al. (2007), com ração contendo 2,5% de cálcio e diferentes níveis de fósforo na dieta, verificou aumento na deposição de fósforo no tecido ósseo das aves à medida que aumentou o nível de fósforo disponível da dieta. Porém, neste mesmo trabalho, ao utilizar dietas contendo 3,2% de cálcio, constatou-se que os níveis de fósforo disponíveis influenciaram com efeito quadrático sobre o teor de fósforo nos ossos, mostrando que o nível de 0,32% de Pd reduziu o teor de fósforo nos ossos.

Segundo Tablante et al. (2003), a perda óssea somente comprometerá a resistência quando houver deficiência prolongada dos minerais. Rath (2000) afirmou que a resistência óssea não está condicionada apenas ao nível de minerais, mas também a estrutura orgânica do osso. Os autores explicaram que o osso é um tecido complexo composto pelas matrizes orgânicas e inorgânicas que oferecem suporte e resistência mecânica. A matriz inorgânica, principalmente hidroxiapatita, fornece a resistência à compressão e a matriz orgânica, composta predominantemente por colágeno, oferece resistência à tensão e serve de suporte para a incorporação da matriz orgânica.

Observou-se que as codornas são animais bastante tolerantes às variações nos níveis de cálcio e fósforo nas dietas e, possivelmente, excretam o excesso dos minerais. Apesar disso há uma grande discrepância entre os resultados observados e encontrados na literatura, sendo necessário avaliar a real relação dos níveis de cálcio e fósforo disponível estudados e o período produtivo avaliado, o que refletirá a idade das aves e a sua eficiência na absorção e disponibilização desses minerais para formação da casca e remodelação do tecido ósseo.

Conclusões

Os níveis de 2,0% de cálcio e o de 0,25% de fósforo disponível são suficientes para proporcionar bom desempenho produtivo e manutenção satisfatória da qualidade dos ovos de matrizes de codornas japonesas durante a postura (22 a 33 semanas de idade), e correspondem a consumos diários de 640 mg de cálcio e 80 mg de fósforo disponível por ave.

Referências

- ABDALLAH, A.G.; HARMS, R.H.; EL-HUSSEINY, O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poultry Science**, v.72, n.11, p.2038-2043, 1993.
- AMOAHA, J.K.; MARTIN, E.A.; BARROGA, J.A. et al. Calcium and phosphorus requirements of Japanese quail layers. **Journal of Applied Biosciences**, v.54, p.3892-3900, 2012.
- ARAÚJO, W.A.G.; ALBINO, L.F.T. **Comercial incubation**. Trivandrum: Transworld Research Network, 2011. 169p.
- BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; MENDONÇA, M.O. et al. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinaria**, v.24, p.127-133, 2008.
- BARRETO, S.L.T.; PEREIRA, C.A.; UMIGI, R.T. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.68-78, 2007.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ed. UFLA, 2006.
- 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, p.17-21, 2007.
- CALIL, T.A.C. Princípios básicos de incubação. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2007.
- CHANDRAMONI, B.; JADHAO, R.P.; SINHA, J.B. Effect of dietary calcium and phosphorus concentrations on retention of these nutrients by caged layers. **British Poultry Science**, v.39, p.544-548, 1998.
- 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, p.2037-2046, 2007.
- 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, p.1748-1755, 2010.
- 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, p.2152-2160, 2011.
- DE VRIES, S.; KWAKKEL, R.P.; DIJKSTRA, J. Dynamics of calcium and phosphorus metabolism in laying hens. In: VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E. (Eds.) **Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals**. Wallingford, UK: CAB International, 2010. p.133-150.
- EATON, D.C.; POOLER, J.P. **Fisiologia Renal de Vander**. 6. ed. Belo Horizonte: Artmed Bookman, 2006.
- ETCHES, R.J. Calcium logistics in the laying hen. **Journal of Nutrition**, v.117, p.61-628, 1987.
- FIALHO, E.T.; BARBOSA, H.D.; BELLAVAR, C. et al. Avaliação nutricional de algumas fontes suplementação de cálcio para suínos: biodisponibilidade e desempenho. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.891-905, 1992.
- FURTADO, M. A. O. **Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos**. 1991. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- GARCIA, E.A.; PIZZOLANTE, C.C. Nutrição de codornas para postura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. (CD-ROM).
- GARCIA, J.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N. et al. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Acta Scientiarum**, v.22, p.733-739, 2000.
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v.43, p.552-555, 1937.
- HINCKE, M.T.; WELLMAN-LABADIE, O.; McKEE, M.D. et al. Biosynthesis and structural assembly of eggshell components. In: MINE, Y. (Ed.). **Egg bioscience and biotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. p.97-128.
- ITO, R. Aspectos nutricionais relacionados à qualidade da casca de ovos. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 3., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1998. p.119-138.
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, v.72, p.144-53, 1993.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 3rd.ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1991. 416p.
- LEESON, S.; REINHART, B.S.; SUMMERS, J.D. Response of White Leghorn and Rhode Island Red breeder hens to dietary deficiencies of synthetic vitamins. 2. Embryo mortality and abnormalities. **Canadian Journal of Animal Science**, v.59, p.569-575, 1979.
- MACHADO, A.L.C. **Níveis de fósforo disponível na dieta de poedeiras**. 2010. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- 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 Veterinária**, v.17, p.144-148, 2001.
- NARUSHIN, V.G., ROMANOV, M.N. Egg physical characteristics and hatchability. **World's Poultry Science Journal**, v.58, p.297-303, 2002.
- PEDROSO, A.; MORAES, V.M.B.; ARIKI, J. et al. Níveis de cálcio e fósforo na ração sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas. **ARS Veterinária**, v.15, p.135-139, 1999.
- PELICIA, K., GARCIA, E.A.; FAITARONE, A.B.G. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.11, p.39-49, 2009.
- RATH, N.C.; HUFF, G.R.; HUFF, W.E. et al. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1024-1032, 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.; DONZELE, J.L. et al. In: ROSTAGNO, H.S. (Ed.) **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3^a ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252p.
- SEEDOR, J.G.; QUARTUCCIO, H.A.; THOMPSON, D.D. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v.6, p.339-346, 1991.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235p.
- SIMÕES, A.F. [2009]. **Influência da atividade física no tratamento da osteoporose**. Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: 16 out. 2014.

- TABLANTE, N.L.; ESTÉVEZ, I.E.; RUSSEK-COHEN, E. Effect of perches and stocking density on tibial dyschondroplasia and bone mineralization as measured by bone ash in broiler chickens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.53-59, 2003.
- VARGAS JR., R.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. 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, p.1919-1926, 2003.
- 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, p.204-213, 2012.
- VIEIRA, S.L. Chicken embryo utilization of egg micronutrients. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.9, p.1-8, 2007.
- WILSON, H.R. Effects of maternal nutrition on hatchability. **Poultry Science**, v.76, p.134-143, 1997.

IV – Efeito da dieta das matrizes de codornas japonesas sobre o desenvolvimento ósseo de embriões de codornas japonesas

RESUMO - Objetivou-se avaliar nos embriões, na casca e no vitelo a percentagem de cálcio e fósforo e a calcificação dos ossos dos membros pélvicos dos embriões, em função dos dias de incubação e dos diferentes níveis de cálcio e fósforo fornecidos às matrizes. O delineamento experimental das matrizes foi um fatorial de 4x2x5, contendo quatro níveis de cálcio (2,0; 2,5; 3,0; 3,5%), dois níveis de fósforo (0,25; 0,35%) na dieta e cinco dias de incubação (7, 9, 11, 15 e 17 dias). Durante a incubação, aos 7, 9, 11 e 15 dias, foi analisado o desenvolvimento ósseo dos membros pélvicos e a percentagem de cálcio e fósforo do vitelo, do embrião e da casca. Para análise do desenvolvimento ósseo, nos mesmos períodos, os embriões foram coletados e processados para identificação do sistema esquelético por coloração do tecido calcificado, foram descritas as áreas de ossificação do fêmur e do tibiotarso dos embriões de sete, nove 11 e 15 dias e pintainhos um dia eclodidos. Não houve efeitos dos níveis de cálcio e fósforo da dieta das matrizes sobre a percentagem de cálcio e fósforo no vitelo e no embrião, reduzindo ou aumentando de forma quadrática, respectivamente, ao longo da incubação demonstrando a transferência desses dois componentes para o organismo em desenvolvimento. O peso do vitelo reduziu ao longo da incubação de forma quadrática nos ovos oriundos de matrizes que receberam dietas contendo 0,25% P e de forma linear nas que receberam 0,35% P. Para a casca dos ovos, houve efeito quadrático do cálcio da dieta com interação dos dias da incubação, havendo mais cálcio na casca dos ovos quando as aves receberam o menor nível de cálcio na ração. A análise do desenvolvimento do fêmur e do tibiotarso demonstrou que os ossos possuem padrão distinto de crescimento e de deposição de cálcio na diáfise do fêmur e do tibiotarso, com efeito dos níveis de cálcio para a percentagem de ossificação do fêmur ao longo da incubação. A dieta mineral das matrizes pode interferir no desenvolvimento de ossos do membro pélvico de codornas japonesas.

Palavras-chave: vitelo, embrião, tibiotarso, fêmur

Effect of hen diet on bone development of Japanese quail embryos

ABSTRACT - This work aimed to evaluate in the embryos, shell and yolk the calcium and phosphorus percentage and calcification of the hind limbs bones of the embryos, according to the days of incubation and the different levels of calcium and phosphorus provided to hens. The experimental design of hens was 4x2x5 factorial containing 4 calcium levels (2.0; 2.5; 3.0; 3.5%), two phosphorus levels (0.25; 0.35%) in diet and five days of incubation (7, 9, 11, 15 and 17 days). During incubation at 7, 9, 11 and 15 days, the hind limb skeletal development and the proportion of calcium and phosphorus of the yolk, embryo and shell were analyzed. For analysis of bone development, for the same periods, the embryos were collected and processed for identification of the skeletal system by staining the calcified tissue and were described the ossification areas of femur and tibia of 7 embryos, 9 11 and 15 days and chicks with 1 day hatched. There were no effects of calcium and phosphorus levels in the hen diet on the proportion of calcium and phosphorus in the embryo and yolk, reducing or increasing quadratically, respectively, along the incubations showing the transfer of these two components to developing organism. The yolk weight reduced over the incubation in a quadratic way from hens fed with diets containing 0.25% P and in a linear way in the ones that received 0.35% P. For the eggshell, there was a quadratic effect of dietary calcium with interaction of days of incubation, with more calcium in the eggshell when the birds received the lowest level of calcium in the diet. The analysis of the femur and the tibialtarsus development showed that the bones have distinctive pattern of growth and deposition of calcium in the femur and tibialtarsus diaphysis, with effect of calcium levels for the percentage of femoral ossification along the incubation. The mineral diet of hens may affect the development of pelvic bones of Japanese quail

Key Words: yolk, embryo, tibialtarsus, femur

Introdução

A formação da casca e as condições de conservação são as principais causas de perda da qualidade interna dos ovos após a postura (Barbosa et al., 2008). A má qualidade da casca do ovo é devida, principalmente, à nutrição das matrizes, em relação aos níveis dos minerais disponíveis na ração. Dentre os minerais, o cálcio (Ca) e o fósforo (P) são os mais importantes para a produção de ovos e sua disponibilidade é crucial durante o período de postura (De Vries et al., 2010).

Com o fornecimento de níveis adequados de cálcio e fósforo na dieta das matrizes, estas produzem ovos com boa qualidade de casca e gema. Dessa forma, o desenvolvimento e a nutrição do embrião não são comprometidos, podendo-se obter melhores índices de viabilidade e redução na mortalidade embrionária (Calil, 2007).

O desenvolvimento do embrião no interior do ovo se dá em duas etapas importantes: antes da postura, enquanto o ovo ainda está no oviduto, e depois, durante a incubação do ovo (Romanoff, 1939). O fornecimento de cálcio para o embrião durante o seu desenvolvimento provém de duas fontes: da gema e da casca do ovo (Johnston & Comar, 1955).

Até a membrana corioalantoide se fixar na casca do ovo, a gema é o único fornecedor de cálcio, e essa transferência é feita pelo sistema vascular do saco vitelino (Ono & Tuan, 1991; Tuan & Suyama, 1996). Após este período, o cálcio começa a ser mobilizado e o teor de cálcio do embrião aumenta rapidamente durante o resto da incubação (Romanoff, 1960). Quando a membrana corioalantoica extraembrionária, que reveste a superfície interna da membrana da casca do ovo (Tuan, 1987), se fixa à casca do ovo, inicia-se então a transferência do cálcio a partir da casca. Em geral, a casca do ovo é a principal fonte de cálcio para o embrião e contribui com mais de 80% do total de cálcio no pinto eclodido.

Neste trabalho objetivou-se avaliar nos embriões, na casca e no vitelo a percentagem de cálcio e fósforo e a calcificação dos ossos dos membros pélvicos dos embriões, em função dos dias da incubação e dos diferentes níveis de cálcio e fósforo fornecidos às matrizes.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi na Universidade Estadual de Maringá – UEM. Foi utilizado um total de 512

codornas japonesas (*Coturnix Coturnix japonica*), com 22 semanas de idade, as quais foram distribuídas em gaiolas galvanizadas em seis fêmeas e dois machos em cada gaiola. O período do experimento foi de 22 a 34 semanas de idade.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), totalizando oito tratamentos com um fatorial de 4x2x5 sendo constituído de quatro níveis de cálcio: 2,0; 2,5; 3,0 e 3,5%, dois níveis de fósforo: 0,25 e 0,35% e cinco dias de incubação (7, 9, 11, 15 e 17 dias) contendo oito repetições com oito aves por unidade experimental.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja para atender às exigências nutricionais, segundo recomendações, composição química e valores energéticos dos alimentos, preconizadas por Rostagno et al. (2011), exceto para as exigências de cálcio e fósforo que se diferenciaram conforme cada tratamento (Tabela 1).

Tabela 2 - Composição percentual e nutricional das rações experimentais de matrizes de postura

Níveis de cálcio	2,0	2,5	3,0	3,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Níveis de fósforo	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35
Ingredientes (%)								
Soja farelo (45%)	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66	32,66
Milho grão	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80	53,80
Óleo de soja	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476	2,476
Fosfato bicálcico	0,783	0,783	0,783	0,783	1,323	1,323	1,323	1,323
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
DL-metionina (98%)	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383	0,383
Calcário	4,388	5,690	6,992	8,295	4,040	5,342	6,644	7,946
PREMIX-(Min/Vit)*	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L- lisina	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201
Inerte**	4,500	3,198	1,896	0,594	4,309	3,007	1,705	0,403
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Valores calculados								
EM (Kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Cálcio (%)	2,000	2,500	3,000	3,500	2,000	2,500	3,000	3,500
Fósforo disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,350	0,350	0,350	0,350
Proteína bruta (%)	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42	19,42
Lisina digestível (%)	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097	1,097
Met.+cist. digestível (%)	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900	0,900
Treonina digestível (%)	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
Triptofano digestível (%)	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216
Valina digestível (%)	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821
Isoleucina digestível (%)	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756	0,756
Arginina digestível (%)	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218
Cloro (%)	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287	0,287
Sódio (%)	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176	0,176
Potássio (%)	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754	0,754

*Suplemento mineral e vitamínico – Nucleopar nutrição animal Ltda (conteúdo por kg do produto): Vit. A 2.500.000 UI; Vit E 5.000 UI; Vit D3 5000.000 UI; Vit K3 750 mg; Vit B1 625 mg; Vit B12 5.000 µg; Vit B2 1500 mg; Vit B6 1.250 mg; pantotenato de cálcio 3.000 mg; niacina 6.000 mg; Ác. fólico 250 mg; biotina 50 mg; colina 75 g; metionina 300 g; BHT 1.000 mg; zinco 13 g; ferro 13 g; manganês 15 g; cobre 3.000 mg; iodo 250 mg; cobalto 50 mg; selênio 63 mg; veículo q.s.p. 1.000 g.

