

JOSÉ GERALDO DE VARGAS JUNIOR

**EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES
DE REPOSIÇÃO LEVES E SEMIPESADAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

JOSÉ GERALDO DE VARGAS JUNIOR

**EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES
DE REPOSIÇÃO LEVES E SEMIPESADAS**

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

APROVADA: 29 abril de 2002

Prof. **H**rácio **S**antiago
Rostagno
(**C**onselheiro)

Prof. **P**aulo **C**ezar **G**omes
(**C**onselheiro)

Prof. **G**eorge **H. K.** de
Mraes

Júlio **M**aria **R**ibeiro **P**upa

Prof. **L**uiz **F**ernando **T**eixeira
Albino
(**O**rientador)

A Deus, pela presença constante.

Aos meus pais José Geraldo e Maria do Carmo, pela educação a mim concedida.

Aos meus irmãos Solange, Ivone, Adriana, Maria do Carmo, Antônio José e Valeria, pelo apoio.

Aos meus sobrinhos Sabrina, Sandro, Guilherme, Caio, Gabriel, Lucas, Bruno e Samantha pela alegria.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino, pela dedicada e essencial orientação, pelos ensinamentos, pela confiança, amizade e atenção, e aos professores Horácio Santiago Rostagno e Paulo Cezar Gomes pelas sugestões e aconselhamentos.

Aos grandes amigos de tantos trabalhos e convivência Adriana H. do Nascimento, Débora C. O. Carvalho, Edwiny S. Cupertino, Fábio A. Feres, Jean E. de Oliveira, Rodrigo S. Toledo e Rogério Pinto.

Às pessoas que são fundamentais para mim e estão sempre presentes, não importa a forma.

Aos funcionários da Seção de Avicultura-DZO, da Universidade Federal de Viçosa, em especial, Adriano, Elísio, Joselino e Muro Godoi.

À funcionária do abatedouro da Universidade Federal de Viçosa Maria da Graça de Paula Souza.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia, que tenham de alguma forma contribuído direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BI OGRAFI A

José Geraldo de Vargas Junior, filho de José Geraldo de Vargas e Maria do Carmo Vargas de Vargas, nasceu em 31 de julho de 1968 na cidade de Castelo, Estado do Espírito Santo.

Em março de 1989 iniciou o curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, colando grau em janeiro de 1994.

Trabalhou como zootecnista do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira da Região de Viçosa (PDPL-RV) - Convênio Nestlé/ Funarbe/ DZO UFV, no período de janeiro a agosto de 1994, Viçosa, MG

Em agosto de 1994, iniciou o curso de pós - graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos

na área de Nutrição de Monogástricos e defendendo tese em janeiro de 1997.

Atuou como professor de culturas zootécnicas na EPSG Aldy Soares Merçon Vargas, no período de fevereiro a junho de 1997, em Conceição do Castelo, ES.

Trabalhou como professor visitante na Universidade Estadual Vale do Acaraú, em Sobral Ceará, ministrando aula de Avicultura, Suinocultura e Experimentação Zootécnica, no período de outubro de 1997 a outubro de 1998.

Em outubro de 1998 iniciou o curso de doutorado em zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa de tese em 29 de abril de 2002.

ÍNDICE

Página		
RESUMO		x
.....		
ABSTRACT		xi
.....		i
1	–	INTRODUÇÃO 1
.....		
2	-	REVISÃO DE LITERATURA 3
.....		
2.1	-	Cálcio e fósforo no organismo animal 3
.....		
2.2	-	Homeostase do cálcio e do fósforo 5
.....		
2.3	-	Absorção do cálcio e do fósforo 7
.....		
2.4	-	Contração muscular e segundo mensageiro 8
.....		
2.5	-	Cálcio e fósforo no desempenho animal 9
.....		
2.6	-	Relação cálcio, fósforo e outros minerais 11
.....		
2.7	-	Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo 11
.....		
2.8	-	Efeito dos níveis nutricionais no desempenho 13
.....		
2.9	-	Efeito dos níveis nutricionais na 14
resistência óssea	
2.10	-	Efeito do cálcio e do fósforo na maturidade 15
sexual	
2.11	-	Efeito das fases iniciais na produção de 16
ovos	

CAPÍTULO		1	17
.....			
EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES DE REPOSIÇÃO LEVES E SEM PESADAS DE 0 A 6 SEMANAS DE IDADE			17
.....			
1	-	INTRODUÇÃO	17
.....			
2	-	MATERIAL E MÉTODOS	19
.....			
2.1	-	Local e duração	19
.....			
2.2	-	Animais e instalação utilizada e manejo geral	19
.....			
Página			
2.3	-	Rações experimentais	21
.....			
2.4	-	Parâmetros avaliados	23
.....			
2.5	-	Análises estatísticas	23
.....			
3	-	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
.....			
3.1	-	Exigência nutricional de cálcio	25
.....			
3.2	-	Exigência nutricional de fósforo disponível	31
.....			
4	-	RESUMO E CONCLUSÕES	36
.....			
.....			
CAPÍTULO		2	38
.....			
EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES DE REPOSIÇÃO LEVES E SEM PESADAS DE 7 A 12 SEMANAS DE IDADE			38
.....			
1-		INTRODUÇÃO	38
.....			
2	-	MATERIAL E MÉTODOS	40
.....			
.....			

2.1	-	Local	e	duração	40
.....					
2.2	-	Animais	e	instalação utilizada e manejo	40
geral				
2.3	-	Rações		experimentais	42
.....					
2.4	-	Parâmetros		avaliados	44
.....					
2.5	-	Análises		estatísticas	45
.....					
3	-	RESULTADOS	E	DISCUSSÃO	46
.....					
3.1	-	Exigência	nutricional	de cálcio	46
.....					
3.1.1	-	Fase	de	crecimento	46
.....					
3.1.2	-	Fase	de	produção de ovos	50
.....					
3.2	-	Exigência	nutricional	de fósforo disponível	55
.....					
3.2.1	-	Fase	de	crecimento	55
.....					
3.2.2	-	Fase	de	produção de ovos	61
.....					
4	-	RESUMO	E	CONCLUSÕES	65
.....					
CAPÍTULO					3 67
.....					
EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES DE REPOSIÇÃO LEVES E SEM PESADAS DE 13 A 20 SEMANAS DE IDADE					67
.....					
1	-			INTRODUÇÃO	67
.....					
2	-	MATERIAL	E	MÉTODOS	69
.....					
2.1	-	Local	e	duração	69
.....					
2.2	-	Animais	e	instalação utilizada e manejo	69
geral				
2.3	-	Rações		experimentais	71
.....					

2.4	-	Parâmetros	avaliados	73	
2.5	-	Análises	estatísticas	74	
3	-	RESULTADOS	E	DISCUSSÃO	75
3.1	-	Exigência	nutricional	de cálcio	75
3.1.1	-	Fase	de	crecimento	75
3.1.2	-	Fase	de	produção de ovos	80
3.2	-	Exigência	nutricional	de fósforo disponível	84
3.2.1	-	Fase	de	crecimento	84
3.2.2	-	Fase	de	produção de ovos	89
4	-	RESUMO	E	CONCLUSÕES	91
3	-	CONCLUSÕES	GERAIS		93
4	-	REFERÊNCIAS	BIBLIOGRÁFICAS		95
5	-		APÊNDICE		103

RESUMO

VARGAS JUNIOR, José Geraldo de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2002. **Exigências de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Conselheiros: Horácio Santiago Rostagno e Paulo Cezar Gomes.