**Areia lavada.

A ração e a água foram fornecidas *ad libitum* em comedouros do tipo calha e bebedouros do tipo nipple. Diariamente, foi monitorada a temperatura (°C) e a umidade do aviário por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e bulbo úmido posicionados em pontos estratégicos no galpão, obtendo uma média de 29°C. O programa de luz adotado foi de 17 h de luz diária.

- **Análises de desenvolvimento ósseo e de cálcio e fósforo no embrião**

Os ovos foram pesados, identificados de acordo com os tratamentos das matrizes e armazenados em ambiente refrigerado a 20°C em incubadora automática, com controle para temperatura e umidade relativa, estabelecidos em 37,6°C e 60%, respectivamente. A disposição dos ovos nas bandejas de incubação foi aleatória. Decorridas 348 h de incubação, os ovos foram transferidos para a câmara de eclosão com uma temperatura de 37,0°C, umidade de 70%.

- **Análise de cálcio e fósforo**

As análises de cálcio e de fósforo no vitelo, na casca e no corpo do embrião foram realizadas em quatro *pools* obtidos de quatro ovos, em quatro unidades experimentais por tratamento (16 ovos/tratamento/dia de incubação). Os ovos foram pesados, quebrados e isolados o embrião e o vitelo, as cascas foram lavadas e secas em ambiente por 96 h e pesadas. As amostras de vitelo e embrião foram congeladas a -20°C. As amostras (vitelo, embrião e casca) dos quatro ovos em cada *pool* foram homogeneizadas e pesadas em balança analítica digital (0,0001g). As amostras passaram por estufa a 55°C, a 105°C e na mufla a 600°C, para determinação das cinzas. As cinzas foram digeridas em ácido e filtradas (Silva & Queiroz, 2006) para obtenção da solução mineral, as quais foram utilizadas para determinação das concentrações de cálcio, por espectrofotometria de absorção atômica, e as concentrações de fósforo que foram determinadas pelo método calorimétrico (Silva & Queiroz, 2006). Os resultados foram calculados com base na matéria pré-seca.

- **Análise do desenvolvimento ósseo**

Os embriões de dois ovos de quatro unidades experimentais por tratamento (8 ovos/tratamento/dia de incubação) foram pesados, quebrados e os embriões fixados em formaldeído 10%. Os mesmos foram preparados com adaptações da metodologia

proposta por Nakane & Tsudzuki (1990) e OJeda et al. (1970), em que o esqueleto foi identificado por transparência dos tecidos moles após permanência em glicerina e o tecido calcificado dos ossos corou-se em vermelho de Alizarina S.

Os embriões foram analisados em estereomicroscópio. O fêmur e o tibiotarso, direito e esquerdo, foram medidos com paquímetro digital e determinado o comprimento total e da área calcificada da diáfise de cada osso. A percentagem de ossificação foi determinada pela fórmula: % ossificação = (comprimento área ossificada *100)/comprimento total. A nomenclatura óssea foi baseada na Nomina Anatomica Avium (Baumel, 1979).

Os dados de incubação foram submetidos à análise de regressão pelo PROC GLM do programa estatístico SAS Institute Inc. (2011), com nível de 5% de significância, para se descrever a influência dos níveis de cálcio e de fósforo da dieta das matrizes no desenvolvimento e na calcificação óssea embrionária, em relação aos dias de incubação.

Resultados e Discussão

Os ovos embrionados foram analisados ao longo da incubação para determinar a % de cálcio e de fósforo no vitelo e no corpo dos embriões e a percentagem de cálcio na casca de matrizes de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo. Para os dados de conteúdo do vitelo, a análise demonstrou que houve efeito dos dias de incubação para o peso do vitelo e para a % de Ca e P. O peso do vitelo foi diferente entre os ovos oriundos de matrizes que receberam dietas com 0,25% e 0,35% de P na ração. Em ambos os tratamentos, houve redução do peso do vitelo com o passar dos dias. Porém, para os ovos oriundos de matrizes que receberam dietas com 0,25% de P na ração a redução do peso foi quadrática, enquanto que para os ovos oriundos de matrizes com dietas de 0,35% de P essa redução foi linear (Figuras 1a e 1b). A percentagem de cinzas no vitelo durante a incubação não variou ($P < 0,05$) em função dos níveis de cálcio e fósforo.

Ao analisar a percentagem de cálcio e fósforo no vitelo não foi encontrado efeito significativo para os níveis desses minerais fornecidos na dieta das matrizes. Porém, houve efeito quadrático ao longo dos dias de incubação (figuras 1c e 1d), sendo que ambos os minerais reduziram com o passar dos dias e com acelerada redução dos sete aos 11 dias de desenvolvimento dos embriões.

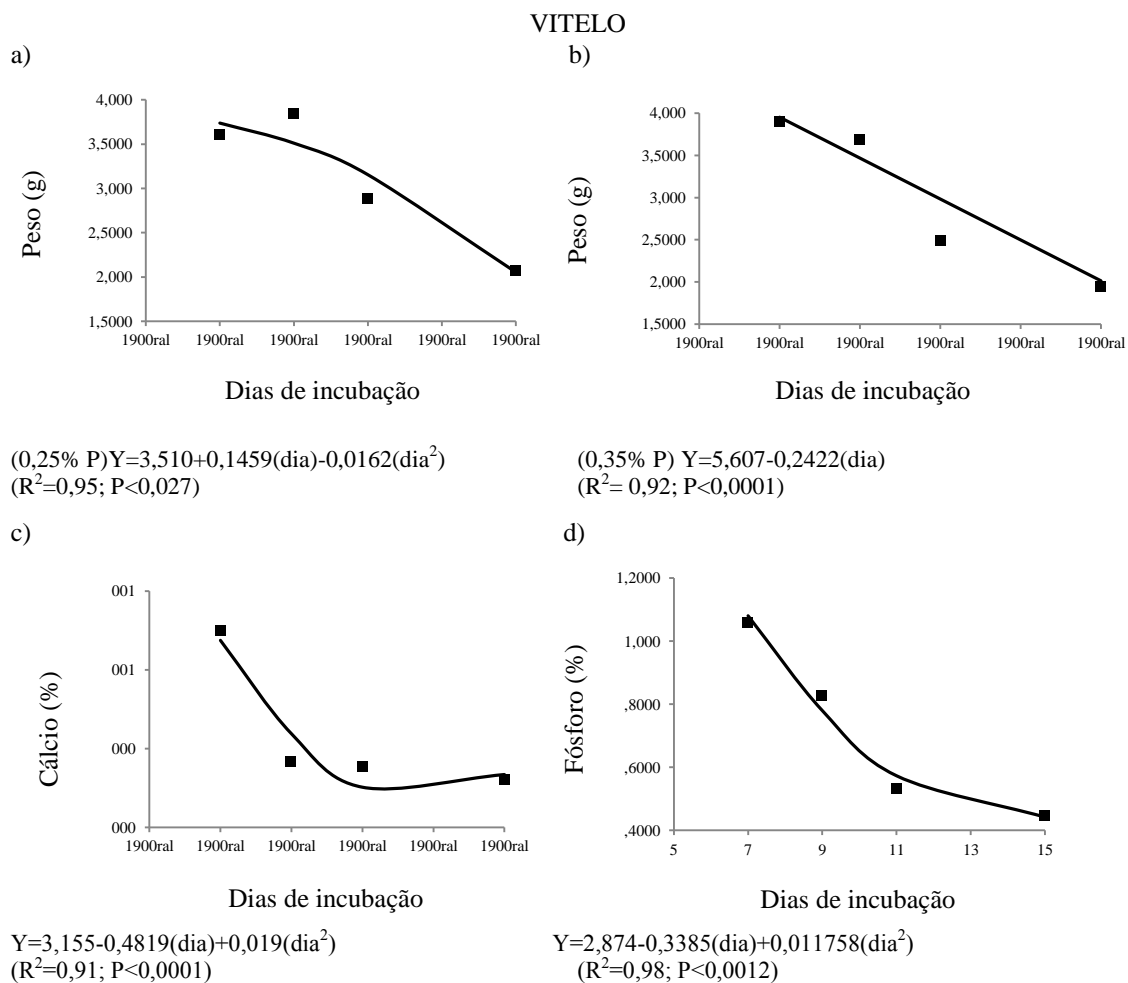


Figura 1 - Peso do vitelo com 0,25% (a) e com 0,35% (b) de fósforo na dieta das matrizes e percentagem de cálcio (c) e de fósforo (d) no vitelo.

Com relação às análises realizadas no organismo dos embriões ao longo da incubação, para o peso do embrião, foi encontrado efeito quadrático para os dias de incubação (Figura 2a), sem efeito nos níveis de cálcio e fósforo na dieta das matrizes, demonstrando o aumento no tamanho dos embriões ao longo da incubação.

Na percentagem de cinzas nos embriões, quando os dados foram analisados em função do nível de fósforo da dieta das matrizes, nos ovos oriundos de matrizes com dietas de 0,25% de P, a percentagem de cinza reduziu de forma quadrática em função dos dias de incubação (Figura 2b), demonstrando que o organismo ganhou muita água ao longo do seu desenvolvimento. Já para ovos oriundos das matrizes com dietas contendo 0,35% de P houve interação entre os níveis de cálcio e fósforo fornecidos na dieta e os dias de incubação estudados; esse efeito quadrático dos dias de incubação foi acompanhado por um efeito quadrático nos níveis de cálcio da dieta, sendo que, em ovos oriundos de matrizes que receberam entre 2,5 e 3,0% de cálcio, os embriões apresentaram maiores percentagens de cinzas, demonstrando haver maior deposição mineral (Figura 2c).

A percentagem de cálcio no embrião teve efeito quadrático apenas para os dias ao longo da incubação (Figura 2d), podendo observar que a curva aumenta obtendo valor máximo de 1,05% aos 15 dias de incubação. O mesmo efeito ocorreu para a percentagem de fósforo no embrião (Figura 2e) demonstrando o maior valor ao final da incubação.

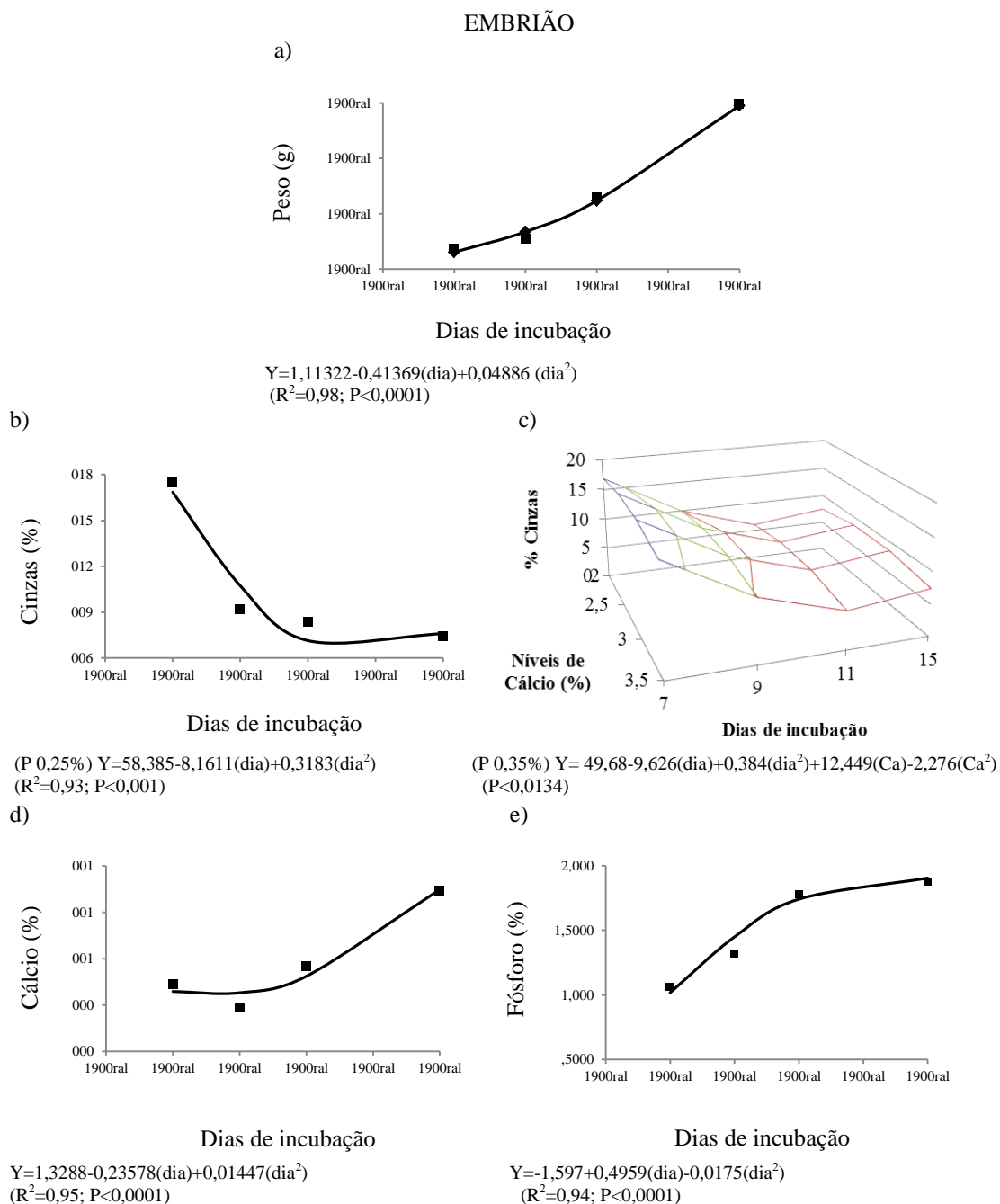


Figura 2 - Peso (g) (a), percentagem de cinzas com 0,25% de fósforo na dieta das matrizes (b), percentagem de cinzas com 0,35% de fósforo na dieta das matrizes (c), percentagem de cálcio (d), percentagem de fósforo (e) em embriões, respectivamente.

Na análise das cascas dos ovos incubados, não houve efeito da dieta das matrizes para o peso da casca. Na análise das cinzas, houve efeito linear crescente dos dias de incubação (Figura 3a). Foi observada interação entre os níveis de cálcio fornecidos na

ração com os dias de incubação estudados, e houve efeito quadrático dos níveis e cálcio sobre a percentagem de cálcio na casca (Figura 3b).

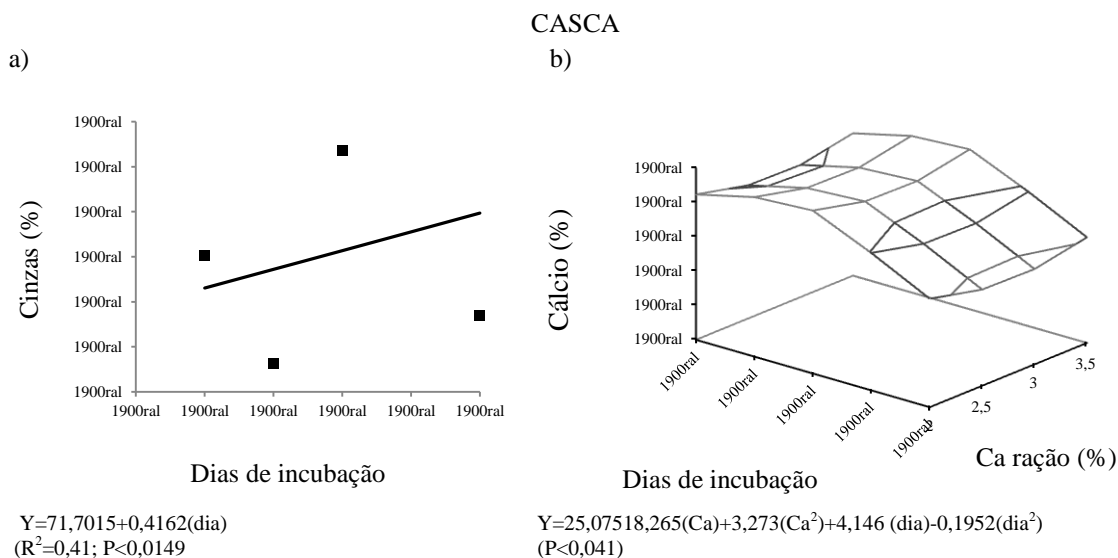


Figura 3 - Percentagem de cinzas na casca em função dos dias da incubação (a) e percentagem de cálcio na casca dos ovos em função dos dias da incubação e dos níveis de cálcio na dieta das matrizes (b).

A redução do peso do vitelo se deve ao fato que o embrião absorve o conteúdo nutricional do vitelo, ocorrendo diminuição no percentual de cálcio e fósforo. E o mesmo ocorre para a percentagem de fósforo no vitelo (Fávero, 2013).

À medida que aumentam os dias de incubação, as quantidades de cálcio na casca diminuem, pois servirá como fonte desse mineral para suprir a exigência nutricional do embrião (Romanoff, 1967; Richards & Packard, 1996). Porém, a principal fonte de cálcio para o embrião, no início da incubação, é o vitelo o qual é responsável principalmente pela nutrição do embrião, de fósforo e outros nutrientes (Richards & Steele, 1987), além de seu substrato ser utilizado nas conversões energéticas permitindo que outros processos metabólicos sejam eficientemente realizados pelo embrião, sem comprometer o seu desenvolvimento (Calil, 2007). Esse fato explica o aumento obtido na percentagem de cálcio e fósforo no embrião ao longo da incubação. No entanto, não foi encontrada diferença significativa ($P>0,05$) para essas percentagens em função dos níveis estudados de cálcio e fósforo na dieta das matrizes.

Trabalho realizado por Angel (2007) demonstrou que há pouca influência da nutrição materna sobre os níveis de minerais encontrados no vitelo e no albúmen do ovo durante a incubação, podendo entender que na casca também não terá influência, uma

vez que o transporte inicial de minerais é feito da casca para o interior do ovo, conseqüentemente a influência da nutrição será mínima sobre o embrião.

Na análise dos dados deste trabalho, ao observar a curva da porcentagem de cálcio na casca dos ovos incubados, é possível notar que as matrizes alimentadas com maior quantidade de cálcio na ração depositaram maior porcentagem de cálcio nas cascas e tiveram mais cálcio ao longo de toda a incubação. Até o nono dia de incubação, a absorção do cálcio pelo embrião é mais constante e a partir do 11º dia esse processo acelera, ocorrendo uma queda brusca na curva.

A principal fonte de nutrição e reserva de cálcio para o embrião é proveniente da casca do ovo (Johnston & Comar, 1955), o qual passa a ser absorvido após o sétimo dia de incubação aproximadamente, pois é o período em que a membrana corioalantoide se fixa na casca, podendo então fazer essa transferência por meio dos capilares sanguíneos.

Apesar de não ter sido encontrada diferença significativa no peso das cascas dos ovos incubados, nas cinzas o efeito linear crescente mostra que tal efeito pode ser considerado diferente da teoria, pois a partir do sétimo dia a principal fonte de cálcio para o embrião é a casca do ovo (Moran Jr., 2007). Além disso, a dissolução de minerais a partir da casca para ser usado pelo embrião é facilitada pelo ácido produzido pelas células da membrana corioalantoide (Leeson & Leeson, 1963), dessa forma ocorreria uma diminuição nos seus níveis de minerais.

Além do cálcio, outros minerais podem ser fornecidos a partir da casca para o desenvolvimento embrionário, tais como o magnésio e fósforo (Romanoff & Romanoff, 1949), cobre, zinco, manganês e ferro (Richards, 1997). De acordo com Fávero (2013), as reservas de fósforo na casca são pequenas e as quantidades disponíveis para as funções metabólicas no embrião provêm do vitelo, depois da eclosão, uma quantidade é retida no saco vitelino residual, ficando indisponível para o crescimento do osso e mineralização, porém é utilizado, em partes, para a síntese de fosfolipídios (Yar & Uni, 2011).

Manter a boa qualidade da casca dos ovos garante ao embrião, além da nutrição, a proteção necessária durante o período da incubação, isso porque ela possui funções essenciais para o desenvolvimento, evitam a perda da umidade em excesso e assim diminui a desidratação do embrião (Araujo & Albino, 2011), além de ser responsável pelo maior aporte de minerais que será transferido para o embrião a partir da metade da incubação e permite haver uma respiração controlada, onde ocorrem as trocas gasosas entre o interior do ovo e o meio ambiente, possível pela presença dos poros.

Com relação ao desenvolvimento ósseo dos embriões, a calcificação dos ossos pélvicos (fêmur e tibiotarso) foi analisada ao longo da incubação, com as coletas iniciadas a partir do sétimo dia de incubação. Os ossos foram analisados após a coloração dos tecidos calcificados por Alizarina Red e clarificação dos tecidos moles (Figura 4a e 4b). A mensuração do comprimento total dos ossos e a determinação do comprimento da região de osso calcificado permitiram descrever o comportamento do desenvolvimento desses ossos nos embriões de codornas japonesas.

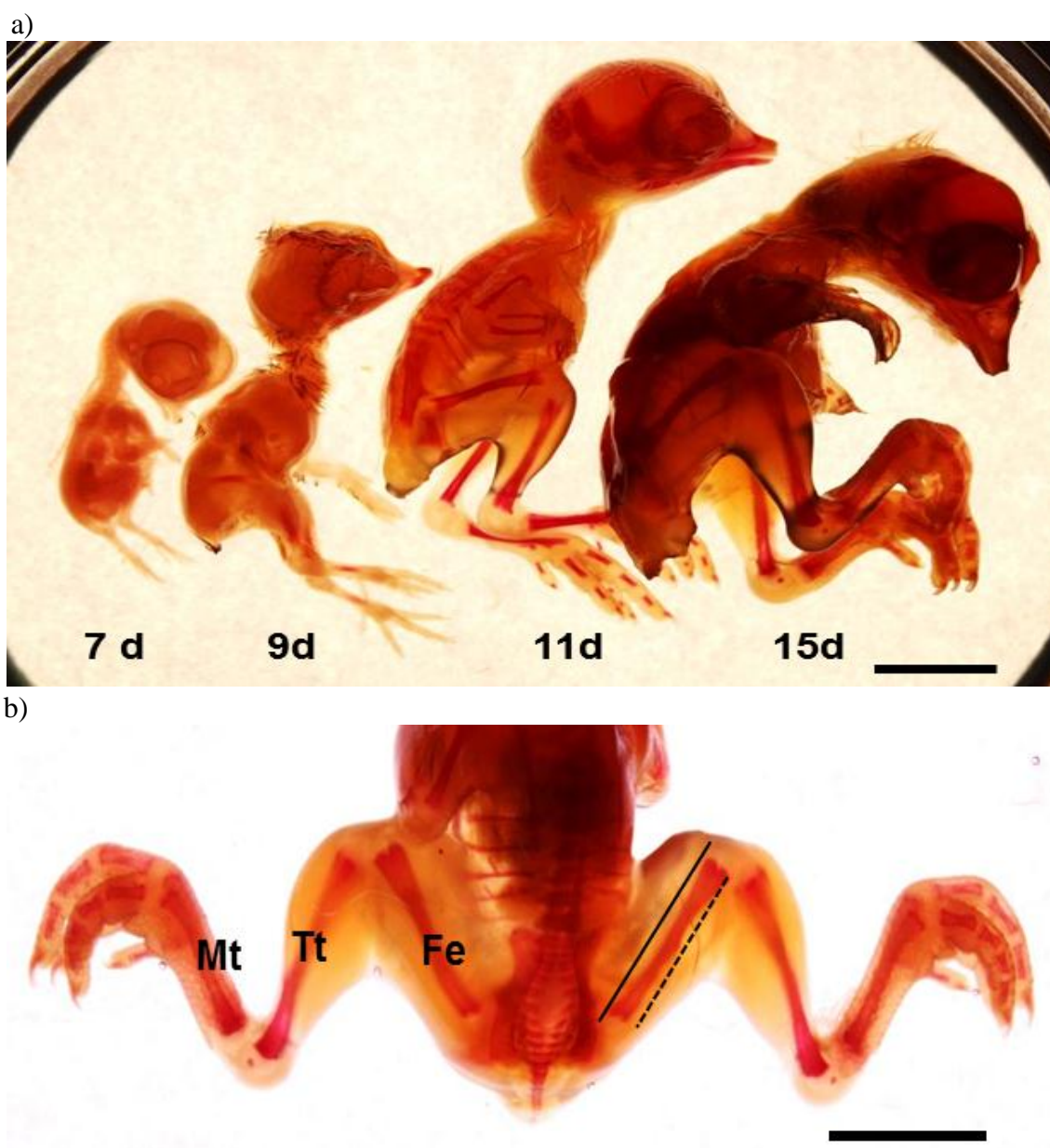


Figura 4 - a) embriões de codornas japonesas com 7, 9, 11 e 15 dias de incubação, após coloração em alizarina red e diafanização em glicerina. Barra = 1cm; b) embrião de codorna com 15 dias de incubação. Fe: fêmur; Tt: tibiotarso; Mt:metatarso. Linha contínua: comprimento do fêmur total; linha pontilhada: comprimento calcificado do fêmur.

Com relação ao osso fêmur, para os parâmetros de comprimento total (mm) e comprimento da região calcificada (mm) do fêmur, não foi observado diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados. Porém, houve efeito quadrático e linear, respectivamente, em função dos dias da incubação (Figuras 5a e 5b). A análise da percentagem de ossificação do fêmur observou-se interação entre os níveis de cálcio na dieta das matrizes com os dias de incubação, havendo efeito quadrático entre essas variáveis (Figura 5c).

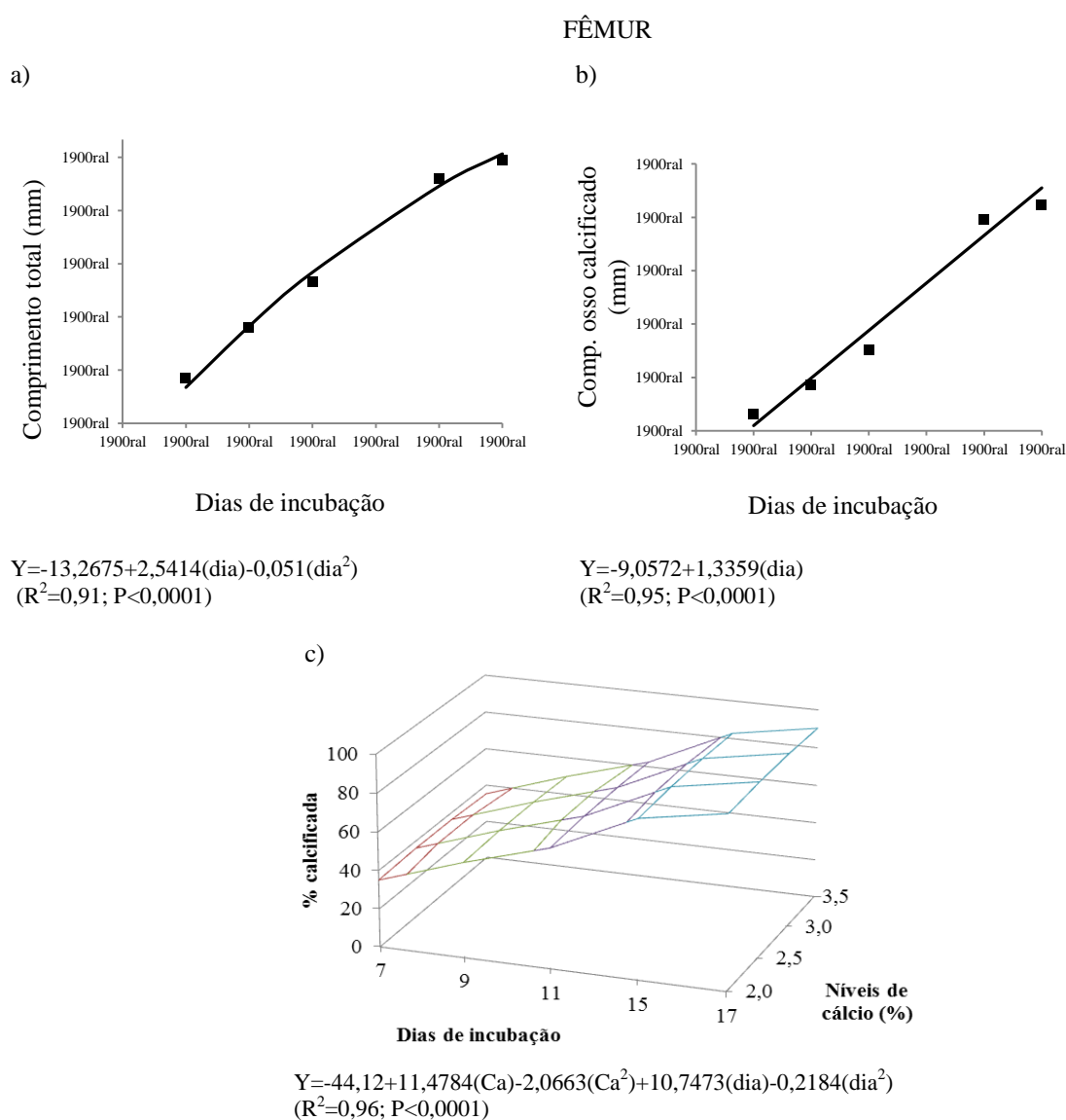


Figura 5 - Comprimento total (mm) (a), comprimento da região do osso calcificada (mm) (b) e percentagem da região calcificada (c) do fêmur de embriões de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio na dieta.

O osso do tibiotarso dos embriões não apresentou efeito significativo ($P>0,05$) para o comprimento total com relação aos níveis de cálcio e fósforo fornecidos na dieta das matrizes, mas efeito quadrático em função dos dias de incubação (Figura 6a). Ao analisar a área do osso calcificado do tibiotarso, observou-se que houve também efeito quadrático para os dias ao longo da incubação (Figura 6b), assim como a percentagem da área calcificada no tibiotarso dos embriões, demonstrando o crescimento e desenvolvimento ósseo ao longo da incubação (Figura 6c).

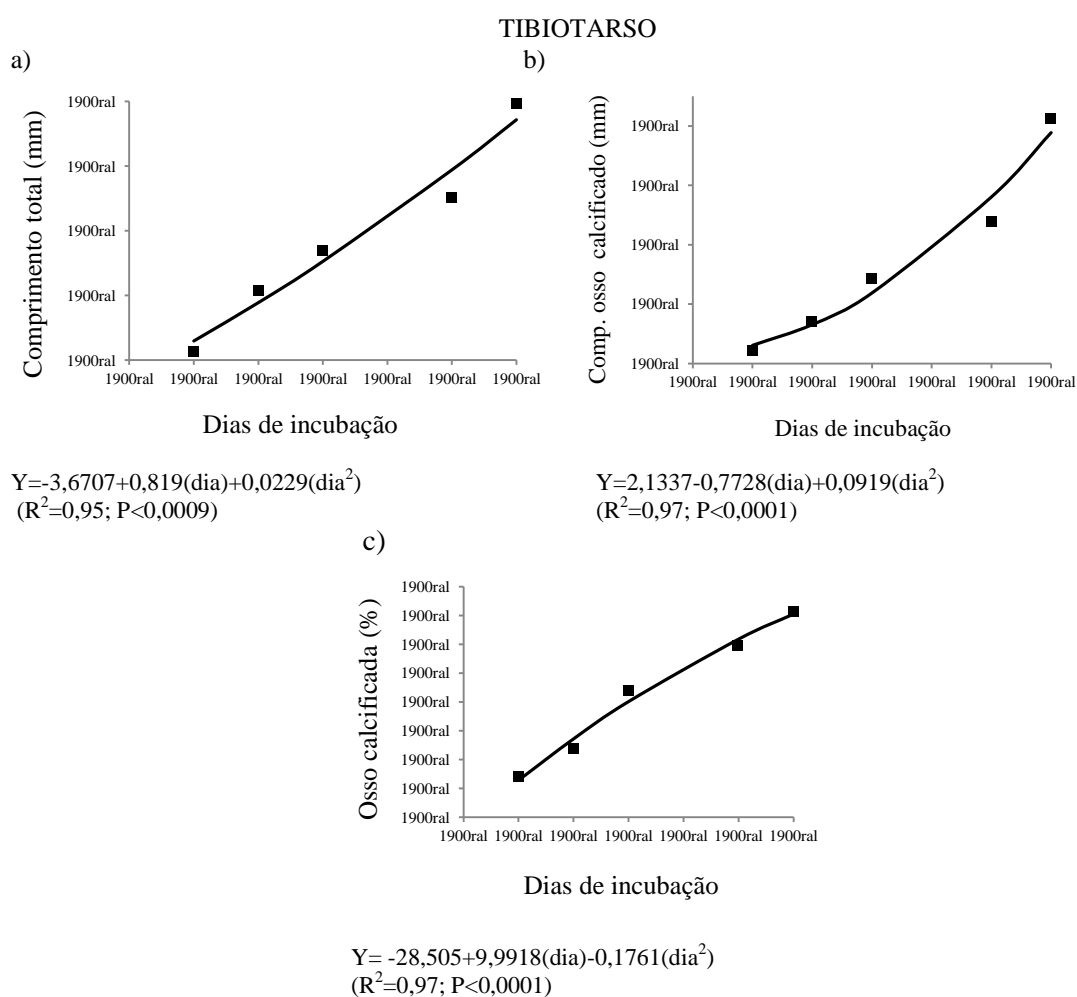


Figura 6 - Comprimento total (mm), comprimento do osso calcificado (mm) e da percentagem calcificada do tibiotarso de embriões de codornas.