Doze experimentos foram realizados com o objetivo de determinar as exigências nutricionais de cálcio e fósforo para aves de reposição leves e semipesadas nas fases de crescimento. Na fase de 0 a 6 semanas de idade foram utilizadas 720 aves leves e 720 aves semipesadas, subdivididas em quatro experimentos, sendo dois para determinar as exigências de cálcio e dois para

determinar as exigências de fósforo disponível. As aves foram distribuídas num delineamento inteiramente ao acaso, em cinco tratamentos, quatro repetições e 18 aves/ unidade experimental. As aves foram alimentadas com duas rações basais (uma para experimento com cálcio e outra para experimento com fósforo) formuladas de forma a atender as recomendações de nutricionais, exceto cálcio para o experimento de cálcio e fósforo disponível para o experimento de fósforo disponível. As rações continham 2900 kcal de energia metabolizável/ kg de ração e 18% de proteína bruta, sendo que os níveis nutricionais utilizados foram 0,70; 0,80; 0,90; 1,00 e 1,10 de cálcio para o experimento de cálcio, e 0,30; 0,35; 0,40; 0,45 e 0,50% de fósforo para o experimento de fósforo disponível. Durante a fase de 7 a 12 semanas de idade foram utilizadas 640 aves leves e 640 aves semipesadas, distribuídas em quatro experimentos, alimentadas com duas rações basais contendo 2900 kcal de EM/ kg de ração e 16% de PB, sendo que os níveis nutricionais utilizados foram 0,60; 0,70; 0,80; 0,90 e 1,00% de cálcio para os experimentos de cálcio e 0,25; 0,30; 0,35; 0,40 e 0,45% de fósforo disponível para os experimentos de fósforo. Ao término do experimento, as aves foram criadas com uma ração comercial até o início da produção de ovos de forma a estudar o efeito dos níveis nutricionais da recria sobre o período de produção. Para a fase de 13 a 20 semanas foram utilizadas 480 ave leves e 480 aves semipesadas, distribuídas em quatro experimentos, alimentadas com duas rações basais contendo 2900 kcal de EM/ kg de ração e 15% de proteína bruta, sendo que os níveis nutricionais utilizados foram 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95% de cálcio, para os experimentos de cálcio e 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40% de fósforo disponível para os experimentos de fósforo. Ao atingir 20 semanas de idade, as aves, submetidas aos tratamentos com os diferentes níveis de cálcio e fósforo durante o período de 7 a 12 e 13 a 20 semanas de idade, foram distribuídas dentro do peso médio do tratamento, de forma a estudar o efeito dos diferentes níveis de cálcio e fósforo das fases iniciais sobre os parâmetros produtivos da fase de produção de ovos. Os resultados obtidos permitiram as seguintes recomendações nutricionais: Fase de 0 a 6 semanas de idade - Aves leves – 0,937% de cálcio (0,323%/ Mcal de EM) ou 277 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,420% de fósforo

disponível (0,145%/ Mcal de EM) ou 122 mg de fósforo disponível/ ave/ dia. Aves semipesadas – 0,961% de cálcio (0,331%/ Mcal de EM) ou 274 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,423% de fósforo disponível (0,146%/ Mcal de EM) ou 120 mg de fósforo disponível/ ave/ dia. Fase de 7 a 12 semanas de idade: Aves leves – 0,834% de cálcio (0,288%/ Mcal de EM) ou 406 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,411% de fósforo disponível (0,142%/ Mcal de EM) ou 200 mg de fósforo disponível/ ave/ dia. Aves semipesadas – 0,815% de cálcio (0,281%/ Mcal de EM) ou 440 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,361% de fósforo disponível (0,125%/ Mcal de EM) ou 184 mg de fósforo disponível/ ave/ dia. Fase de 13 a 20 semanas de idade: Aves leves - 0,832% de cálcio (0,287%/ Mcal de EM) ou 634 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,270% de fósforo disponível (0,093%/ Mcal de EM) ou 219 mg de fósforo disponível/ ave/ dia. Aves semipesadas - 0,782% de cálcio (0,270%/ Mcal de EM) ou 605 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,311% de fósforo disponível (0,107%/ Mcal de EM) ou 255 mg de fósforo disponível/ ave/ dia.

ABSTRACT

VARGAS JUNIOR, José Geraldo de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, april of 2002. **Requirements of calcium and available phosphorus for white egg pullets and brown egg pullets replacement.** Adviser: Luiz Fernando Teixeira Albino. Committee members: Hrácio Santiago Rostagno and Paulo César Gomes.

Twelve experiments were conducted with the objective of determining the nutritional requirements of calcium and available phosphorus for white egg pullets and brown egg pullets in the growth phases. In the phase of 0 to 6 weeks of age, 720 white egg pullets and 720 egg pullets were used, subdivided in four experiments, two experiments for the calcium requirements and two experiments for available phosphorus requirement. The chickens were distributed in completely randomized design, with five treatments, two pullets types, four repetitions and 18 chickens/experimental units. The chickens were fed with two basal rations (one for experiment with calcium and other for experiment with available phosphorus), formulated of

agreement with nutritional requirements, except calcium for the experiment of calcium and available phosphorus for the experiment of phosphorus. The rations contained 2900 kcal of energy metabolizable/ ration kg and 18% of crude protein, and the levels used nutritional were 0,70; 0,80; 0,90; 1,00 and 1,10 of calcium for the experiment of calcium and 0,30; 0,35; 0,40; 0,45 and 0,50% of available phosphorus for phosphorus experiment. During the phase of 7 to 12 weeks of age, 640 white egg pullets and 640 egg pullets were used, distributed in four experiments, fed with two basal rations contains 2900 kcal of ME/ ration kg and 16% of CP, and the levels used nutritional were 0,60; 0,70; 0,80; 0,90 and 1,00% of calcium for the experiment of calcium and 0,25; 0,30; 0,35; 0,40 and 0,45% of available phosphorus for the phosphorus experiment. At the end of the experiment, the chickens were created with a commercial ration until the beginning of the production of eggs, in way to study the effect of the levels nutritional of the growth phase on the production period. For the phase of 13 to 20 weeks, 480 white egg pullets and 480 brown egg pullets were used, distributed in four experiments, fed with two basal rations contains 2900 kcal of ME / ration kg and 15% of CP, and the levels used nutritional were 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 and 0,95% of calcium for the experiment of calcium and 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 and 0,40% of available phosphorus for the phosphorus experiment. When reaching 20 weeks of age, the chickens that were submitted to different levels of calcium and phosphorus during the period of 7 at 12 and 13 to 20 weeks of age were distributed inside of the medium weight of the treatment with objective to study the effect of the different levels of calcium and available phosphorus on the productive parameters of the phase of production of eggs. The obtained results allow the following recommendations nutritional: Phase of 0 to 6 weeks of age - white eggs pullets - 0,937% of calcium (0,323% / kcal of ME) or 277 mg of calcium / chickens/ day

and 0,420% of available phosphorus (0,145% / Mcal of ME) or 122 mg of available phosphorus/ chickens/ day. Brown egg pullets - 0,961% of calcium (0,331% / Mcal of ME) or 274 mg of calcium/ chickens/ day and 0,423% of available phosphorus (0,146% / Mcal of ME) or 120 mg of available phosphorus/ chickens/ day. Phase of 7 to 12 weeks of age: White egg pullets - 0,834% of calcium (0,288% / Mcal of ME) or 406 mg of calcium / chickens/ day and 0,411% of available phosphorus (0,142% / Mcal of ME) or 200 mg of available phosphorus/ chickens/ day. Brown egg pullets - 0,815% of calcium (0,281% / Mcal of ME) or 440 mg of calcium/ chickens / day and 0,361% of available phosphorus (0,125% / Mcal of ME) or 184 mg of available phosphorus/ chickens/ day. Phase of 13 to 20 weeks of age: White egg pullets - 0,832% of calcium (0,287% / Mcal of ME) or 634 mg of calcium/ chickens / day and 0,270% of available phosphorus (0,093% / Mcal of ME) or 219 mg of available phosphorus/ chickens/ day. Brown egg pullets - 0,782% of calcium (0,270% / Mcal of ME) or 605 mg of calcium/ chickens/ day and 0,311% of available phosphorus (0,107% / Mcal of ME) or 255 mg of available phosphorus/ chickens/ day.

1 - INTRODUÇÃO

A avicultura divide-se basicamente em aves para produção de carne e produção de ovos. As aves produtoras de ovos têm seu período de crescimento dividido em fases, que podem ser de 0 a 6, 6 a 12, 12 a 18 e 18 semanas até o primeiro ovo (NRC, 1994); 0 a 6, 7 a 12 e 13 a 20 semanas (ROSTAGNO et al., 1994) ou 0 a 6 e 7 a 20 semanas (RHÔNE POULENC,1993), ou seja, as fases utilizadas para estimar as exigências nutricionais variam entre os autores. No entanto, baseiam-se no grau de alterações fisiológicas determinantes na formação da estrutura corporal, sejam estas relacionadas à formação óssea e muscular, empenamento, desenvolvimento sexual etc. Uma vez que as poedeiras até atingirem a maturidade sexual passam por fases de crescimento, é de se esperar

que qualquer mudança em uma dessas fases possam alterar seu desempenho durante a produção de ovos.