A capacidade de alterar os valores nutricionais do ovo pode ser mais relacionada com as alterações em seu tamanho, isto é, o aumento da percentagem de gema aumentando assim a concentração de mineral por si. Segundo Naber (1979), as concentrações de microminerais no ovo variam e a quantidade que é depositada varia,

conforme a forma química que o mineral é depositado e da quantidade que foi fornecida para a matriz.

A transferência desses nutrientes da matriz para o ovo segue duas vias: uma que é pelo ovário que vai para a formação da gema e outra através do oviduto que formará a albumina, casca, e membranas do ovo, porém há pouca pesquisa sobre o efeito da nutrição materna sobre os minerais nos ovos (Vieira, 2008). Há ainda estudos que mostram que o aumento da concentração da maioria dos minerais na dieta da matriz pode ter pouco ou nenhum efeito sobre as suas concentrações no ovo (Naber, 1979; Angel, 2007).

Observou-se que a porcentagem da área calcificada do fêmur aumentou ao longo da incubação reduzindo a velocidade com que o osso ossificou mais próximo ao período de eclosão. Trabalhando com suplementação embrionária durante a incubação, Yair & Shahar (2013) encontraram efeito positivo sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos de corte em o período embrionário e em seu desenvolvimento após a eclosão. É possível afirmar que a nutrição das matrizes tem influência no desenvolvimento ósseo de seus embriões durante o período de incubação, contudo vale investigar outros métodos para elevar conteúdo mineral do ovo, tal como a alimentação durante a incubação.

Fávero (2013) afirma que os nutrientes transferidos pela reprodutora ao ovo durante a sua formação no oviduto é de fundamental importância para o desenvolvimento embrionário, sugerindo que um maior conhecimento sobre a nutrição da reprodutora na influência fisiológica do embrião, pode gerar melhorias na incubação e nos pintainhos de um dia.

Estudo realizado por Blom & Lilja (2004) compararam a ossificação de embriões de codornas japonesas e outras duas aves (*Lamprotonis hildebrandti* e *Turdus Pilaris*) durante a incubação e constataram que aos 12 dias de incubação o grau de ossificação do esqueleto foi consideravelmente maior na codorna do que nas outras aves. A porcentagem de calcificação do tibiotarso foi de 70% e do fêmur 70,3%, valores um pouco superiores aos observados nesse presente trabalho que foram de aproximadamente 60 e 40%.

No processo de ossificação endocondral dos embriões, o tecido cartilaginoso é precursor do tecido ósseo, o qual sofre vários graus de mineralização sendo provida principalmente da casca do ovo. No caso do cálcio (Ca) e do magnésio (Mg), a casca do ovo é fornecedora de uma grande quantidade; estima-se que 70 a 90% de Ca e 20 a

30% do Mg usado pelo embrião vem da casca (Richards & Packard, 1996; Packard & Packard, 1991). Como a percentagem de cálcio na casca foi significativa com a interação dos níveis de cálcio com os dias de incubação, a percentagem de calcificação do fêmur acompanhou esse resultado, mostrando que essa transferência da nutrição da matriz realmente interfere no desenvolvimento do embrião durante a incubação.

Conclusões

Houve influência sobre o desenvolvimento ósseo e na embriogênese durante a incubação de embriões das matrizes de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo, podendo afirmar que a nutrição das matrizes teve influência sobre a percentagem de cinzas no embrião, percentagem de cálcio na casca e percentagem da área calcificada do fêmur. Ao fornecer maiores níveis de cálcio na dita das matrizes, melhorou o desenvolvimento embrionário e a qualidade dos componentes dos ovos, além de otimizar o desenvolvimento ósseo.

Referências

- AKINS, R.E.; TUAN, R.S. Transepithelial calcium transport in the chick chorioallantoic membrane: II. Compartmentalization of calcium during uptake. **Journal of Cell Science**, v.105, p.381-388, 1993.
- BAR, A. Calcium transport in strongly calcifying laying birds: Mechanisms and regulation. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v.152, p.447-469, 2009.
- BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; MENDONÇA, M.O. et al. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinaria**, v.24, p.127-133, 2008.
- BAUMEL, J.J. Osteologia. In: BAUMEL, J.J.; KING, A.S.; LUCAS, A.M. et al. (Eds.). **Nomina anatomica avium: na annotated anatomical dictionary of birds**. London: Academic Press, 1979. p.53-121.
- CALIL, T.A.C. Princípios básicos de incubação. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2007.
- CHANDRAMONI, S.; JADHAO, B.; SINHA, R.P. Effect of dietary calcium and phosphorus concentrations on retention of these nutrients by caged layers. **British Poultry Science**, v.39, p.544-548, 1998.
- COLEMAN, J.R.; TEREPKA, A.R. Fine structural changes associated with the onset of calcium, sodium and water transport by the chick chorioallantoic membrane. **Journal of Membrane Biology**, v.7, p.111-127, 1972.
- 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, p.1748-1755, 2010.
- CURTO, F.P.F. [2005]. A importância dos minerais na alimentação de nossas aves. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/Xfc0002.html>>. Acesso em: 7 nov. 2014.
- DE VRIES, S.; KWAKKEL, R.P.; DIJKSTRA, J. In: VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E. (Eds.). Phosphorus and Calcium Utilization and Requirements in Farm Animals. **Dynamics of calcium and phosphorus metabolism in laying hens**. Wallingford, UK: CAB International, 2010. p.133-150.
- DRUYAN, S.; LEVI, E.; SHINDER, D. et al. Reduced O₂ concentration during CAM development - Its effect on physiological parameters of broiler embryos. **Poultry Science**, v.91, p.987-997, 2012.
- ETCHES R.J. Calcium logistics in the laying hen. **Journal of Nutrition**, v.117, p.619-628, 1987.
- FURTADO, M.A.O. Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos. 1991. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- GARCIA, J.; MURAKAM, A.E.; MARTINS, E.N. et al. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Acta Scientiarum**, v.22, p.733-739, 2000.
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v.43, p.552-555, 1937.
- HINCKE, M.T.; WELLMAN-LABADIE, O.; MCKEE, M.D. et al. Biosynthesis and structural assembly of eggshell components. In: MINE, Y. (Ed.). **Egg bioscience and biotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. p.97-128.

- HOENDEROP, J.G.; NILIUS, B.; BINDELS, R.J. Calcium absorption across epithelia. **Physiological Reviews**, New York, v.85, p.373-422, 2005.
- JOHNSTON, P.; COMAR, C. Distribution of calcium from the albumen, yolk and shell. **International Journal of Poultry Science**, v.9, p.77-81, 1995.
- LEESON, S.; REINHART, B.S.; SUMMERS, J.D. Response of White Leghorn and Rhode Island Red breeder hens to dietary deficiencies of synthetic vitamins. 2. Embryo mortality and abnormalities. **Canadian Journal of Animal Sciences**, n.59, p.569-575, 1979.
- LEESON, T.S.; LESSON, C.R. The chorio-allantois of the chick. Light and electron microscopic observations at various times of incubation. **Journal of Anatomy**, v.97, p.585- 595, 1963.
- 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 Veterinária**, v.17, p.144-148, 2001.
- NARUSHIN, V.G.; ROMANOV, M.N. Egg physical characteristics and hatchability. **World's Poultry Science Journal**, v.58, p.297-303, 2002.
- NAKANE, Y.; TSUDZUKI, M. Development of the skeleton in Japanese quail. **Development Growth Differ**, v.41, p.523-534, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. p.14-15
- NELSON, T.S.; PEELER, H.T.; WALKER, A.C. The influence of sodium sulfate on chlortetracycline content of blood. **Poultry Science**, v.43, p.1546-1550, 1964.
- OJEDA, J.L.; BARBOSA, E.; BOSQUE, G. Selective skeletal staining in whole chicken embryos: a rapid alcian blue technique. **Stain Technology**, v.45, p.137-138, 1970.
- ONO, T.; TUAN, R.S. Vitamin D and chick embryonic yolk calcium mobilization: identification and regulation of expression of vitamin D dependent Ca^{2+} -binding protein, calbindin-D28K, in the yolk sac. **Developmental Biology**, v.144, p.167-176, 1991.
- PEDROSO, A.A.; MORAES, V.M.B.; ARIKI, J. et al. Níveis de cálcio e fósforo na ração sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas. **ARS Veterinária**, v.15, n.2, p.135-139, 1999.
- PELICIA, K.; GARCIA, E.A.; FAITARONE, A.B.G. et al. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian of Journal Poultry Science**, v.11, p.39-49, 2009.
- ROMANOFF, A.L. **The avian embryo**. New York: MacMillan, 1960.
- ROMANOFF, A.L. **Important Events in embryonic development**. Ithaca: Cornell Rural School Leaflet, 1939.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252p.
- SECHMAN, A.; SHIMADA, K.; SAITO, N. et al. Tissue specific expression of calbindin-D28K gene during ontogeny of the chicken. **Journal of Experimental Zoology**, v.269, p.450-457, 1994.
- SEEDOR, J.G.; QUARTUCCIO, H.A.; THOMPSON, D.D. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral**, v.6, p.339-346, 1991.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235p.

- SILVA, J.H.V.; FILHO, J.J.; COSTA, P.B.L. et al. [2011]. Exigências Nutricionais de codornas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2011. Disponível em: <<http://www.cefetbambui.edu.br/portal/files/Exig%C3%A2ncias%20nutricionais%20de%20codornas.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- TUAN, R.S. Mechanism and regulation of calcium transport by the chick embryonic chorioallantoic membrane. **Journal of Experimental Zoology**, v.1, p.1-13, 1987.
- TUAN, R.S.; SUYAMA, E. Developmental expression and vitamin D regulation of calbindin-D28K in chick embryonic yolk sac endoderm. **Journal of Nutrition**, v.126, p.1308-1316, 1996.
- WILSON, H.R. Effects of maternal nutrition on hatchability. **Poultry Science**, v.76, p.134-143, 1997.

V – Avaliação da progênie de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo

RESUMO - Objetivou-se avaliar o desempenho zootécnico e desenvolvimento ósseo da progênie de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, distribuídos em um fatorial de 4x2, em que os reprodutores receberam quatro níveis diferentes de cálcio (2,0; 2,5; 3,0; 3,5%) e dois níveis diferentes de fósforo (0,25; 0,35%) na dieta, com oito repetições. Os ovos foram colocados em incubadora automática e os pintainhos eclodidos foram distribuídos em quatro repetições de 22 aves por unidade experimental (88 pintainhos/tratamento) em função dos tratamentos das matrizes. O desempenho das aves foi analisado semanalmente e os ossos analisados aos sete, 14 e 35 dias de idade. Para os níveis de fósforo da dieta das matrizes, observaram-se efeitos distintos no peso das codornas aos sete e aos 21 dias, sendo que houve interação entre os níveis de cálcio e fósforo fornecidos na ração com efeito quadrático do nível de 0,25% de fósforo em ambas as idades. A conversão alimentar e o consumo de ração obtiveram efeito no período de um a 14 dias de idade dentro dos níveis de fósforo fornecido na dieta constatando-se que melhores valores foram encontrados para o menor nível fornecido. Para a fase de um a 35 dias de idade não foi observado efeito da dieta das matrizes, exceto para o ganho de peso havendo melhor resultado quando fornecido menores níveis de fósforo na dieta. Com relação aos parâmetros ósseos analisados, houve efeito nos níveis de cálcio para a força de quebra do tibiotarso das aves com 14 dias de idade. Observou-se interação entre os níveis de cálcio e fósforo fornecidos na dieta dos reprodutores sobre os valores de percentagem de cinzas nos ossos. Aos 35 dias de idade, houve influência dos níveis de cálcio fornecidos na dieta sobre a percentagem de fósforo nos ossos. Os diferentes níveis de cálcio e fósforo fornecidos na dieta dos reprodutores exercem influência o desenvolvimento da progênie, no consumo de ração, peso e força de quebra do fêmur.

Palavras-chave: progênie, ossos, desempenho, codornas japonesas

Progeny evaluation of Japanese quails fed different levels of calcium and phosphorus

ABSTRACT - This work aimed to evaluate the performance and bone development of the progeny of Japanese quail fed calcium and phosphorus levels. The experimental design was completely randomized distributed in a factorial 4x2, in which breeders received 4 levels of calcium (2.0, 2.5, 3.0, 3.5%) and two levels of phosphorus (0, 25; 0.35%) in the diet, with 8 replicates. The eggs were incubated in automatic incubator and hatched chicks were distributed in 4 replicates of 22 birds per experimental unit (88 chicks / treatment) in function of hen treatments. The broiler performance was evaluated weekly and the bones examined at 7, 14 and 35 days of age. For dietary phosphorus levels of hens was observed distinct effects on the weight of quails at 7 and 21 days, and there was interaction between the calcium and phosphorus levels provided in the diet with quadratic effect of the 0.25% level phosphorus in both ages. The feed conversion and feed intake had effect in the period of 1-14 days of age within the phosphorus levels provided in the diet noticing that the best values were found for the lowest level fed. For phase 1 to 35 days of age was not observed effect of hen diet, except for the weight gain given best results with lower phosphorus levels in diet. Regarding bone parameters analyzed there was no effect on calcium levels for tibialtarsus breaking strength of the birds at 14 days old. It was observed interaction between the calcium and phosphorus levels in the diet of breeding on the percentage values of bone ash. At 35 days of age, there was influence of the calcium supplied in the diet on the phosphorus percentage in bones. The different levels of calcium and phosphorus provided in the breeding diet influence the development of the progeny, feed intake, weight and femur breaking strength.

Key Words: progeny, bones, performance, japanese quail

Introdução

A rentabilidade de uma boa produção está relacionada ao desempenho da ave e de outros fatores tais como a viabilidade produtiva, a eficiência alimentar e as características de carcaça ao abate. Há a possibilidade de melhorar a eficiência produtiva das codornas a partir da manipulação da dieta das matrizes, além das mudanças que podem ser empregadas nas diversas etapas do processo incubatório, afetando o desenvolvimento embrionário, fertilidade dos ovos e o desenvolvimento pós-eclosão em pintos de codornas.