Um bom programa de alimentação é essencial ao desempenho das poedeiras. É necessário que se tome por base, dados de exigências nutricionais o mais próximo possível aos das aves utilizadas, pois frequentemente novos produtos genéticos tornam-se disponíveis no mercado e, isto faz com que haja necessidade freqüente de estimar as exigências nutricionais das poedeiras nas suas fases iniciais, para que elas tenham melhor aproveitamento do seu potencial produtivo.

Dentre os nutrientes utilizados pelas aves, o cálcio e o fósforo disponível participam de forma ativa, pois são essenciais para uma série de funções metabólicas, participando principalmente na formação óssea. A utilização do cálcio e do fósforo pelo organismo esta em função da idade e do tipo de animal. Para aves em crescimento, o cálcio é mais utilizado para formação do osso, enquanto que animais em produção é direcionado para a formação da casca do ovo (SCOTT et al., 1982). Isto ocorre pelo fato de que aves jovens estão crescendo e tem que desenvolver a estrutura óssea, para poder sustentar o peso corporal, enquanto que na fase de produção, o cálcio é utilizado para a formação da casca, sendo então elemento chave para a manutenção e para produção de ovos (ELAROUSSI et al., 1994).

Este trabalho teve como objetivo estimar as exigências nutricionais de cálcio e de fósforo disponíveis para aves de reposição leves e semipesadas, nas fases de 0 a 6, 7 a 12 e 13 a 20 semanas de idade, bem como os efeitos das duas últimas fases na produção de ovos.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Cálcio e fósforo no organismo animal

Cálcio e fósforo são os principais elementos químicos no desenvolvimento das aves, associados principalmente ao metabolismo, particularmente na formação óssea, sendo que aproximadamente 98 a 99% do cálcio total do organismo e 80 a 85% do fósforo estão presentes nos ossos. Desta forma, os ossos são grandes depósitos para suprir a necessidade circulante destes elementos químicos, sofrendo constante remodelagem e renovação. Se a concentração de cálcio no sangue começa a diminuir, rapidamente o cálcio é mobilizado dos ossos para elevar o nível sanguíneo ao normal.

O esqueleto é um tecido de suporte dos vertebrados e é constituído de ossos de formas e de tamanhos diferentes. Devido a sua resistência a destruição, o osso muitas vezes, no animal vivo, é considerado como tecido “morto” que está relativamente inerte após formado (WASSERMAN et al., 1996). Entretanto, o osso é uma substância viva com vasos sanguíneos e linfáticos, nervos e uma estrutura orgânica. Serve não apenas como elemento estrutural, mas também como reservas de cálcio e de fósforo, os quais podem ser mobilizados ocasionalmente quando a assimilação de tais elementos químicos são inadequadas para atender as necessidades do organismo. Desta forma o cálcio e o fósforo, acumulados no osso durante o crescimento, servem também como reservatório que poderá ser utilizado durante a vida do animal (HONMA, 1992). Com base no peso seco, o conteúdo mineral do osso é de 65 a 70%, sendo 37% de cálcio e 18,5% de fósforo e são encontrados, principalmente, na forma de hidroxiapatita cuja representação é $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (WASSERMAN et al., 1996).

O cálcio plasmático existe nas formas ionizáveis ligados a proteínas (albumina, globulina) e compostos orgânicos (fosfato e outros ânions), sendo a principal delas a forma ionizável (Ca^{2+}). Metade do cálcio plasmático esta na forma solúvel ionizável, enquanto a outra metade está ligado a proteínas. Tem ainda pequena parte (5%) que está complexado com elementos inorgânicos não ionizáveis (HAYS e SWENSON, 1996). Este cálcio plasmático é essencial para a coagulação sanguínea, permeabilidade de membrana, excitabilidade neuromuscular, transmissão do impulso nervoso e ativação de sistemas enzimáticos. Deficiência ou excesso de cálcio pode reduzir a atividade cardíaca por meio do aumento da duração e da força de contração.

O fósforo une-se ao cálcio e ao carbonato formando compostos que confere rigidez aos ossos e dentes. Participa no metabolismo energético, metabolismo de carboidratos, aminoácidos e gordura, nos processos químicos do sangue, crescimento do esqueleto, transporte de ácidos graxos e outros lipídios. Participa também como constituinte de ácidos nucléicos, e componentes de muitas coenzimas, além de estar envolvido no armazenamento e transferência de

energia em compostos fosforilados da glicose e seus derivados. O fósforo está envolvido em quase todas, se não em todas as reações metabólicas (McDOWELL, 1992), podendo ser considerado desta forma como um dos elementos químicos mais versáteis no corpo animal. Em aves, a concentração sanguínea de fósforo é de 35 a 45 mg/ 100 ml, sendo que aproximadamente 10% deste está na forma de fosfato inorgânico (SCOTT et al., 1982).

A utilização do cálcio e do fósforo pelo organismo está em função da idade e do tipo de animal. Por exemplo, aves em crescimento, a maior porção do cálcio é utilizado para a formação do osso, enquanto que em aves produção, este cálcio é direcionado para a formação da casca do ovo (SCOTT et al., 1982). Isto é observado pelo fato de que as aves jovens tem que desenvolver a estrutura óssea para poder sustentar o peso corporal, enquanto que na fase de produção, o cálcio é utilizado para formação da casca, cujo peso médio está em torno de 5 a 6g, onde 2 g é de cálcio (ELAROUSSI, 1994).

2.2 - Homeostase do cálcio e do fósforo

A concentração sanguínea é mantida num limite muito estreito por ação hormonal que controla a absorção e excreção de cálcio, bem como o metabolismo ósseo. Os hormônios calcitonina e paratormônios funcionam num relacionamento com a forma ativa da vitamina D, a 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D), que controla o nível de cálcio e de fósforo sanguíneo (McDOWELL, 1992).

O plasma sanguíneo, para cada tipo de animal, tem concentração normal de cálcio e de fósforo. Quando o animal apresenta reduzido nível plasmático de cálcio, as glândulas paratireóides são estimuladas a secretarem o paratormônio (PTH). Este vai atuar nos rins aumentando a absorção de cálcio do filtrado glomerular e diminuindo a absorção de fosfato (CHAMPE e HARVEY, 1996),

além de mobilizar o cálcio dos ossos. Este mesmo PTH vai atuar nos rins promovendo a conversão da forma inativa da vitamina D na forma ativa (1,25-(OH)₂D). Por sua vez, esta vitamina D ativa vai estimular a mobilização óssea de cálcio, ao mesmo tempo que aumentará a absorção intestinal do cálcio, por aumento na síntese de proteína ligadora de cálcio (McDOWELL, 1992). Entretanto, este aumento da conversão de vitamina D inativa para a forma ativa é controlada pela concentração aumentada da forma ativa nos rins. NEWMAN e LEESON (1997) citam que poedeiras velhas possuem menor capacidade de absorção de cálcio pelo intestino, pois há redução da capacidade de converter a forma inativa de vitamina D na forma ativa. Entretanto BAR et al. (1988) não encontraram redução na conversão da forma inativa em ativa, com o passar da idade.

Durante a mobilização do cálcio ósseo, o fosfato é liberado conjuntamente com o cálcio (cristais de hidroxapatita). Desta forma, o PTH aumenta a dissolução da matriz mineral óssea, o que vai fazer com que ele reduza a absorção glomerular destes íons fosfatos de forma a prevenir aumento na concentração de PO₄³⁻ do plasma (GRANNER, 1990).

Inversamente ao efeito do PTH, com aumento da concentração plasmática de cálcio há estímulo sobre células C da glândula tireóide em mamíferos e nas glândulas ultimobranquiais em aves (HAYS e SWENSON, 1996) para a secreção de calcitonina. Esta reduz a concentração de cálcio diminuindo a reabsorção óssea e aumentando a perda de íons cálcio e fosfato na urina (CHAMPE e HARVEY, 1996). Apesar de sabermos a ação da calcitonina, ela ainda não foi totalmente elucidada, pois a remoção da tireóide em animais não resulta em hipercalemia e, a injeção de calcitonina em animais adultos saudáveis tem pouco efeito na diminuição do cálcio (GRANNER, 1990).