Tradicionalmente, muitas pesquisas têm sido direcionadas para identificar os nutrientes e os limites que maximizam a produção e a eclodibilidade de ovos de matrizes, investigando seus efeitos sobre a produção e o desenvolvimento da progênie. É sabido que o crescimento e o desenvolvimento embrionário adequado são dependentes de um completo fornecimento dos nutrientes depositados no ovo (Dieterlen-Lie`vre & Le Dourain, 2004). Conseqüentemente, o status fisiológico do pintinho à eclosão é influenciado pela nutrição das matrizes, uma vez que a qualidade do pintinho à eclosão pode ser reflexo do padrão de nutrição de uma matriz e, também, das condições de desenvolvimento embrionário da ave durante a incubação, fatores estes que serão determinantes no seu desempenho durante o desenvolvimento no campo.

Estudos têm sido realizados com o objetivo de verificar o efeito de diferentes níveis de cálcio e fósforo no desempenho das codornas, mas poucos são os que foram desenvolvidos para avaliar o desempenho e desenvolvimento da progênie dessas matrizes. O consumo de quantidades inadequadas desses minerais pode provocar problemas de fertilidade, de viabilidade embrionária e até mesmo na produção de ovos (Machado, 2010; Amoha et al., 2012). Um aporte inadequado dos minerais pode comprometer o desempenho das aves, qualidade da casca dos ovos e desempenho da progênie (Sechinato et. al., 2006).

Vários estudos têm relatado o peso e tamanho (comprimento, largura) além dos teores de cálcio, fósforo e cinzas no esqueleto em diferentes idades de frangos. Porém, nenhuma das informações disponíveis oferece uma visão sobre as mudanças que ocorrem especificamente nas primeiras duas semanas de vida, ou como as quantidades de macro e microminerais presentes atuam nas mudanças das estruturas ósseas desde a eclosão até os 14 dias de idade (Richards e Packard, 1996).

Este trabalho teve por finalidade avaliar o desempenho zootécnico e desenvolvimento ósseo da progênie de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi na Universidade Estadual de Maringá – UEM. Foi utilizado um total de 512 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com 22 semanas de idade, as quais foram distribuídas em gaiolas galvanizadas em seis fêmeas e dois machos em cada gaiola.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em fatorial de 4x2 com quatro níveis de cálcio (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5%) e dois níveis de fósforo (0,25 e 0,35%), contendo oito tratamentos e oito repetições, com oito aves por unidade experimental.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja para atender as exigências nutricionais, segundo recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2011), exceto para as exigências de cálcio e fósforo que se diferenciaram conforme cada tratamento (Tabela 1). Os valores de composição química e valores energéticos dos alimentos foram obtidos de Rostagno et al. (2011). Durante o período experimental, a ração e a água foram fornecidas *ad libitum* para as aves em comedouros do tipo calha e bebedouros do tipo nipple.

Os ovos foram coletados e armazenados em ambiente com refrigeração controlada a 17°C e colocados em incubadora artificial, durante 15 dias e no 15º dia foi feita a transferência para o nascedouro, os quais permaneceram até o 17º dia. Na eclosão das aves, foi obtido o peso dos pintainhos e, em seguida, foram alojados de acordo com os tratamentos das matrizes e distribuídos em baterias contendo quatro gaiolas de 60 x 40 cm em ambiente com temperatura controlada. O experimento seguiu o fatorial 4x2 de seus reprodutores, com o delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto em oito tratamentos, de acordo com os tratamentos das matrizes com quatro repetições de 22 aves por unidade experimental.

Todas as aves receberam a mesma ração basal, de acordo com as recomendações, valores das composições químicas e energéticas dos alimentos preconizadas por Rostagno et al. (2011), de um a 35 dias de idade (Tabela 1). A ração e

água foram fornecidas *ad libitum*. Nos primeiros dez dias de idade foram utilizados comedouros do tipo bandeja, depois as aves passaram a se alimentar com comedouro tipo calha, instalado na própria gaiola, e os bebedouros utilizados foi do tipo copo de pressão. Diariamente, foi monitorada a temperatura (°C) e umidade dos gaiolas e da câmara climática por meio de termômetros de máxima e mínima e de bulbo seco e bulbo úmido posicionados em cima de cada bateria de gaiola. O programa de luz adotado foi 24 h de luz durante os primeiros dias, seguido de 12 h de luz artificial e 12 h de escuro.

O desempenho das aves foi analisado semanalmente até os 35 dias de idade e foi determinado: peso das aves, ganho de peso, consumo de ração (g de ração/ave) e conversão alimentar (g de ração/g de peso).

Tabela 1 - Composição centesimal, química e energética da ração referência para codornas de postura em fase de crescimento.

Ingredientes	Quantidade (kg)
Milho	58,22
Farelo de soja (46,55%)	37,15
Óleo de soja	0,92
Fosfato bicálcico	1,39
Sal comum	0,39
Calcário	1,19
DL-Metionina (98%)	0,16
L- Lisina HCL	0,05
L-Treonina	0,08
PREMIX Min/Vit	0,40
Total	100
Valores calculados	
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,900
Proteína bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,90
Fósforo disponível (%)	0,37
Sódio (%)	0,17
Metionina + cistina digestível (%)	0,76
Lisina digestível (%)	1,12
Treonina digestível (%)	0,79
Triptofano digestível (%)	0,23

*Suplemento mineral e vitamínico (conteúdo por kg do produto): Vit. A 2.500.000 UI; Vit E 5.000 UI; Vit D3 750.000 UI; Vit K3 750 mg; Vit B1 625 mg; Vit B2 1500 mg; Vit B6 1.250 mg; Vit B12 5.000 µg; Pantotenato de cálcio 3.000 mg; niacina 6.000 mg; Ác. fólico 250 mg; biotina 50 mg; colina 75 g; BHT 4.360 mg; zinco 12,5 g; ferro 12,5 g; manganês 15 g; cobre 3.000 mg; iodo 250 mg; cobalto 50 mg; selênio 63 mg; veículo q.s.p. 1.000 g.

Para análises de qualidade óssea, aos 7, 14 e 35 dias de idade de cada unidade experimental, foram sacrificadas duas aves (8/tratamento/dia), sem distinção de machos e fêmeas. O índice de Seedor foi obtido pela fórmula: índice de Seedor = peso (mg)/comprimento (mm), é um indicativo da densidade óssea (Seedor, 1995). Os ossos

foram medidos em seu maior comprimento, com o paquímetro digital e pesados em balança de precisão digital (0,0001 g).

Para análise de densidade mineral óssea (DMO) do fêmur e tibiotarso esquerdo, *in natura*, foram descongelados, dissecados e colocados sob o filme (marca Kodak Intraoral E-Speed Film, size 2, tipo periapical), paralelos a um penetrômetro de alumínio com dez degraus de tamanhos diferentes e sempre na mesma posição, e então radiografadas utilizando-se um aparelho de raios-x odontológico DabiAtlante[®], modelo Spectro 70X eletrônico (DabiAtlante, Ribeirão Preto, Brasil), operando a 70 kVp, 8 Ma, utilizando o tempo de exposição de 0,2 segundos, com o feixe de raios-x incidindo perpendicularmente em relação ao filme, com uma distância foco-filme de 10 cm. Os filmes radiográficos foram revelados em processadora automática Revel Indústria e Comércio de 43 equipamentos Ltda., com tempo de trabalho de 150 segundos, operando com soluções da Kodak RP X-Omat. As radiografias foram digitalizadas utilizando-se um scanner, com a resolução de 600 DPI (“Dots Per Inch” = pontos por polegada), e gravadas em arquivos com extensão JPG progressivo.

A leitura radiográfica foi feita em uma região padronizada para todos os ossos, a região da diáfise. As imagens digitais obtidas foram analisadas em cinco pontos, através do método de histograma no programa “Adobe Photoshop CS6”. As imagens em escala de tons de cinza foram avaliadas no histograma em cinco áreas centrais da diáfise da tíbia e do fêmur, com tamanho fixo (10 x 10 pixels) e calculada a média para cada osso. A determinação da densidade óssea foi realizada em uma área específica, a diáfise, por ser a região mais central onde é a área em que o aparelho de resistência fará a aplicação da força necessária à quebra.

Os dados obtidos no osso em valores de cinza foram convertidos em valores relativos à espessura da escala de alumínio. Para a conversão, foi realizada a setorização da curva densitométrica característica. Em cada radiografia, foi estabelecido este setor por meio da escolha de três degraus da escala (1 ao 3), cujos respectivos valores de escala de cinza limitavam a região de estudo previamente determinada no osso. As médias obtidas nos degraus da escala foram então utilizadas para obtenção de uma expressão matemática, que melhor se ajustou aos pontos encontrados. Com a equação obtida para cada osso, pode-se determinar o valor em milímetros de alumínio (mmAL) para densidade óssea, e quanto maior o valor obtido, maior a radioatividade, e, conseqüentemente, maior a densidade óssea.

Para a medida de resistência óssea ou força máxima da quebra do osso, a qual é denominada resistência óssea, o processo foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção e Mecânica de Solos pertencente ao Centro de Tecnologia da UEM e esses mesmos ossos foram colocados em uma prensa para ensaios de resistência e os valores foram expressos em kgf. Os ossos foram apoiados apenas em suas extremidades, na posição anteroposterior, deixando a região central sem apoio, onde a força do aparelho é aplicada padronizada sempre no mesmo ponto em todos os ossos e no momento da ruptura do osso foi mensurada a força aplicada. A velocidade de descida da sonda por aplicação da força foi de 5 mm/s e a carga utilizada foi de 500 N(Newton). O cálculo da força de quebra foi determinado pela fórmula:

$$\text{Força(N)} = 0,1693L + 0,3786$$

$$\text{Kgf} = \text{Força(N)} * 0,102$$

Foram utilizados para análise da percentagem de cálcio e fósforo os mesmos ossos utilizados para densitometria óssea e que passaram pela análise de resistência. Esses ossos foram pesados em balança analítica digital (0,0001g), secos em estufa a 105°C durante 24 h, pesados novamente, colocados em mufla a 600°C durante 6 h. A cinza resultante da queima dos ossos foi utilizada para o preparo das soluções minerais através do método descrito por (Silva & Queiroz, 2006). As cinzas foram pesadas e, posteriormente, analisadas para concentrações de cálcio, por espectrofotometria de absorção atômica, e as concentrações de fósforo que foram determinadas pelo método calorimétrico, de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2006).

- **Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa estatístico SAS Institute Inc. (2011), com nível de 5% de significância, para se descrever a influência dos níveis de cálcio e de fósforo da dieta das matrizes, sobre as variáveis da incubação, desempenho produtivo e desenvolvimento ósseo da progênie. Os dados foram analisados por análise de variância e, quando significativo, foi desdobrada a interação.

Resultados e Discussão

Na análise dos dados de desempenho zootécnico, o peso dos pintainhos ao eclodirem não foi influenciado pela dieta das matrizes (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores observados das variáveis de desempenho da progênie de codornas de postura alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo

Cálcio (%)	Peso (g)					Ganho de peso (g)		Consumo (g/ave)		Conversão alimentar (kg/kg)	
	1 dia	7 dias	14 dias	21 dias	35 dias	1 a 14	1 a 35	1 a 14	1 a 35	1 a 14	1 a 35
2,0	7,73 (± 0,07)	19,10 (± 1,49)	39,29 (± 3,23)	60,92 (± 6,71)	112,39 (± 5,52)	31,55 (± 3,26)	104,66 (± 5,49)	151,80 (± 20,79)	446,18 (± 52,81)	4,88 (± 1,02)	4,26 (± 0,48)
2,5	7,46 (± 0,19)	19,06 (± 1,90)	37,42 (± 3,19)	54,46 (± 4,48)	107,33 (± 7,54)	29,95 (± 3,13)	101,52 (± 6,60)	130,96 (± 18,95)	472,59 (± 59,16)	4,43 (± 0,82)	4,25 (± 0,89)
3,5	7,67 (± 0,07)	18,30 (± 1,38)	36,95 (± 4,01)	57,78 (± 6,03)	109,35 (± 7,08)	30,35 (± 2,85)	101,67 (± 7,03)	117,02 (± 58,20)	443,27 (± 53,69)	3,96 (± 2,06)	4,38 (± 0,64)
3,5	7,53 (± 0,31)	18,94 (± 1,89)	36,85 (± 1,86)	56,31 (± 6,50)	105,01 (± 5,17)	29,31 (± 1,81)	97,46 (± 5,12)	131,31 (± 11,29)	402,30 (± 42,58)	4,50 (± 0,54)	4,14 (± 0,56)
Fósforo (%)											
0,25	7,56 (± 0,18)	19,14 (± 1,35)	38,10 (± 3,11)	59,41 (± 7,54)	110,37 (± 6,30)	30,53 (± 3,03)	102,79 (± 6,15)	121,59 ^b (± 37,43)	453,34 (± 53,14)	4,03 ^b (± 1,28)	4,16 (± 0,52)
0,35	7,63 (± 0,12)	18,56 (± 1,87)	37,15 (± 3,27)	55,63 (± 4,56)	106,92 (± 6,69)	30,03 (± 2,63)	99,92 (± 6,36)	145,42 ^a (± 19,02)	429,47 (± 65,03)	4,89 ^a (± 0,88)	4,34 (± 0,69)
CV(%)	2,04	8,05	8,43	10,44	20,13	9,24	6,23	21,92	20,57	24,32	14,37
Anova	Valor de P										
Ca	0,112	0,038*	0,131	0,451	0,637	0,167	0,026* ^L	0,466	0,274	0,294	0,783
P	0,176	0,266	0,401	0,071	0,923	0,624	0,206	0,037*	0,471	0,041*	0,422
Ca vs P	0,076	0,052*	0,947	0,022*	0,629	0,812	0,326	0,392	0,281	0,329	0,119

*= P<0,05; L= efeito linear

Com relação ao peso dos pintainhos de sete dias, houve interação dos níveis de cálcio e fósforo fornecidos para as matrizes. O desdobramento da interação é demonstrado na Tabela 3, com efeito quadrático para 0,25% e linear decrescente para 0,35% de fósforo fornecido às matrizes. Os resultados mostram efeitos opostos, pois com o fornecimento do menor nível de fósforo junto com os maiores níveis de cálcio, a progênie atingiu peso maior (Figuras 1a e 1b, respectivamente).

Tabela 3 - Desdobramento da interação para peso (g) da progênie, aos 7 dias de idade, de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo

Níveis de fósforo	Níveis de Ca (%)				Efeito	Valor de P
	2	2,5	3	3,5		
	peso (g) 7 dias					
0,25	19,2	18,04	18,76	19,14	Q	0,033
0,35	19,01	20,08	17,84	17,33	L	0,041

Equações

$$Y=38,054-15,398(\text{Ca})+2,97(\text{Ca}^2); R^2=0,61$$

$$Y=22,568-1,4555(\text{Ca}); R^2=0,21$$

NS= Não significativo; L= efeito linear; Q = efeito quadrático

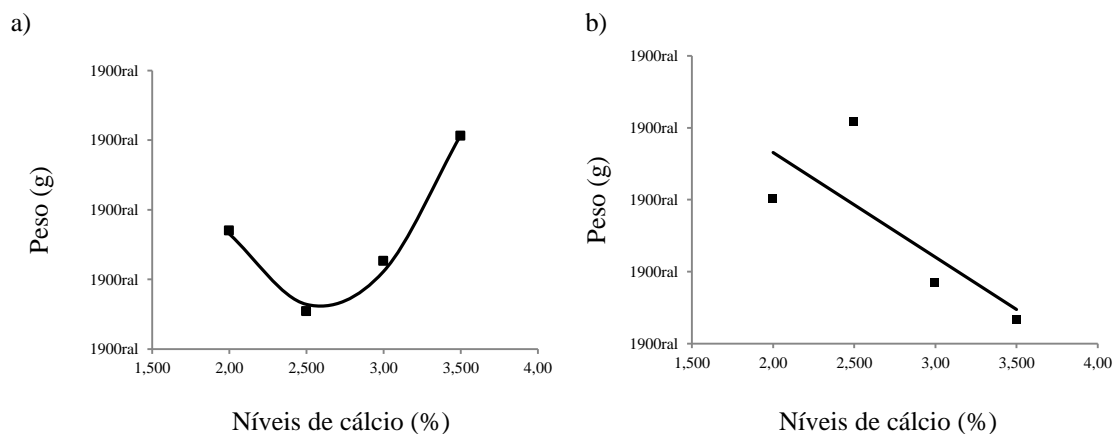


Figura 1 - Peso (g) de pintainhos aos 7 dias de idade, provenientes de matrizes que receberam diferentes níveis de cálcio com 0,25% (a) 0,35% (b) de fósforo na dieta.

Para o peso aos 14 dias de idade, não houve influência ($P>0,05$) dos níveis dos minerais testados na dieta das matrizes (Tabela 2). Ao analisar os dados do peso aos 21 dias, houve interação entre os níveis de cálcio e fósforo com efeito quadrático para o cálcio dentro do nível de 0,25% de fósforo (Tabela 4). Ao derivar a equação, foi encontrado maior peso (g) de 54,65 g ao fornecer 2,84% de cálcio na dieta (Figura 2).

Tabela 4 - Desdobramento da interação para peso (g) da progênie, aos 21 dias de idade, de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo

Níveis de fósforo	Níveis de Ca (%)				Efeito	Valor de P
	2	2,5	3	3,5		
	peso (g) 21 dias					
0,25	65,92	50,91	59,04	59,67	Q	0,0205
0,35	55,94	57,14	56,52	52,95	NS	0,4008

Equação da regressão

$$Y=169,591-81,136(Ca) +14,318(Ca^2); R^2=0,32$$

NS= Não significativo; Q= efeito quadrático

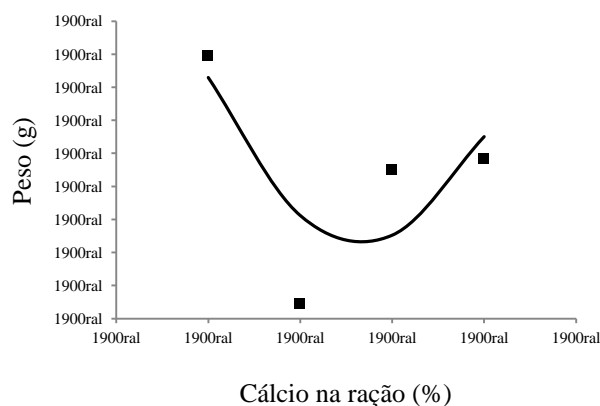


Figura 2 - Peso (g) de pintainhos aos 21 dias de idade, provenientes de matrizes alimentadas com diferentes níveis de cálcio e 0,25% de fósforo.

Com relação ao consumo de ração, houve efeito em função do fósforo fornecido na dieta das matrizes, sendo que pintainhos oriundos de matrizes que receberam dietas com 0,35% de fósforo apresentaram maior consumo. Porém, esse efeito não se refletiu no peso que reduziu linearmente.

Uma tendência das aves é regular o consumo com a finalidade de manter constante a quantidade de energia da ração. Dessa forma, há uma variação de consumo conforme muda o valor energético da dieta (Rostagno, 1975; Leeson et al., 1996). Porém, no experimento, a ração fornecida à progênie foi a mesma, portanto, não deveria ocorrer e diferença encontrada.

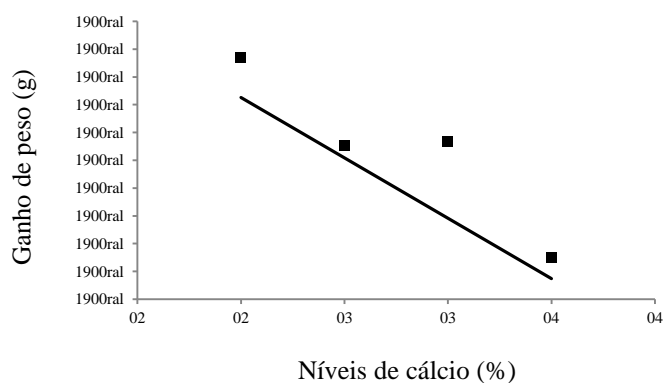
Dados parecidos foram encontrados por Sarcineli (2012) em que a progênie oriunda de codornas japonesas mais jovens consumiram menor quantidade de ração com relação às oriundas de matrizes mais velhas. Porém, neste trabalho foram testados diferentes idades e temperatura de incubação. Com relação aos minerais fornecidos na dieta das matrizes, em estudo realizado por Angel (2007), o autor relata que para as quantidades de cálcio e fósforo encontrados no ovo, existe mínima ou nenhuma influência da dieta materna. Com relação ao fósforo foi encontrado um estudo sugerindo

que houve efeito significativo (Triyuwanta, et al., 1992), ao passo que outro estudo sugere que não (Harms, et al., 1964).

Mesmo obtendo diferença no consumo de ração para o período de um a 14 dias, o ganho de peso dos pintainhos, nessa fase, não apresentou diferença significativa. Porém, os níveis de fósforo fornecidos na dieta das matrizes tiveram efeito sobre a conversão alimentar, encontrando o melhor resultado para 0,25% com valor de 4,03(g/g) (Tabela 2). Dentro desses resultados obtidos para o período de um a 14 dias de idade, é possível afirmar que os pintainhos provenientes das matrizes que receberam 0,25% de fósforo foram mais eficientes quando comparados àqueles oriundos de matrizes que consumiram 0,35%, pelo fato de terem consumido menor quantidade de ração e quando analisada a conversão alimentar, apresentou melhor resultado.

Na análise dos dados de desempenho da progênie de um a 35 dias, não houve efeito significativo das dietas das matrizes sobre o consumo e a conversão alimentar (Tabela 2). Mas, sobre o ganho de peso (g) houve efeito dos níveis de cálcio da dieta das matrizes (Figura 3), mostrando que ao fornecer maior quantidade de cálcio na dieta das matrizes os animais ganharam menos peso durante o seu desenvolvimento. Os resultados sugerem que a dieta das matrizes exerceu efeitos no desempenho das codornas apenas nos primeiros dias de vida.

Com estes resultados é possível afirmar que a dieta das matrizes influenciou os dados produtivos das aves ao atingirem a idade mais avançada, ou pode-se sugerir que as aves conseguem recuperar a deficiência passada da matriz para sua progênie.



$$Y = 111,952 - 4,346(Ca) \quad R^2 = 0,22.$$

Figura 3 - Ganho de peso (g) de pintainhos aos 35 dias de idade, provenientes de matrizes alimentadas com diferentes níveis de cálcio.

Com relação às variáveis ósseas analisadas, não houve efeito dos níveis de cálcio e fósforo da dieta das matrizes ou interação aos sete dias (Tabela 5). Analisando as variáveis ósseas aos 14 dias (Tabela 6), houve efeito linear crescente dos níveis de cálcio sobre a força de quebra do tibiotarso, demonstrando que ao fornecer maior quantidade de cálcio para as matrizes o tibiotarso da sua progênie torna-se mais resistente (Figura 4).

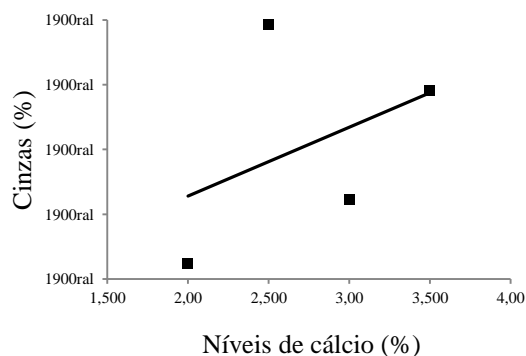


Figura 4 - Percentagem de cinzas dos ossos da progênie de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e 0,25% fósforo.

Nessa mesma fase, houve interação dos níveis de cálcio e fósforo fornecidos na dieta das matrizes sobre a percentagem de cinzas nos ossos (fêmur e tibiotarso), observando efeito linear do cálcio junto do nível de 0,25% de fósforo. O desdobramento da interação (Tabela 7) demonstra haver uma relação direta entre eles. Matrizes que receberam maior nível de cálcio na dieta, mesmo recebendo menor nível de fósforo, obtiveram progênie com maior percentagem de matéria mineral nos ossos (Figura 5).

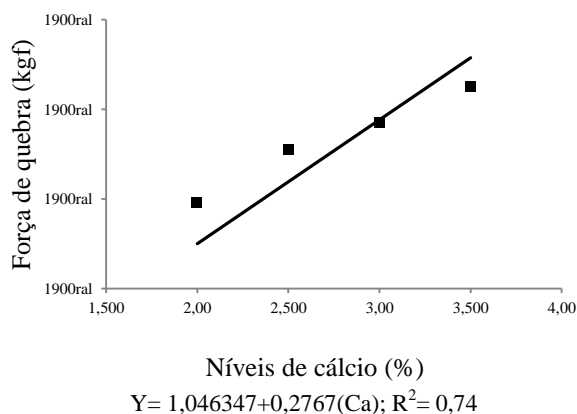


Figura 5 - Força de quebra (kgf) do tibiotarso da progênie de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio.

Tabela 5 - Valores observados das variáveis ósseas da progênie com 7 dias de idade, provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta

Cálcio (%)	Fêmur			Tibiotarso			Fêmur + Tibiotarso		
	IS	FQ (kgf)	DO (mm Al)	IS	FQ (kgf)	DO (mm Al)	%Ca	%P	%Cz
2	1,80 (±0,33)	0,70 (±0,11)	1,05 (±0,27)	1,94 (±0,42)	0,66 (±0,15)	1,09 (±0,26)	15,03 (±1,62)	8,35 (±1,16)	48,97 (± 4,01)
2,5	1,75 (±0,17)	0,66 (±0,07)	0,88 (±0,21)	1,84 (±0,22)	0,68 (±0,07)	0,98 (±0,18)	16,15 (±1,70)	8,34 (±1,01)	48,52 (± 2,93)
3	1,76 (±0,71)	0,79 (±0,11)	1,01 (0±,18)	1,86 (±0,72)	0,70 (±0,15)	0,97 (±0,22)	16,45 (±1,37)	8,36 (±1,23)	50,77 (± 2,67)
3,5	2,02 (±0,65)	0,72 (±0,08)	0,90 (±0,19)	2,20 (±0,75)	0,61 (±0,07)	1,06 (±0,17)	16,31 (±1,06)	9,11 (±0,69)	49,35 (± 3,30)
Fósforo (%)									
0,25	1,82 (±0,50)	0,706 (±0,104)	0,95 (±0,16)	1,95 (±0,59)	0,61 (±0,13)	1,01 (±0,18)	15,98 (±1,32)	8,65 (±1,04)	49,52 (± 2,85)
0,35	1,84 (±0,48)	0,745 (±0,102)	0,97 (±0,26)	1,96 (±0,55)	0,71 (±0,12)	1,05 (±0,23)	15,93 (±1,70)	8,42 (±1,07)	49,32 (± 3,54)
CV(%)	28,98	14,41	21,6	28,98	19,12	20,53	21,11	15,28	24,44
Anova					Valor de P				
Ca	0,822	0,228	0,391	0,568	0,579	0,525	0,471	0,758	0,653
P	0,903	0,405	0,797	0,953	0,099	0,568	0,301	0,691	0,283
Ca vs P	0,565	0,828	0,098	0,226	0,931	0,205	0,916	0,832	0,704

Ca= efeito dos níveis de cálcio da dieta das matrizes; P= efeito dos níveis de fósforo da dieta das matrizes; Ca vs P= efeito da interação entre os níveis de cálcio e fósforo (p<0,05) da dieta das matrizes. Legenda: IS= índice de Seedor; FQ= força de quebra (Kgf); DO= densidade óptica; %Ca= percentagem de cálcio nos ossos; %P= percentagem de fósforo nos ossos; %Cz= percentagem de cinzas nos ossos.

Tabela 6 - Valores observados das variáveis óssea da progênie com 14 dias de idade, provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta

Cálcio (%)	Fêmur			Tibiotarso			Fêmur + Tibiotarso		
	IS	FQ (kgf)	DO (mm Al)	IS	FQ (kgf)	DO (mm Al)	%Ca	%P	%Cz
2	4,13 (±0,66)	1,59 (±0,37)	0,96 (±0,14)	4,16 (±0,67)	1,69 (±0,55)	1,12 (±0,07)	23,79 (±1,76)	7,59 (±1,02)	48,06 (± 3,32)
2,5	4,74 (±0,79)	1,81 (±0,30)	0,94 (±0,13)	4,88 (±0,95)	1,81 (±0,25)	1,18 (±0,12)	23,67 (±2,50)	8,29 (±0,52)	50,67 (± 1,43)
3	3,75 (±1,00)	1,58 (±0,49)	0,94 (±0,17)	4,10 (±0,95)	1,87 (±0,42)	1,14 (±0,18)	25,05 (±2,99)	8,32 (±0,40)	47,78 (± 3,51)
3,5	3,98 (±0,62)	1,65 (±0,55)	0,86 (±0,12)	3,52 (±1,39)	1,95 (±0,33)	1,09 (±0,12)	24,42 (±1,77)	8,54 (±0,39)	44,89 (± 10,06)
Fósforo (%)									
0,25	4,19 (±0,86)	1,67 (±0,38)	0,95 (±0,12)	4,42 (±0,89)	1,70 (±0,36)	1,16 (±0,13)	24,60 (±2,40)	8,11 (±0,52)	49,07 (± 2,51)
0,35	4,11 (±0,84)	1,66 (±0,46)	0,91 (±0,16)	3,90 (±1,23)	1,69 (±0,49)	1,12 (±0,12)	23,86 (±2,15)	8,26 (±0,86)	46,53 (± 7,86)
CV(%)	19,57	27,93	15,62	24,18	24,98	11,06	9,14	13,65	21,39
Anova					Valor de P				
Ca	0,119	0,758	0,607	0,088	0,038 ^L	0,541	0,585	0,455	0,353
P	0,834	0,935	0,335	0,159	0,960	0,385	0,353	0,578	0,468
Ca vs P	0,510	0,911	0,306	0,421	0,649	0,169	0,152	0,357	0,036

Ca= efeito dos níveis de cálcio da dieta das matrizes; P= efeito dos níveis de fósforo da dieta das matrizes; Ca vs P= efeito da interação entre os níveis de cálcio e fósforo (p<0,05) da dieta das matrizes. Legenda: IS= índice de Seedor; FQ= força de quebra (Kgf); DO= densidade óptica; %Ca= percentagem de cálcio nos ossos; %P= percentagem de fósforo nos ossos; %Cz= percentagem de cinzas nos ossos; L=efeito linear.

Tabela 7 - Desdobramento da interação dos níveis de cálcio e fósforo sobre a percentagem de cinzas dos ossos de codornas aos 14 dias

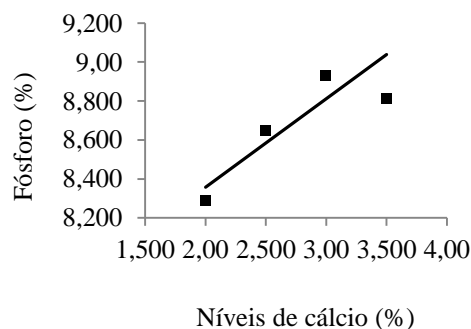
Níveis de fósforo	Níveis de Ca (%)				Efeito	Valor de P
	2	2,5	3	3,5		
0,25	47,23 (\pm 2,99)	50,93 (\pm 2,51)	48,22 (\pm 2,57)	49,91 (\pm 1,66)	L	0,036
0,35	49,17 (\pm 4,04)	50,41 (\pm 1,46)	47,34 (\pm 4,65)	39,88 (2,54)	NS	-

Equação: $Y = 46,1555 - 6,5852(\text{Ca}) + 7,648(\text{Ca})$; $R^2 = 0,47$

L= efeito linear; NS= efeito não significativo

O tecido ósseo é composto por uma porção de matriz orgânica, que tem sua maior parte de colágeno tipo I (Rath et al., 2000) e alterações na síntese ou na organização das fibras do colágeno afetam as propriedades de resistência do osso (Currey, 2003; Rath et al., 2000). A outra porção é feita de matriz mineral ou inorgânica, composta principalmente pelo fosfato e o cálcio. O cálcio e o fósforo formam cristais de hidroxiapatita que compõem 80 % da porção mineral (Field, 2000), e é responsável pelas propriedades de rigidez e resistência à compressão, por meio da ligação às fibras de colágeno (Rath et al., 2000).