A excreção de cálcio e de fósforo ocorre por dois processos. O primeiro está relacionado ao material que foi eliminado junto com as fezes, ou seja, não foram absorvidos. O segundo é por via urinária, onde há controle hormonal na excreção renal. Este controle da excreção é altamente correlacionado com a quantidade de cálcio e fósforo no plasma, e este por sua vez reflete o estado

fisiológico do animal num determinado momento. Assim, a excreção é influenciada de forma direta pela absorção e utilização dos elementos químicos pelo animal. Desta forma, o PTH atua reduzindo de forma direta a excreção de cálcio via urina e, indiretamente (ação da vitamina D) via fezes, ao mesmo tempo aumenta excreção de fósforo devido sua ação sobre os ossos liberando íons PO_4^{2-} na circulação. Esta ação do PTH foi confirmado por WIDEMAN JR (1987), que observou aumento da excreção de cálcio e redução da excreção de fósforo, 25 e 40 minutos respectivamente, após a remoção da glândula paratireóide.

WIDEMAN JR (1987) observou que o PTH aumenta a excreção de fósforo somente em aves com níveis normais de vitamina D, isto porque existe evidências de que a vitamina D estimularia a reabsorção renal de fósforo quando a concentração plasmática deste fósforo fosse baixa (Liang et al. citados por WIDEMAN JR, 1987). MacIntyre et al., citados por WIDEMAN JR (1987), observaram que baixo nível plasmático de fósforo fará com que haja estímulo a síntese de vitamina D. Esta ação do PTH, em aves deficientes em vitamina D, pode ser explicada pela baixa regulação do receptores de PTH.

2.3 - Absorção do cálcio e do fósforo

O cálcio e o fósforo da dieta são absorvidos no intestino delgado. A quantidade absorvida é dependente da fonte, proporção e níveis de cálcio e de fósforo, pH intestinal, vitamina D, etc. Como a maioria dos nutrientes, quanto maior a necessidade maior é a absorção, isto até determinado nível de ingestão. Esta absorção é facilitada pelo baixo pH, pois este é necessário para a solubilidade destes elementos químicos (HAYS e SWENSON, 1996).

O transporte de cálcio através do epitélio intestinal ocorre por duas vias. Uma rota transcelular ou saturável e uma paracelular ou não saturável (BRONNER, 1987). A primeira esta sujeita a regulação fisiológica e nutricional, pela vitamina D (HURWITZ et al., 1987) e, ocorre principalmente no duodeno e jejuno superior, já a não saturável é independente de regulação fisiológica ou

nutricional, mas pode ser afetada pela concentração, e ocorre ao longo de todo o intestino (BRONNER, 1987).

No processo saturável o cálcio, liga-se a proteína ligadora de cálcio (CaBP) presente na borda em escova do enterócito (CASTRO, 1991), entra para dentro da célula, onde pode se ligar a organelas (BRONNER, 1992) como lisossomos, complexo de golgi ou retículo endoplasmático, os quais vão atuar facilitando o transporte e, reduzindo o aumento do cálcio intracelular livre (CASTRO, 1991). Segundo NORMAN (1987) e NEMERE (1992), o cálcio é interiorizado com vesículas endocíticas que se fundem com os lisossomos. Após ser transportado por dentro da célula, o cálcio é liberado na membrana basolateral, que envolve dois mecanismo, um CaATPase, e outro num sistema de troca entre o Ca^{++} e o Na^{++} , que funciona quando o sistema CaATPase esta saturado (CASTRO, 1991). Este processo é chamado de saturável, pois é dependente de vários fatores que, de uma forma ou de outra, vão influenciar na quantidade de proteína ligadoras de cálcio presente na borda em escova.

Já no processo não saturável ou paracelular, o transporte de cálcio ocorre entre as células da mucosa, com predominância no jejuno distal e íleo (BRONNER, 1987), e é independente da idade do animal, vitamina D ou ingestão de cálcio (Pansu et al. 1983 citados por BRONNER, 1987).

O fósforo é absorvido ao longo do intestino sendo parte dele por processo ativo. O processo de absorção é estimulado pela vitamina D e é dependente de sódio, cuja dependência está relacionada ao seu gradiente e transporte ativo secundário (RUTZ, 1994). Entretanto, a quantidade absorvida é influenciada pela fonte, pH (solubilidade) e níveis de outros minerais (Ca, Fe, Mg e Al), que combina com o fosfato transformando-o numa forma insolúvel (NEWMAN e LEESON, 1997).

2.4 –Contração muscular e segundo mensageiro

O cálcio é vital para uma variedade de reações sinápticas. Ele possui sua própria bomba de transporte, que é dependente de ATP e proteínas ligadoras especializadas. Quando um neurônio é despolarizado, o cálcio penetra a membrana pré-sináptica através de canal específico. Dentro da célula, o cálcio é capturado por uma proteína ligadora de cálcio – calmodulina, que torna ativa e se liga à membrana celular, onde haverá liberação de neurotransmissores, que vai se ligar a receptores específicos na membrana pós-sinápticas, transmitindo assim o impulso nervoso. O músculo, recebendo estímulo nervoso, fica excitado, ocorre então despolarização do sarcolema (membrana celular da célula do músculo – fibra muscular), originando um potencial de ação, que passa para dentro da célula, e vai atingir o retículo sarcoplasmático que liberará cálcio para a contração muscular. Este cálcio se ligará a troponina C deslocando a troponina I, removendo assim o obstáculo à contração. O relaxamento muscular ocorrerá por despolarização do sarcolema, que fará com que as bombas de cálcio do retículo sarcoplasmático retire o cálcio do citoplasma. Durante a contração muscular, a glicogenólise muscular é aumentada, e isto envolve uma ativação da fosforilase, proporcionando a ativação da fosforilase quinase pelo cálcio. Uma das subunidades desta proteína quinase possui estrutura semelhante a calmodulina, e isto faz com que haja interação entre a glicogenólise e a contração muscular (MAYES, 1990a). A fosforilase somente apresentará atividade na presença de cálcio.

A calmodulina é uma proteína ligante de cálcio que está presente em todas as células. Aproximadamente 99% do cálcio intracelular está ligado a algum tipo de proteína (CHAMPE e HARVEY, 1996). Ela pode atuar de diversas formas, por exemplo, associada a proteínas como a troponina C que media o papel do cálcio na contração, ou pode atuar na ativação de moléculas protéicas, freqüentemente enzimas, principalmente a adenilato quinase.

O cálcio pode ainda atuar como segundo mensageiro, que após receber um sinal extracelular participará de uma série de reações que resultará em uma resposta intracelular específica. Após o sinal no receptor de membrana, a fosfolipase C ativada clivará o fosfatidilinositol trifosfato liberando o inositol e o

diacil glicerol. O inositol ligará ao retículo endoplasmático liberando cálcio no meio intracelular favorecendo a formação do complexo Ca-calmodulina, que atua regulando várias enzimas (proteína quinase, adenilato, fosfodiesterase, etc.).

2.5 - Cálcio e fósforo no desempenho animal

Em aves dietas deficientes em cálcio faz com que haja mobilização óssea, e este osso se torne poroso, podendo levar a condição de osteoporose. Em poedeiras, durante a produção, esta condição se refere à fadiga da ave engaiolada. Já aves em crescimento a deficiência causa anormalidades no esqueleto, incluindo raquitismo, discondroplasia, artrites etc.

HAMILTON e CIPERA (1981) observaram que aves têm capacidade de adaptar a dietas contendo baixo nível de cálcio por aumento na capacidade de absorção intestinal. Em adição, aves jovens têm melhor capacidade de absorver cálcio do que aves velhas, enquanto que LEESON et al. (1986) observaram que aves imaturas absorvem menos cálcio do que aves maduras, sugerindo que certas aves podem ter desvantagens com baixa dieta de cálcio em função da idade. KESHAVARZ e NAKAJIMA (1993) não observaram em poedeiras redução da capacidade das aves em absorver ou reter cálcio, ou utilizar cálcio do osso para formação da casca. ELAROUSSI et al. (1994) encontraram que poedeiras em produção, o aumento da demanda de cálcio é acompanhado por aumento da absorção intestinal e diminuição da excreção renal de cálcio, ao mesmo tempo que, maior concentração de cálcio disponível no trato digestivo durante o período de formação da casca conduziria a uma mobilização diminuída de reserva de cálcio do osso (FARMER et al., 1986).

Fazendo paralelo entre o momento da oviposição e o início da formação da casca, observa-se que a casca do ovo geralmente é formada durante a noite, o que coincide com horários em que a ave não está se alimentando. Assim, a mobilização óssea de cálcio ocorre de uma forma intensa, pois o nível sanguíneo

de cálcio reduz rapidamente. Segundo ETCHEs (1987) a reserva plasmática de cálcio durante processo de calcificação é reduzida ao nível 0, num período de 7 a 15 minutos. Este mesmo processo de formação da casca faz com que haja aumento da capacidade de aproveitamento do cálcio pelo animal, provavelmente devido a ação hormonal. Hurwitz e Bar, citado por ETCHEs (1987), relatam que o aproveitamento de cálcio do alimento, em aves durante a produção de ovos, é de 68 e 72% durante o período inicial e final de calcificação, e que quando a glândula da casca esta inativa, estes valores caem para 40%.

2.6 - Relação cálcio, fósforo e outros minerais

Cálcio e fósforo interagem durante absorção, metabolismo e excreção. A relação cálcio: fósforo no osso é ligeiramente maior que 2:1 e varia muito pouco (SCOTT et al., 1982). Quando o cálcio está em excesso pode haver interferência na digestibilidade de outros minerais, como fósforo, magnésio, manganês e zinco, causando deficiência secundária. Consumos altos de Ca pode alterar a utilização de fósforo, devido a alteração da relação Ca: P (ANDERSON et al., 1995). Entretanto, alto níveis de fósforo também podem causar deficiência de cálcio. Mas, a relação cálcio e fósforo não é fator crucial para aves em produção como é para aves em crescimento (KESHAVARZ 1986), e isto pode ser observado nas exigências nutricionais sugeridas por ROSTAGNO et al. (2000).

O magnésio quando em excesso na dieta aumenta a necessidade de cálcio, principalmente, durante a fase de produção, onde o conteúdo de cálcio seria aumentado para melhorar a qualidade da casca e integridade óssea (ATTEH e LEESON, 1983). Lee e Briton (1980), citados por HESS e BRITON (1997), observaram que o excesso de magnésio na alimentação reduz crescimento e desenvolvimento ósseo, e altera o metabolismo de fósforo aumentando sua necessidade dietética.

2.7 - Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo

Apesar do peso corporal ser critério importante para produção precoce adequada, há evidências que considera insuficiente a estrutura e composição corporal como fator determinante. LEESON e SUMMERS (1997) citam que cerca de 90% do tamanho corporal é desenvolvido na fase inicial, e que somente pôr volta da 12^a a 16^a semanas de idade, o chamado tamanho da franga é “fixado”. Com isso, é difícil fazer com que através de manejo nutricional, frangas com baixo peso, em relação a estrutura corporal, possam produzir.

A quantidade de cálcio necessária para o crescimento tem sido determinado por métodos empíricos, que estabelece nível dietético mínimo que maximize cinza óssea e resistência óssea a quebra. O requerimento é maior em aves jovens, quando a taxa de crescimento fracionário é alta, e diminui no adulto, quando o peso corporal é alcançado. ROSTAGNO et al. (1994) recomendam 0,966, 0,870 e 0,821% de cálcio, e 0,484, 0,435 e 0,386% de fósforo disponível, respectivamente para as fases de 0 a 6, 7 a 12 e 13 a 20 semanas de idade.

Estudos com fósforo e cálcio têm sido baseados em ganho de peso, conversão alimentar e dados de cinza e resistência óssea (BAILEY et al. 1986). A exigência para otimizar desempenho das aves é inferior à exigência para maximizar a resistência óssea (ROSTAGNO et al.,1996). Wilson e Duff (1991), citados por RENNIE et al. (1997), observaram que quando as aves eram submetidas a dietas deficientes em cálcio, fósforo e/ ou colecalciferol, havia perda de material ósseo.

Trabalhando com poedeiras em alta produção, FLEMING, et al. (1998) encontraram que a fragilidade óssea é dependente de dois fatores, a massa de osso estrutural e a taxa de perda óssea durante a produção. E que, a maximização da formação óssea, durante as fases iniciais, poderia então ser uma estratégia para aliviar a possível osteoporose que venha a acontecer nas aves em produção. HONMA (1992) cita que a medula óssea é osso não estrutural, e tem aparência esponjosa devido a espículas interlaçadas, sendo sua formação estimulada por andrógenos e estrógenos liberados pela maturação dos folículos ovarianos.

A medula óssea então supriria o organismo com cálcio quando este for insuficiente. Isto é confirmado por FLEMING et al. (1998) que, ao abaterem aves com 15 semanas de idade, verificaram sinais precoces de desenvolvimento ovariano e pequenas formações de osso medular, mostrando estar as aves no ponto de iniciação da maturidade sexual. CLASSEN e SCOTT (1982) relatam que o desenvolvimento medular ósseo ocorre entre 2 a 3 semanas antes do início da postura.

KESHAVARZ (1986) observou que aves jovens são menos susceptíveis aos efeitos de altos níveis de cálcio do que aves mais velhas. LEESON et al. (1986) encontraram que aumento de cálcio, em aves imaturas, resulta em aumento da retenção de cálcio, o qual seria utilizado para a manutenção óssea através da mineralização da medula.

2.8 - Efeito dos níveis nutricionais no desempenho

As aves, em geral, tem a capacidade de regular o consumo de cálcio de forma a atender seu requerimento (SILVA, 1990b e CLASSEN e SCOTT, 1982), logo em rações deficientes há tendência de aumento no consumo. Desta forma, rações com altos níveis de cálcio, o consumo ficaria reduzido. TAHER et al. (1984) observaram que aves alimentadas com alto cálcio na dieta ou em níveis adequados, o consumo foi menor do que quando alimentados com baixos níveis de cálcio, assim, as aves também teriam capacidade de selecionar substratos ricos em cálcio para reunir suas necessidades nutricionais. Entretanto, GILBERT et al. (1981) observaram menor consumo de ração com diminuição do cálcio da dieta. Já SCOTT et al. (1982) observaram perda de apetite com deficiência moderada ou relação cálcio fósforo ampla, o que causaria menor crescimento e baixa mineralização óssea.

Com a redução da ingestão de alimento há de se esperar efeito negativo no peso corporal. LEESON e SUMMERS (1997) observaram redução no peso corporal, sem afetar o tamanho estrutural em termos absoluto.

Scott et al. (1976), citados por CAREW e FOSS (1980), encontraram que com a redução de 0,41% de fósforo disponível para 0,35 ou 0,30%, no período de 0 a 8 semanas, o ganho de peso e consumo de ração foram reduzidos, enquanto a conversão alimentar não foi afetada. BAILEY et al. (1986) constataram que quando o osso não é bem formado, além de problemas de perna, haveria redução do ganho de peso.

2.9 - Efeito dos níveis nutricionais na resistência óssea

A quantidade de cálcio necessário para maximizar a mineralização do osso e da casca do ovo é maior do que o necessário para outras funções, e é tipicamente usada como critério de resposta para fixar o requerimento.

ZOLLITSCH et al. (1996) citam que a absorção de cálcio ósseo para atender as necessidades metabólicas é um processo normal, e que a perda óssea de cálcio somente comprometerá a resistência quando houver deficiência prolongada. Esses mesmos autores observam também que, a resistência e cinza óssea podem ser melhorada por uma manipulação do cálcio dietético. Entretanto, HUYGHEBAERT e DeGROOTE (1988) observaram que nem sempre a porcentagem de cinza nos ossos esta positivamente relacionada com a resistência à quebra.

Em rações com maiores níveis de cálcio, maior quantidade seria absorvido, conseqüentemente este estaria mais disponível no trato digestivo, fazendo com que durante o período de formação da casca, houvesse menor mobilização da reserva de cálcio do osso (FARMER et al., 1986).

FROST e ROLAND (1989) e ROLAND et al. (1996) observaram que peso e resistência à quebra e cinzas aumentaram com o aumento do cálcio na ração. Enquanto que NARVÁEZ et al. (1997) observaram que esta resistência óssea é aumentada até determinado nível de cálcio, sendo que logo após ela diminuiria.