As análises de ossos aos 35 dias não obtiverem efeito significativo ($P > 0,05$) para nenhuma das variáveis estudadas. Exceção se faz para a percentagem de fósforo nos ossos, que houve efeito linear crescente do cálcio da ração das matrizes (Tabela 8). Os dados demonstram haver um acréscimo na percentagem de fósforo nos ossos quando é fornecido maior nível de cálcio na ração das matrizes (Figura 6).



$$Y = 7,4494 + 0,454(\text{Ca}); R^2 = 0,61$$

Figura 6 - Percentagem de fósforo nos ossos aos 35 dias da progênie de codornas alimentadas com diferentes níveis de cálcio.

Tabela 8 - Valores observados das variáveis óssea da progênie com 35 dias de idade, provenientes de codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de cálcio e fósforo na dieta

Cálcio (%)	Fêmur			Tibiotarso			Fêmur + Tibiotarso		
	IS	FQ (kgf)	DO (mm Al)	IS	FQ (kgf)	DO (mm Al)	%Ca	%P	%Cz
2	7,92 (±0,68)	3,27 (±0,64)	1,40 (±0,25)	7,51 (±0,80)	3,22 (±0,92)	1,60 (±0,29)	30,43 (±2,46)	8,55 (±0,59)	45,01 (± 2,16)
2,5	7,66 (±0,63)	3,07 (±0,74)	1,32 (±0,24)	7,36 (±0,99)	3,38 (±0,45)	1,50 (±0,20)	29,51 (±2,07)	8,22 (±0,80)	44,90 (± 2,71)
3	7,44 (±0,98)	3,59 (±0,68)	1,43 (±0,12)	7,29 (±1,20)	3,30 (±0,76)	1,59 (±0,11)	29,93 (±1,71)	8,86 (±0,66)	47,73 (± 2,75)
3,5	7,85 (±0,84)	3,36 (±0,84)	1,50 (±0,25)	7,24 (±0,62)	3,93 (±0,66)	1,70 (±0,21)	29,47 (±1,48)	9,11 (±0,39)	46,29 (± 2,09)
Fósforo (%)									
0,25	7,82 (±0,87)	3,37 (±0,79)	1,41 (±0,28)	7,42 (±0,92)	3,67 (±0,65)	1,61 (±0,24)	29,56 (±1,82)	8,72 (±0,52)	46,29 (± 2,41)
0,35	7,63 (±0,68)	3,29 (±0,66)	1,41 (±0,18)	7,28 (±0,83)	3,27 (±0,80)	1,59 (±0,20)	30,12 (±1,99)	8,68 (±0,81)	45,76 (± 7,86)
CV(%)	10,04	21,77	14,94	11,81	21,14	12,88	6,68	7,74	21,45
Anova					Valor de P				
Ca	0,837	0,379	0,739	0,772	0,333	0,394	0,324	0,034	0,466
P	0,213	0,378	0,273	0,823	0,482	0,924	0,372	0,384	0,382
Ca vs P	0,743	0,254	0,632	0,209	0,347	0,35	0,764	0,738	0,637

Ca= efeito dos níveis de cálcio da dieta das matrizes; P= efeito dos níveis de fósforo da dieta das matrizes; Ca vs P= efeito da interação entre os níveis de cálcio e fósforo (p<0,05) da dieta das matrizes. Legenda: IS= índice de Seedor; FQ= força de quebra (Kgf); DO= densidade óptica; %Ca= percentagem de cálcio nos ossos; %P= percentagem de fósforo nos ossos; %Cz= percentagem de cinzas nos ossos.

Estudo realizado por Favaero (2013), utilizando galinhas da linhagem Cobb 500 suplementadas com minerais, encontrou efeito tanto na composição dos ovos quanto no desenvolvimento esquelético de sua progênie durante a incubação, porém, não foi estudado esse efeito após eclosão.

Estes resultados discordam de Triyuwanta et al. (1992), em que relataram melhoria na resistência à ruptura tibial e percentagem de cinzas tibial da progênie de frangos durante a eclosão. Porém, essa melhoria na qualidade óssea não foi mantida a sete semanas de idade em frangos de corte. Além disso, o número de pintainhos afetados por pernas tortas e discondroplasia foi semelhante, sendo então independentes da dieta materna.

Possivelmente, a falta de P, Zn, Cu, Mn no vitelo (a maior porção de armazenamento mineral) durante o período pré-natal (Yair & Uni, 2011) pode levar ao desenvolvimento ósseo prejudicado. O crescimento mais rápido do sistema esquelético, tanto em termos de comprimento e de largura e deposição mineral óssea, ocorre nas duas primeiras semanas após a eclosão. Isso ocorre porque a mineralização do esqueleto ainda não está completa e é nessa fase que ele terá maior acesso aos minerais que durante a incubação eram limitados, com exceção do cálcio (Angel, 2007).

Houve interação entre os níveis de cálcio e fósforo fornecidos às matrizes sobre as cinzas nos ossos (fêmur e tibiotarso), observando efeito linear do cálcio com 0,25% de fósforo. Tal resultado discorda com Ekmay et al. (2012), os quais relataram que as cinzas do tibiotarso da progênie de frango de corte não foram afetadas quando seus reprodutores receberam 0,15% e 0,40% de fósforo na dieta, embora o peso do ovo e a produção foram reduzidas e houve aumento na mortalidade.

Apesar de não ter encontrado diferença significativa entre os parâmetros ósseos estudados aos sete dias de idade, resultado importante foi encontrado aos 14 e 35 dias, demonstrando que houve influência no desenvolvimento de ossos longos, importantes para o processo de formação da casca dos ovos em aves quando estiverem na fase de postura.

Conclusões

As variáveis de desempenho zootécnico e desenvolvimento ósseo foram influenciadas pela dieta fornecida às matrizes. Com relação ao desempenho, os melhores resultados foram observados ao fornecer os menores níveis de cálcio na dieta das matrizes. Porém, ao observar os resultados do desenvolvimento ósseo, ocorreu o oposto, obtendo os melhores resultados quando fornecido maiores níveis de cálcio às matrizes.

Referências

- AMOAHA, J.K.; MARTIN, E.A.; BARROGA, J.A. et al. Calcium and phosphorus requirements of Japanese quail layers. **Journal of Applied Biosciences**, v.54, p.3892-3900, 2012.
- ANGEL, R. Metabolic disorders: Limitations to growth of and mineral deposition into the broiler skeleton after hatch and potential implications for leg problems. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, p.138-149, 2007.
- CURREY, J.D. Role of collagen and other organics in the mechanical properties of bone. **Osteoporosis International**, v.14, p.29-36, 2003.
- DIETERLEN-LIE`VRE, F.; LE DOURAIN, M.N. From the hemangioblast to self-tolerance: a series of innovations gained from studies on the avian embryo. **Mechanisms of Development**, v.121, p.1117-1128, 2004.
- EKMAY, R.D.; SALAS C.; ENGLAND J. et al. The effects of pullet body weight, dietary nonpyhtate phosphorus intake, and breeder feeding regimen on production performance, chick quality, and bone remodeling in broiler breeders. **Poultry Science**, v.91, p.948-64, 2012.
- FAVERO, A. **Desenvolvimento ósseo da progênie de reprodutoras pesadas suplementadas com fontes inorgânicas e orgânicas de zinco, manganês e cobre**. 2013. 166f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FRANCO, E.Z. **Efeito do ácido linoléico conjugado na dieta de matrizes de corte e sua progênie**. 2007. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- HARMS, R.H.; AMMERMAN, C.B.; WALDROUP, P. The effect of supplemental phosphorus in the breeder diet upon hatchability of eggs and bone composition of the chicks. **Poultry Science**, v.43, p.209-212, 1964.
- KING`ORI, A.M. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. **International Journal of Poultry Science**, v.10, p.483-492, 2011.
- LEESON, S.; YERSIN, A.; VOLKER, L. et al. Resposta de frangos de corte de energia ou energia e diluição de proteína na dieta de acabamento. **Poultry Science**, v.75, p.522-528, 1996.
- MACHADO, A.L.C. **Níveis de fósforo disponível na dieta de poedeiras**. 2010. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RATH, N.C.; HUFF, G.R.; BALOG, J.M. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1024-1032, 2000.
- RICHARDS, M.P.; PACKARD, M.J. Mineral metabolism in avian embryos. **Poultry Avian Biology Reviews**, v.7, p.143-161, 1996.
- RICHARDS, M. P.; PACKARD, M. J. Mineral metabolism in avian embryos. **Poultry Avian Biology Reviews**, v.7, p.143-161, 1996.
- ROLL, A.A.P. **Óleo de canola e selênio orgânico para codornas de duplo propósito**. 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252p.

- ROSTAGNO, H.S. Alimentação de frangos de corte parágrafo Máximo Crescimento e Melhor Conversão alimentar. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO AVÍCOLA, 1., 1975, Belo Horizonte.. **Anais ...** Belo Horizonte: Editora Fundação Cargill, 1975. p.309-338.
- SARCINELLI, M.F. **Efeitos da temperatura de incubação e da idade da matriz no desenvolvimento *in ovo*, qualidade, desempenho e produção de ovos da progênie de codornas japonesas.** 2012. 71f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- SECHINATO, A.D.S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, p.159-166, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/26495-30766-1-PB.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2014.
- SEEDOR, J.G. The biophosphanate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone Mineral Research**, v.4, p.265- 270, 1995.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235p.
- TRIYUWANTA, C.I.; LETERRIER, C.; NYS, Y. Dietary phosphorus and food allowance of dwarf breeders affect reproductive performance of hens and bone development of their progeny. **British Poultry Science**, v.33, p.363-379, 1992.
- YAIR, R.; UNI, Z. Content and uptake of minerals in the yolk of broiler embryos during incubation and effect of nutrient enrichment. **Poultry Science**, v. 90, p.1523-1531, 2011.

VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a dieta com diferentes níveis de cálcio e fósforo, fornecida às matrizes de codornas japonesas, influenciaram o desenvolvimento embrionário durante a incubação, assim como o desempenho e o desenvolvimento ósseo da progênie.

Estudos sobre incubação de codornas são escassos e ainda precisam ser mais investigadas as variações decorrentes nesse período, além do estado fisiológico do embrião e o seu desenvolvimento.

Com relação à influência da nutrição dos reprodutores sobre a progênie, os trabalhos são escassos e necessita de mais estudo nessa área, principalmente por haver indícios de que seu desempenho poderá sofrer interferências tanto positivas quanto negativas para seu desenvolvimento e produção.

VII – APÊNDICE

Tabela 1 - Médias observadas do peso do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	3,83(±0,54)	3,79 (±0,38)	2,55 (±0,81)	2,08 (±0,22)
Cálcio (%)				
2,0	3,70 (±0,83)	3,62 (±0,49)	2,86 (±0,10)	2,00 (±0,18)
2,5	3,67 (±0,76)	3,78 (±0,31)	2,69 (±0,18)	1,97 (±0,12)
3,0	3,92 (±0,14)	3,78 (±0,29)	2,54 (±0,52)	1,99 (±0,12)
3,5	3,81 (±0,22)	3,84 (±0,37)	2,86 (±0,28)	2,06 (±0,25)
Fósforo (%)				
0,25	3,61 (±0,61)	3,84 (±0,42)	2,88 (±0,34)	2,07 (±0,18)
0,35	3,95 (±0,55)	3,68 (±0,22)	2,53 (±0,33)	1,94 (±0,14)

Tabela 2 - Médias observadas da percentagem de cálcio do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	0,79 (±0,22)	0,26 (±0,06)	0,25 (±0,09)	0,21 (±0,06)
Cálcio (%)				
2,0	0,70 (±0,18)	0,25 (±0,02)	0,23 (±0,03)	0,23 (±0,07)
2,5	0,80 (±0,14)	0,25 (±0,03)	0,21 (±0,04)	0,17 (±0,08)
3,0	0,78 (±0,08)	0,26 (±0,04)	0,27 (±0,10)	0,17 (±0,06)
3,5	0,72 (±0,12)	0,25 (±0,05)	0,22 (±0,02)	0,18 (±0,04)
Fósforo (%)				
0,25	0,70 (±0,16)	0,23 (±0,008)	0,22 (±0,04)	0,20 (±0,07)
0,35	0,79 (±0,09)	0,27 (±0,029)	0,24 (±0,07)	0,17 (±0,05)

Tabela 3 - Médias observadas da percentagem de fósforo do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	1,08 (±1,01)	0,83 (±0,12)	0,51 (±0,25)	0,49 (±0,16)
Cálcio (%)				
2,0	1,05 (±0,23)	0,88 (±0,10)	0,56 (±0,12)	0,45 (±0,17)
2,5	1,09 (±0,48)	0,85 (±0,11)	0,55 (±0,13)	0,47 (±0,05)
3,0	1,01 (±0,45)	0,84 (±0,08)	0,38 (±0,05)	0,49 (±0,13)
3,5	1,07 (±0,48)	0,73 (±0,13)	0,59 (±0,11)	0,48 (±0,08)
Fósforo (%)				
0,25	1,11 (±0,39)	0,84 (±0,12)	0,58 (±0,06)	0,45 (±0,14)
0,35	1,01 (±0,55)	0,81 (±0,11)	0,48 (±0,02)	0,43 (±0,11)

Tabela 4 - Médias observadas da percentagem de cinzas do vitelo de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	3,13 (±0,44)	3,39 (±0,36)	4,54 (±0,71)	5,06 (±0,88)
Cálcio (%)				
2,0	3,32 (±0,17)	3,62 (±0,22)	4,98 (±0,76)	5,01 (±0,78)
2,5	3,28 (±0,27)	3,54 (±0,29)	4,50 (±0,98)	5,03 (±0,67)
3,0	2,91 (±0,42)	3,61 (±0,26)	4,59 (±0,62)	5,02 (±0,88)
3,5	2,99 (±0,61)	3,36 (±0,15)	4,66 (±0,59)	5,08 (±0,86)
Fósforo (%)				
0,25	3,07 (±0,31)	3,52 (±0,32)	4,57 (±0,81)	5,07 (±0,90)
0,35	3,18 (±0,52)	3,55 (±0,29)	4,81 (±0,69)	4,71 (±0,67)

Tabela 5 - Médias observadas do peso do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	0,77 ($\pm 0,22$)	1,09 ($\pm 0,12$)	2,66 ($\pm 0,18$)	5,96 ($\pm 0,43$)	8,29 ($\pm 0,85$)
Cálcio (%)					
2,0	0,79 ($\pm 0,21$)	1,07 ($\pm 0,06$)	2,60 ($\pm 0,14$)	5,76 ($\pm 0,54$)	8,10 ($\pm 0,31$)
2,5	0,80 ($\pm 0,43$)	1,06 ($\pm 0,04$)	2,64 ($\pm 0,22$)	6,00 ($\pm 0,23$)	7,89 ($\pm 0,65$)
3,0	0,75 ($\pm 0,05$)	1,08 ($\pm 0,05$)	2,62 ($\pm 0,17$)	6,07 ($\pm 0,17$)	8,17 ($\pm 0,21$)
3,5	0,76 ($\pm 0,08$)	1,07 ($\pm 0,08$)	2,64 ($\pm 0,09$)	5,94 ($\pm 0,42$)	8,47 ($\pm 0,51$)
Fósforo (%)					
0,25	0,73 ($\pm 0,17$)	1,06 ($\pm 0,07$)	2,58 ($\pm 0,13$)	5,96 ($\pm 0,43$)	8,01 ($\pm 0,61$)
0,35	0,72 ($\pm 0,31$)	1,09 ($\pm 0,01$)	2,66 ($\pm 0,17$)	5,92 ($\pm 0,31$)	8,22 ($\pm 0,30$)

Tabela 6 - Médias observadas da percentagem de cinzas do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	17,65 ($\pm 2,15$)	9,12 ($\pm 1,34$)	8,78 ($\pm 0,92$)	7,65 ($\pm 1,44$)
Cálcio (%)				
2,0	17,37 ($\pm 2,16$)	8,28 ($\pm 2,93$)	8,68 ($\pm 0,12$)	7,57 ($\pm 1,00$)
2,5	18,13 ($\pm 0,84$)	9,69 ($\pm 0,35$)	8,98 ($\pm 0,71$)	7,60 ($\pm 1,11$)
3,0	18,00 ($\pm 2,14$)	9,20 ($\pm 0,54$)	8,81 ($\pm 0,54$)	6,98 ($\pm 2,02$)
3,5	16,39 ($\pm 2,32$)	9,45 ($\pm 1,03$)	8,69 ($\pm 0,79$)	7,42 ($\pm 1,34$)
Fósforo (%)				
0,25	16,96 ($\pm 1,92$)	9,46 ($\pm 0,82$)	8,76 ($\pm 0,40$)	7,02 ($\pm 1,57$)
0,35	17,92 ($\pm 2,33$)	8,85 ($\pm 2,10$)	7,94 ($\pm 2,66$)	7,77 ($\pm 1,07$)

Tabela 7 - Médias observadas da percentagem de cálcio do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação.