CAREW e FOSS (1980), trabalhando com diferentes níveis de fósforo, encontraram que nos níveis abaixo do requerido para ótimo desempenho, o nível deste no osso foi reduzido, sem que houvesse efeito na resistência óssea. Enquanto que Cortese Neto (1992), citado por ROSTAGNO et al. (1996),

observou que com o aumento do fósforo disponível na ração houve aumento do fósforo na cinza, sem afetar o teor de cinza nos ossos.

ZOOLLITSCH et al. (1996) citam que a quantidade de cinza óssea é um critério melhor do que porcentagem de cinza óssea, na determinação da fragilidade óssea.

2.10 - Efeito do cálcio e do fósforo na maturidade sexual

Meyer et al. (1970), citados por CLASSEN e SCOTT (1982), encontraram que a ingestão de cálcio aumenta vagarosamente antes da primeira oviposição, e isto provavelmente está em resposta ao alto requerimento em cálcio para o desenvolvimento da medula óssea, já que esta começaria a ser formada em resposta aos hormônios sexuais. Entretanto, o consumo diário de cálcio durante este período, geralmente, não é estudado, principalmente porque não se tem definição exata do início desta maturidade sexual. Isto faz com que seja difícil julgar o aumento do consumo no início do desenvolvimento medular.

A mobilização do cálcio a partir do osso, para o uso na formação da casca, durante o período inicial de produção pode aumentar a incidência de fadiga da ave alojada durante o ciclo de produção. Durante o início da produção, a ave tem balanço negativo de cálcio, que dificilmente é contornado por aumento do nível de cálcio dietético. Conseqüentemente, a reserva adequada de cálcio no osso no início do ciclo de produção é crucial na redução da incidência de fadiga, e manteria a produção de ovos e a qualidade da casca em níveis satisfatórios. Com isso tem sido relatado que, o aumento do nível de cálcio no período pré-postura pode aumentar o conteúdo de cálcio no osso até alcançar a maturidade sexual (KESHAVARZ 1987), pois a redução do cálcio levaria a redução do hormônio foliculo estimulante (TAHER et al. 1984), e conseqüentemente uma redução na produção de ovos. Entretanto, CHENG et al. (1991) relatam que regime alimentar não afeta a taxa de maturidade das frangas.

LEESON et al. (1986) relatam que uma alimentação prolongada, com ração de crescimento, geralmente é utilizada para melhorar a eficiência de uso do cálcio. Desta forma, quando uma ração com alto níveis de cálcio é introduzida,

eventualmente maior quantidade deste cálcio é absorvida e temporariamente retida. Entretanto, a alimentação com uma ração de baixo cálcio durante a produção de ovos, mesmo que esta esteja no início, poderá fazer com que haja um efeito negativo na mineralização óssea, no desenvolvimento do ovário e oviduto e na produção de ovos.

Uso de ração de pré-postura ou ração de produção, no início da maturidade sexual, geralmente são fornecidas em função do desenvolvimento da medula óssea, o que reuniria juntamente com o cálcio os requerimentos para a maturidade sexual precoce. Entretanto, GILBERT et al. (1978) observaram que a concentração de cálcio na pré-postura tem pouco efeito na maturidade sexual. O mesmo foi observado por LEESON et al. (1986), que apesar dos baixos níveis de cálcio na pré-postura, não observaram efeito no primeiro ovo.

LENNARDS et al. (1981) indicam que 0,58% de cálcio foi adequado para a ovulação, mas não para a qualidade da casca.

2.11 - Efeito das fases iniciais na produção de ovos

Aves alimentadas com baixo nível de cálcio na dieta apresentam uma menor taxa de crescimento quando comparado com aves recebendo níveis normais. Entretanto, o nível de cálcio durante o período de crescimento não teve influência na maturidade sexual medida ao primeiro ovo, mas influenciou a produção de ovos, a mortalidade, o consumo e a eficiência alimentar durante a fase de produção (HAMILTON e CIPERA, 1981). Entretanto, o consumo provavelmente teria maior impacto na qualidade do ovo formado inicialmente do que na redução do seu número (MORAN JR. 1986).

KESHAVARZ (1987), estudando níveis de cálcio com baixo fósforo disponível, observaram uma alta mortalidade devido a lesões renais durante o período de crescimento e, quando as aves não morriam, tinham sua produção afetada.

SHAFEY et al. (1990) citam que existem diferenças genéticas com respeito ao requerimento de cálcio para os vários tipos de aves imaturas. Já, na

fase de produção, as poedeiras são capazes de ajustar seu consumo de cálcio proporcionalmente com o seu requerimento para secreção da casca (LEESON e SUMMERS 1979). Entretanto, TAHER et al. (1984) verificaram que apesar deste apetite para cálcio, as poedeiras não regularia a ingestão de cálcio para reunir o mínimo necessário para manutenção e produção de ovos.

CAPÍTULO 1

EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES DE REPOSIÇÃO LEVES E SEMIPESADAS DE 0 A 6 SEMANAS DE IDADE

1 - INTRODUÇÃO

As poedeiras comerciais antes de entrarem em produção passam por um período de crescimento que é dividido em três fases: 0 a 6, 7 a 12 e 13 semanas de idade até a maturidade sexual. Estes períodos são caracterizados por alterações fisiológicas quanto ao crescimento ósseo, muscular, formação de penas e maturação reprodutiva (SCOTT et al., 1982). Assim, qualquer alteração neste período de crescimento, que afetar o peso corporal à maturidade sexual ou que retarde esta maturidade, poderá fazer com que a ave tenha um menor desempenho na produção de ovos.

Estudos com cálcio e com fósforo têm sido baseados em ganho de peso, conversão alimentar, cinza e resistência óssea (BAILEY et al. 1986), sendo que a exigência para otimizar o desempenho das aves é inferior à exigência para maximizar a resistência óssea (ROSTAGNO et al., 1996). As aves, geralmente, têm a capacidade de regular o consumo de cálcio para atender seu requerimento (SILVA, 1990b), logo em rações com altos níveis de cálcio há redução no consumo (TAHER et al., 1984), o que poderia alterar o tamanho corporal. Entretanto, LEESON e SUMMERS (1997) não observaram diferenças no tamanho estrutural em termos absoluto.

O cálcio e o fósforo são os principais elementos químicos no desenvolvimento das aves, sendo associados principalmente ao metabolismo, particularmente na formação óssea (CLUNIES et al., 1992), já que 98 % do cálcio e 85% do fósforo do corpo das aves encontram-se nos ossos. A absorção acontece no duodeno e ocorre de acordo com a necessidade do animal, podendo assim ocorrer mudanças no requerimento se houver alteração na eficiência de absorção.

Mesmo sendo de grande importância para o setor avícola, a criação de aves para produção de ovos, ainda utiliza-se de exigências nutricionais baseadas em dados de pesquisas realizadas há muito tempo, isto porque são trabalhos demorados e, os resultados muitas vezes, diferem entre os diversos autores, com NRC (1994), que recomenda 0,90% de cálcio e 0,40% de fósforo disponível, enquanto que ROSTAGNO et al. (1994) recomendam 0,966% de cálcio e 0,386% de fósforo disponível.

Desta forma, os objetivos do presente trabalho foram estabelecer as exigências nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local e duração

O presente trabalho foi conduzido no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a março de 1999, totalizando um período experimental de seis semanas. O abate das aves e o processamento das pernas foram executados no próprio aviário. Entretanto, a análise de resistência óssea foi feita no laboratório de celulose e papel e, as análises de composição óssea foram feitas no laboratório de nutrição animal.

2.2 - Animais e instalação utilizada e manejo geral

Foram utilizados um total de 1440 aves, sendo 720 aves da marca comercial Hy Line W36 (aves leves) e 720 aves Hy Line Brown (aves

semipesadas), subdivididas em quatro experimentos, dois para a determinação das exigências de cálcio (leves e semipesadas) e dois para determinação das exigências de fósforo disponível (leves e semipesadas). As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, coberto com telha de barro, dotado de lanternim e subdivididos em boxes de 1,00 x 2,10 m.

As aves que morreram até o sétimo dia, foram substituídas por aves mantidas em boxes extras, sendo estas criadas nas mesmas condições de manejo das aves em experimento.