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	0,41 ($\pm 0,12$)	0,27 ($\pm 0,09$)	0,55 ($\pm 0,19$)	1,05 ($\pm 0,23$)
Cálcio (%)				
2,0	0,40 ($\pm 0,08$)	0,23 ($\pm 0,09$)	0,54 ($\pm 0,09$)	1,02 ($\pm 0,07$)
2,5	0,57 ($\pm 0,22$)	0,30 ($\pm 0,03$)	0,50 ($\pm 0,16$)	1,06 ($\pm 0,16$)
3,0	0,43 ($\pm 0,10$)	0,29 ($\pm 0,04$)	0,62 ($\pm 0,16$)	1,04 ($\pm 0,09$)
3,5	0,33 ($\pm 0,07$)	0,30 ($\pm 0,05$)	0,57 ($\pm 0,32$)	1,02 ($\pm 0,12$)
Fósforo (%)				
0,25	0,52 ($\pm 0,16$)	0,28 ($\pm 0,04$)	0,55 ($\pm 0,06$)	1,04 ($\pm 0,09$)
0,35	0,34 ($\pm 0,08$)	0,29 ($\pm 0,08$)	0,57 ($\pm 0,27$)	1,02 ($\pm 0,13$)

Tabela 8 - Médias observadas da percentagem de fósforo do embrião de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação.

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	1,11 ($\pm 0,56$)	1,31 ($\pm 0,34$)	1,79 ($\pm 0,67$)	1,93 ($\pm 0,61$)
Cálcio (%)				
2,0	1,10 ($\pm 0,23$)	1,23 ($\pm 0,21$)	1,69 ($\pm 0,11$)	1,90 ($\pm 0,50$)
2,5	1,07 ($\pm 0,29$)	1,28 ($\pm 0,35$)	1,84 ($\pm 0,15$)	2,04 ($\pm 0,29$)
3,0	1,17 ($\pm 0,14$)	1,25 ($\pm 0,18$)	1,90 ($\pm 0,31$)	1,91 ($\pm 0,22$)
3,5	0,98 ($\pm 0,22$)	1,47 ($\pm 0,31$)	1,83 ($\pm 0,25$)	1,84 ($\pm 0,37$)
Fósforo (%)				
0,25	1,12 ($\pm 0,33$)	1,37 ($\pm 0,32$)	1,77 ($\pm 0,08$)	1,92 ($\pm 0,43$)
0,35	0,98 ($\pm 0,24$)	1,25 ($\pm 0,22$)	1,87 ($\pm 0,31$)	1,81 ($\pm 0,32$)

Tabela 9 - Médias observadas da percentagem de cinzas da casca de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação			
	7	9	11	15
Dias	77,51 ($\pm 5,07$)	74,09 ($\pm 9,78$)	75,47 ($\pm 9,20$)	73,16 ($\pm 10,05$)
Cálcio (%)				
2,0	73,74 ($\pm 6,19$)	76,20 ($\pm 5,53$)	90,26 ($\pm 8,44$)	78,34 ($\pm 6,81$)
2,5	79,13 ($\pm 4,64$)	72,19 ($\pm 7,96$)	98,25 ($\pm 1,88$)	75,89 ($\pm 12,28$)
3,0	80,96 ($\pm 2,07$)	73,03 ($\pm 3,53$)	98,17 ($\pm 1,28$)	69,82 ($\pm 10,04$)
3,5	76,20 ($\pm 3,84$)	74,94 ($\pm 8,65$)	95,19 ($\pm 8,54$)	71,09 ($\pm 9,33$)
Fósforo (%)				
0,25	77,12 ($\pm 5,35$)	77,58 ($\pm 9,56$)	97,50 ($\pm 2,69$)	69,11 ($\pm 11,02$)
0,35	77,90 ($\pm 4,71$)	70,59 ($\pm 11,08$)	93,43 ($\pm 4,11$)	77,21 ($\pm 9,79$)

Tabela 10 - Médias observadas da percentagem de cálcio da casca de ovos de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	20,37 ($\pm 4,57$)	19,71 ($\pm 4,71$)	23,09 ($\pm 3,58$)	18,69 ($\pm 4,86$)	14,54 ($\pm 2,05$)
Cálcio (%)					
2,0	21,61 ($\pm 5,85$)	21,01 ($\pm 3,77$)	21,53 ($\pm 5,31$)	17,75 ($\pm 5,32$)	14,51 ($\pm 1,51$)
2,5	28,02 ($\pm 5,23$)	18,41 ($\pm 4,84$)	23,86 ($\pm 1,67$)	17,06 ($\pm 4,82$)	14,64 ($\pm 1,44$)
3,0	11,05 ($\pm 7,27$)	20,16 ($\pm 1,83$)	23,68 ($\pm 1,83$)	19,14 ($\pm 5,17$)	14,52 ($\pm 2,93$)
3,5	20,81 ($\pm 6,97$)	19,24 ($\pm 3,66$)	23,28 ($\pm 4,30$)	20,83 ($\pm 4,11$)	14,47 ($\pm 2,41$)
Fósforo (%)					
0,25	20,82 ($\pm 6,24$)	18,28 ($\pm 4,45$)	23,38 ($\pm 2,25$)	19,10 ($\pm 5,76$)	15,01 ($\pm 2,35$)
0,35	19,92 ($\pm 7,34$)	21,13 ($\pm 4,66$)	22,80 ($\pm 4,61$)	18,29 ($\pm 3,91$)	14,03 ($\pm 1,58$)

Tabela 11 - Médias observadas do comprimento total do fêmur de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	2,54 ($\pm 0,21$)	5,36 ($\pm 0,45$)	6,94 ($\pm 0,46$)	15,80 ($\pm 0,73$)	13,86 ($\pm 0,53$)
Cálcio (%)					
2,0	2,67 ($\pm 0,18$)	5,15 ($\pm 0,42$)	7,09 ($\pm 0,37$)	15,63 ($\pm 0,39$)	13,91 ($\pm 0,58$)
2,5	2,51 ($\pm 0,16$)	5,36 ($\pm 0,42$)	6,78 ($\pm 0,64$)	15,73 ($\pm 0,44$)	14,06 ($\pm 0,48$)
3,0	2,50 ($\pm 0,22$)	5,12 ($\pm 0,46$)	6,77 ($\pm 0,40$)	16,11 ($\pm 0,66$)	13,75 ($\pm 0,38$)
3,5	2,51 ($\pm 0,21$)	5,45 ($\pm 0,44$)	7,13 ($\pm 0,26$)	15,71 ($\pm 1,00$)	13,71 ($\pm 0,63$)
Fósforo (%)					
0,25	2,53 ($\pm 0,21$)	5,49 ($\pm 0,45$)	7,07 ($\pm 0,39$)	15,37 ($\pm 0,53$)	14,03 ($\pm 0,49$)
0,35	2,56 ($\pm 0,21$)	5,23 ($\pm 0,42$)	6,81 ($\pm 0,50$)	16,22 ($\pm 0,66$)	13,68 ($\pm 0,53$)

Tabela 12 - Médias observadas do comprimento do fêmur calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	0,91 ($\pm 0,04$)	2,55 ($\pm 0,15$)	4,52 ($\pm 0,26$)	12,85 ($\pm 0,47$)	12,68 ($\pm 0,35$)
Cálcio (%)					
2,0	0,93 ($\pm 0,04$)	2,58 ($\pm 0,09$)	4,61 ($\pm 0,24$)	12,75 ($\pm 0,40$)	12,71 ($\pm 0,24$)
2,5	0,92 ($\pm 0,03$)	2,48 ($\pm 0,12$)	4,45 ($\pm 0,24$)	12,96 ($\pm 0,44$)	12,83 ($\pm 0,37$)
3,0	0,90 ($\pm 0,04$)	2,58 ($\pm 0,16$)	4,47 ($\pm 0,24$)	13,07 ($\pm 0,45$)	12,60 ($\pm 0,25$)
3,5	0,90 ($\pm 0,04$)	2,58 ($\pm 0,19$)	4,56 ($\pm 0,31$)	12,61 ($\pm 0,51$)	12,57 ($\pm 0,47$)
Fósforo (%)					
0,25	0,92 ($\pm 0,04$)	2,52 ($\pm 0,15$)	4,51 ($\pm 0,28$)	12,69 ($\pm 0,35$)	12,76 ($\pm 0,29$)
0,35	0,91 ($\pm 0,05$)	2,59 ($\pm 0,14$)	4,53 ($\pm 0,25$)	13,00 ($\pm 0,54$)	12,60 ($\pm 0,40$)

Tabela 13 - Médias observadas da percentagem do fêmur calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	36,07 ($\pm 2,33$)	48,36 ($\pm 6,04$)	65,39 ($\pm 4,86$)	81,42 ($\pm 2,97$)	91,58 ($\pm 2,23$)
Cálcio (%)					
2,0	34,97 ($\pm 1,99$)	47,07 ($\pm 3,30$)	65,19 ($\pm 4,65$)	81,60 ($\pm 2,29$)	91,59 ($\pm 3,19$)
2,5	36,89 ($\pm 2,42$)	46,62 ($\pm 5,33$)	66,16 ($\pm 6,86$)	82,43 ($\pm 2,65$)	91,32 ($\pm 2,13$)
3,0	36,25 ($\pm 2,64$)	45,01 ($\pm 3,62$)	66,17 ($\pm 3,51$)	81,25 ($\pm 3,04$)	91,70 ($\pm 1,71$)
3,5	36,18 ($\pm 2,02$)	47,73 ($\pm 4,51$)	64,03 ($\pm 3,89$)	80,40 ($\pm 3,63$)	91,72 ($\pm 1,80$)
Fósforo (%)					
0,25	36,41 ($\pm 2,80$)	46,59 ($\pm 6,22$)	63,93 ($\pm 4,97$)	82,62 ($\pm 2,63$)	91,05 ($\pm 2,45$)
0,35	35,74 ($\pm 1,74$)	50,13 ($\pm 5,40$)	66,84 ($\pm 4,35$)	80,22 ($\pm 2,82$)	92,12 ($\pm 1,88$)

Tabela 14 - Médias observadas do comprimento total do tibiotarso de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	2,53 ($\pm 0,16$)	6,31 ($\pm 0,55$)	8,78 ($\pm 0,50$)	12,02 ($\pm 0,76$)	17,87 ($\pm 0,48$)
Cálcio (%)					
2,0	2,51 ($\pm 0,15$)	6,37 ($\pm 0,60$)	8,66 ($\pm 0,43$)	11,74 ($\pm 0,81$)	17,98 ($\pm 0,48$)
2,5	2,51 ($\pm 0,13$)	6,14 ($\pm 0,54$)	8,68 ($\pm 0,52$)	12,21 ($\pm 0,54$)	17,64 ($\pm 0,56$)
3,0	2,51 ($\pm 0,16$)	6,21 ($\pm 0,22$)	8,76 ($\pm 0,63$)	12,41 ($\pm 0,63$)	17,98 ($\pm 0,34$)
3,5	2,61 ($\pm 0,19$)	6,52 ($\pm 0,71$)	9,01 ($\pm 0,36$)	11,74 ($\pm 0,86$)	17,86 ($\pm 0,46$)
Fósforo (%)					
0,25	2,53 ($\pm 0,17$)	6,55 ($\pm 0,59$)	8,98 ($\pm 0,41$)	11,88 ($\pm 0,77$)	18,00 ($\pm 0,42$)
0,35	2,54 ($\pm 0,14$)	6,07 ($\pm 0,41$)	8,57 ($\pm 0,52$)	12,16 ($\pm 0,74$)	17,71 ($\pm 0,49$)

Tabela 15 - Médias observadas do comprimento calcificado do tibiotarso de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	0,86 ($\pm 0,03$)	2,72 ($\pm 0,19$)	5,79 ($\pm 0,36$)	9,59 ($\pm 0,48$)	16,46 ($\pm 0,28$)
Cálcio (%)					
2,0	0,87 ($\pm 0,05$)	2,78 ($\pm 0,25$)	5,72 ($\pm 0,38$)	9,41 ($\pm 0,45$)	16,32 ($\pm 0,23$)
2,5	0,87 ($\pm 0,02$)	2,66 ($\pm 0,17$)	5,71 ($\pm 0,38$)	9,80 ($\pm 0,42$)	16,49 ($\pm 0,28$)
3,0	0,87 ($\pm 0,03$)	2,78 ($\pm 0,11$)	5,85 ($\pm 0,32$)	9,79 ($\pm 0,41$)	16,43 ($\pm 0,31$)
3,5	0,86 ($\pm 0,04$)	2,67 ($\pm 0,16$)	5,87 ($\pm 0,38$)	9,41 ($\pm 0,51$)	16,58 ($\pm 0,26$)
Fósforo (%)					
0,25	0,86 ($\pm 0,03$)	2,78 ($\pm 0,19$)	5,84 ($\pm 0,32$)	9,47 ($\pm 0,45$)	16,40 ($\pm 0,31$)
0,35	0,87 ($\pm 0,04$)	2,66 ($\pm 1,66$)	5,74 ($\pm 0,40$)	9,71 ($\pm 0,48$)	16,51 ($\pm 0,31$)

Tabela 16 - Médias observadas da percentagem do tibiotarso calcificado de embriões de codornas japonesas alimentadas com níveis de cálcio e fósforo, durante a incubação

	Dias de incubação				
	7	9	11	15	17
Dias	34,39 ($\pm 2,16$)	43,99 ($\pm 3,28$)	64,91 ($\pm 4,03$)	79,77 ($\pm 4,58$)	92,17 ($\pm 2,72$)
Cálcio (%)					
2,0	34,97 ($\pm 2,16$)	43,96 ($\pm 3,30$)	65,20 ($\pm 3,42$)	80,40 ($\pm 5,78$)	91,19 ($\pm 2,79$)
2,5	34,69 ($\pm 1,99$)	44,99 ($\pm 2,55$)	64,77 ($\pm 5,09$)	79,83 ($\pm 4,46$)	93,33 ($\pm 2,96$)
3,0	34,39 ($\pm 2,03$)	45,10 ($\pm 2,73$)	66,29 ($\pm 4,77$)	78,49 ($\pm 3,86$)	91,61 ($\pm 1,82$)
3,5	34,82 ($\pm 2,13$)	41,91 ($\pm 3,65$)	63,35 ($\pm 1,81$)	80,37 ($\pm 4,15$)	92,56 ($\pm 2,85$)
Fósforo (%)					
0,25	33,98 ($\pm 2,31$)	43,66 ($\pm 3,31$)	63,77 ($\pm 2,57$)	79,61 ($\pm 5,43$)	91,22 ($\pm 2,33$)
0,35	34,79 ($\pm 1,94$)	44,32 ($\pm 3,26$)	66,03 ($\pm 4,88$)	79,93 ($\pm 3,61$)	93,12 ($\pm 2,78$)