O manejo geral dos animais foi de acordo com os manuais das marcas comerciais (HY LINE W36, 1997 e HY LINE BROWN, 1995), enquanto que o programa de vacinação (Tabela 1) seguiu as recomendações de SANTOS et al. (1997). A temperatura do galpão foi registrada diariamente, por meio de termômetros de máxima e de mínima, onde as leituras foram feitas às 8 horas e as 18 horas (Tabela 2).

Tabela 1 – Programa de vacinação utilizado

Di a	Vacina – via de aplicação
Incubatório	Marek, Buba e Gunboro – Subcutânea
10 dias	Newcastle – ocular
30 dias	Newcastle – água de bebida
35 dias	Coriza - intramuscular

Fonte: SANTOS et al. (1997)

Tabela 2 – Temperatura registrada no período de 0 a 42 dias de idade

Período (dias)	Temperatura			
	Máxima		Mínima	
	Absoluta	Média	Absoluta	Média
0 a 7	34	32	21	24
8 a 14	34	30	20	23
15 a 21	32	29	19	21
22 a 28	32	29	19	21
29 a 35	31	28	19	22
36 a 42	29	26	21	22
Média	---	29	---	22

2.3 - Rações experimentais

As rações experimentais utilizadas foram a base de milho e de farelo de soja, de forma a atender as exigências nutricionais segundo ROSTAGNO et al. (1994) e NRC (1994), exceto para cálcio na determinação das exigências de cálcio e para fósforo disponível na determinação da exigências de fósforo. Foram utilizadas duas rações basais (Tabela 4), uma para determinação da exigência de cálcio e a outra para determinação da exigência de fósforo disponível. Estas duas rações continham 18 % de proteína bruta e 2900 kcal de EM/ kg de ração.

O conteúdo de cálcio e fósforo dos principais alimentos, utilizados nas rações basais, podem ser observados na Tabela 3.

No experimento para a determinação da exigência de cálcio, as aves foram submetidas a uma ração deficiente em cálcio e suplementada com calcário em substituição ao material inerte, para obter cinco níveis (0,70; 0,80; 0,90; 1,00 e 1,10 %) de cálcio na ração. Enquanto que no experimento para determinação das exigências de fósforo disponível, as aves foram submetidas a uma ração basal deficiente em fósforo e suplementada com fosfato bicálcico e calcário, em substituição ao material inerte, para obter cinco níveis (0,30; 0,35; 0,40; 0,45 e 0,50 %) de fósforo disponível nas rações. Todas as rações foram isoprotéicas e isoenergéticas (Tabela 4).

As aves receberam ração e água à vontade durante todo o período experimental.

Tabela 3 – Composição de cálcio (%) e de fósforo (%) dos alimentos utilizados

Alimento	Cálcio	Fósforo total	Fósforo disponível ¹
Milho	0,025	0,276	0,091
Farelo de soja	0,348	0,555	0,183

Calcário	36,50	---	---
Fosfato bicálcico	22,43	17,56	17,56

¹ Fósforo disponível calculado: milho e farelo de soja – 33% do fósforo total, fosfato bicálcico – 100% do fósforo total.

Tabela 4 – Rações basais utilizadas para determinar as exigências de cálcio (Ração 1) e fósforo disponível (Ração 2) para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade

Ingredientes	Ração 1	Ração 2
Milho	66,957	66,957
Farelo de Soja	26,572	26,572
Calcário	0,588	1,445
Fosfato bicálcico	1,578	1,037
DL – Metionina	0,122	0,122
Sal comum	0,291	0,291
Cloreto colina 60%	0,050	0,050
Vitâmico ¹	0,100	0,100
Mneral ²	0,050	0,050
Virgamicina ³	0,050	0,050
Anticoccidiário ⁴	0,060	0,060
Antioxidante ⁵	0,010	0,010
Areia lavada (inerte)	3,573	3,256
TOTAL	100,00	100,00

		Composições	
		Calculadas	
Energia (kcal/kg)	Metabolizável	2.900	2.900
Proteína (%)	bruta	18,00	18,00
Metionina (%)		0,407	0,407
Metionina (%)	+ Cistina	0,711	0,711
Lisina (%)		0,923	0,923
Treonina (%)		0,654	0,654
Triptofano (%)		0,232	0,232
Cálcio (%)		0,700	0,900
Fósforo (%)	total	0,609	0,514
Fósforo (%)	disponível	0,400	0,300
Sódio (%)		0,154	0,154

Ácido (%)	linoléico	1,341	1,341
¹ Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 10.000.000 UI; vitamina B3 - 2.000.000 UI; Vitamina E - 30.000 UI; Vitamina B1 - 2,0g; vitamina B6 - 4,0 g; Ac Pantotênico - 12,0g; Biotina - 0,10g; Vitamina K3 - 3,0 g; Ácido fólico - 1,0 g; Ácido nicotínico- 50,0 g; Vitamina B12 - 15.000 mcg; Selênio - 0,25 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.			
² Rologimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo de produto: Manganês 16,0 g; Ferro - 100,0 g; Zinco - 100,0 g; Cobre - 20,0 g; Cobalto - 2,0 g; Iodo - 2,0 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.			
³ Stafac® - 50 %			
⁴ Coxistac® (Salinomicina) - 12 %			
⁵ Hidroxi Butil Tolueno.			

2.4 - Parâmetros avaliados

O período experimental durou seis semanas, onde as aves foram pesadas no início e término do experimento para análises de ganho de peso, e a ração consumida foi avaliada para efeitos de consumo de ração e conversão alimentar.

Além dos parâmetros de desempenho, foram abatidas ao término do experimento, três aves por unidade experimental, através de deslocamento cervical, para a retirada da tibia e posterior análises de resistência óssea, de cinzas e de cálcio e de fósforo no osso.

As análises dos teores de cinzas, de cálcio e de fósforo no osso, foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1990a), e os parâmetros de resistência óssea foram através do osso "in natura", em prensa INSTRON- modelo 4204, pertencentes ao Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Após as análises de resistência óssea, os ossos foram desengordurados em extrator tipo "Soxlet" e colocados em estufa a 55 °C durante uma hora, sendo triturados logo após para análises de cálcio e fósforo.

2.5 - Análises Estatísticas

Para ambos os experimentos, as aves foram distribuídas num delineamento inteiramente ao acaso, em cinco tratamentos, quatro repetições e 18 aves por unidade experimental, onde foram distribuídas com um dia de idade e com peso médio de 37,5 g e 37,3 g, respectivamente para aves leves e semi pesadas.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram realizadas usando o programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997), onde foi feita uma análise de variância, com posterior uso de regressão polinomial, para cada variável estudada, além do teste de F na comparação de médias dos tratamentos entre aves leves e semi pesadas.

O modelo estatístico utilizado para ambos experimentos foi:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + P_j + N_i/P_j + E_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = parâmetro observado na unidade experimental k, do nível de cálcio ou fósforo disponível i, dentro do tipo de ave j;

μ = média geral observada;

N_i = efeito do nível de nutriente (cálcio ou fósforo disponível) i, i = 1, 2, 3, 4 e 5;

P_j = efeito do tipo de ave de reposição j, j = leve ou semi pesada;

N_i/P_j = efeito do nível de nutriente i, dentro do tipo de ave j;

E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Exigência nutricional de cálcio

Pelos resultados obtidos (Tabela 5) pode-se observar que, os diferentes níveis de cálcio não afetaram o consumo de ração, a conversão alimentar e o teor de cinza óssea de aves leves e semipesadas e o teor de cálcio ósseo das aves leves. Entretanto, observa-se que apesar de não ter havido diferenças nas características citadas, as aves leves apresentaram em termos numéricos, maior consumo de ração do que as aves semipesadas, e esta diferença no consumo

foi suficiente para fazer com que na média, as aves leves apresentassem pior conversão alimentar do que as semipesadas. Isto provavelmente ocorreu devido ao fato de que as aves leves são mais agitadas que as semipesadas, o que pode ter ocasionado desperdício de ração, fazendo com que fosse contabilizado um consumo que realmente não ocorreu.

Segundo HAMILTON e CIPERA (1981), as aves tem capacidade de se adaptar a dietas contendo baixo nível de cálcio aumentando a capacidade de absorção intestinal. Além disso, as aves jovens tem melhor capacidade de absorver cálcio do que aves velhas (LEESON et al., 1986). Entretanto, segundo

Tabela 5 - Efeitos dos níveis nutricionais de cálcio sobre o desempenho e parâmetros ósseos de aves de reposição leves (L) e semipesadas (SP) de 0 a 6 semanas de idade

Cálcio (%)	Consumo de ração (g/ ave/ dia)		Ganho de peso (g/ ave/ dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Resistência óssea (kgf/ mm)		Cinza óssea (%)		Cálcio ósseo (%)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,70	29,47	29,93	7,20	8,93	4,10	3,35	5,11	5,65	38,83	39,22	24,11	24,38
0,80	29,08	28,15	7,42	9,24	3,93	3,05	5,07	6,19	38,70	38,09	24,08	22,93
0,90	29,12	28,39	7,72	9,28	3,77	3,06	5,36	6,73	39,51	40,36	24,37	26,06
1,00	29,91	28,55	7,73	9,29	3,87	3,07	5,40	6,38	40,16	39,85	25,36	25,17
1,10	27,60	28,59	7,41	8,84	3,73	3,24	5,73	6,40	39,98	39,83	24,82	25,67
Mé dia ¹	29,04	28,72	7,49b	9,12a	3,88b	3,16a	5,34b	6,27a	39,44	39,47	24,55	24,84
Efeito	NS	NS	Q*	Q*	NS	NS	L*	Q*	NS	NS	NS	L*
C. V. (%)	7,706		4,370		8,820		7,550		3,420		5,669	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; L - efeito linear; NS efeito não-significativo; * (P<0,05); ** (P<0,01). Resistência óssea em kgf/ mm em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm

SILVA (1990b), as aves em geral tem a capacidade de regular o consumo de cálcio de forma a atender as necessidades nutricionais. Desta forma, uma vez que não houve diferenças de consumo entre os diversos níveis de cálcio estudados, parte-se do princípio de que houve aumento da absorção intestinal. Porém esta maior absorção não foi suficiente para que houvesse aumento da cinza e do cálcio ósseo. Estes resultados discordam dos obtidos por FROST e ROLAND (1989), que observaram maiores teores de cinza em maiores níveis de cálcio.

Ao observar o ganho de peso (g/ ave/ dia), verificou-se que os níveis de cálcio provocaram efeito quadrático para ambos os tipos de aves. Sendo que, para aves leves foi observado máximo ganho de peso de 7,70 g/ ave/ dia no nível de 0,937% de cálcio (Tabela 6 e Figura 1), enquanto que para aves semipesadas este ganho foi de 9,10 g/ ave/ dia para 0,895% de cálcio na ração. Apesar de ter sido encontrado efeito quadrático para ganho de peso, estes resultados não foram suficientes para afetar a conversão alimentar. Segundo LEESON e SUMMERS (1997) com redução de consumo há redução no peso corporal e, conseqüentemente redução no ganho de peso. Entretanto, foi observado que além de não ter havido alteração no consumo de ração, o cálcio disponível para os processos metabólicos normais influenciou o ganho de peso, uma vez que a quantidade de cálcio ingerido foi aumentando a medida que aumentou os níveis de cálcio na ração. Esta resposta do ganho de peso, provavelmente está relacionada com as observações feitas por HAMILTON e CIPERA (1981) quanto a absorção intestinal.

Observou-se ainda que as aves semipesadas tiveram melhor ganho de peso do que as aves leves, coincidindo com os manuais de desempenho da marca comercial (HY LINE W36, 1997 e HY LINE BROWN, 1995).

Em estudos de cálcio e de fósforo, a resistência óssea é um dos principais parâmetros a serem analisados, isto porque, o osso é o principal reservatório destes minerais no corpo do animal. Assim, em situações de deficiência prolongada de cálcio, ocorre mobilização óssea de forma a suprir as necessidades do organismo (ZOOLLITSCH et al., 1996 e Wilson e Duff (1991) citados por RENNIE et al., 1997).

Tabela 6 - Exigência de cálcio para aves de reposição leve (L) e semipesada (SP), considerando parâmetros de desempenho e ósseo

Parâmetro	Equação	R ²	Máx/ mín	Exigências	
				(%)	(% Mal EM)
GP	$Y = -0,9415 + 18,4524x - 9,8449x^2$	0,97	7,69	0,937	0,323
L	$Y = 0,4079 + 19,9700x - 11,1609x^2$	0,95	9,32	0,895	0,309
RO	$Y = 3,9111 + 1,5839x$	0,81	---	≥	---
L				1,10	
SP	$Y = -6,0725 + 26,3550x - 13,7077x^2$	0,87	6,59	0,961	0,331
Ca ósseo	$Y = 20,5290 + 4,8209x$	0,38	---	≥	---
SP				1,10	

GP – ganho de peso (g/ ave/ dia); RO – resistência óssea (kgf/ mm); Ca ósseo – cálcio no osso; P ósseo – fósforo no osso (%).

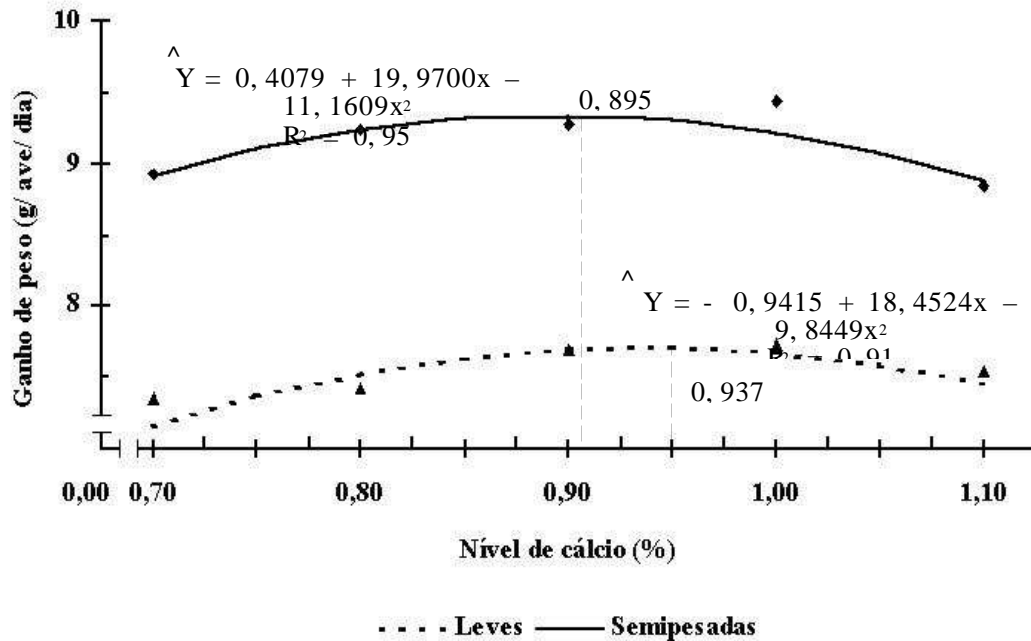


Figura 1 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre o ganho de peso de aves de reposição leves e semipesadas.

A resistência óssea de aves leves foi aumentando a medida que houve aumento do cálcio na ração, enquanto que aves semipesadas apresentaram efeito quadrático, com máxima resistência óssea (6,59 kgf/ mm) ao nível de 0,961% de cálcio na ração (Tabela 6 e Figura 2). Em geral, a quantidade de cálcio necessária na ração para maximizar a resistência óssea é maior do que a quantidade necessária para maximizar qualquer outro parâmetro produtivo (ROSTAGNO et al., 1996). Estudando a exigência de cálcio, NARVAEZ et al. (1997) encontraram que dentre os parâmetros avaliados a resistência óssea foi a característica que teve a maior exigência de cálcio.

Outro parâmetro a ser observado, diz respeito a relação entre cálcio e fósforo, e segundo SCOTT et al. (1982), está em torno de 2:1. Qualquer alteração nesta relação provoca uma mudança na utilização do nutriente pelo organismo animal. Assim, em ração com menores níveis de cálcio, a relação é menor, o que pode ter feito com que o aumento do cálcio na ração proporcionasse aumento linear do cálcio no osso para aves semipesadas, devido a maior quantidade de cálcio disponível para a deposição óssea (Tabela 6 e Figura 3). Entretanto, este aumento do cálcio no osso com aumento do cálcio da ração foi observado somente para aves semipesadas, que pode estar relacionado ao ritmo de crescimento deste tipo de ave ser maior do que o de aves leves.

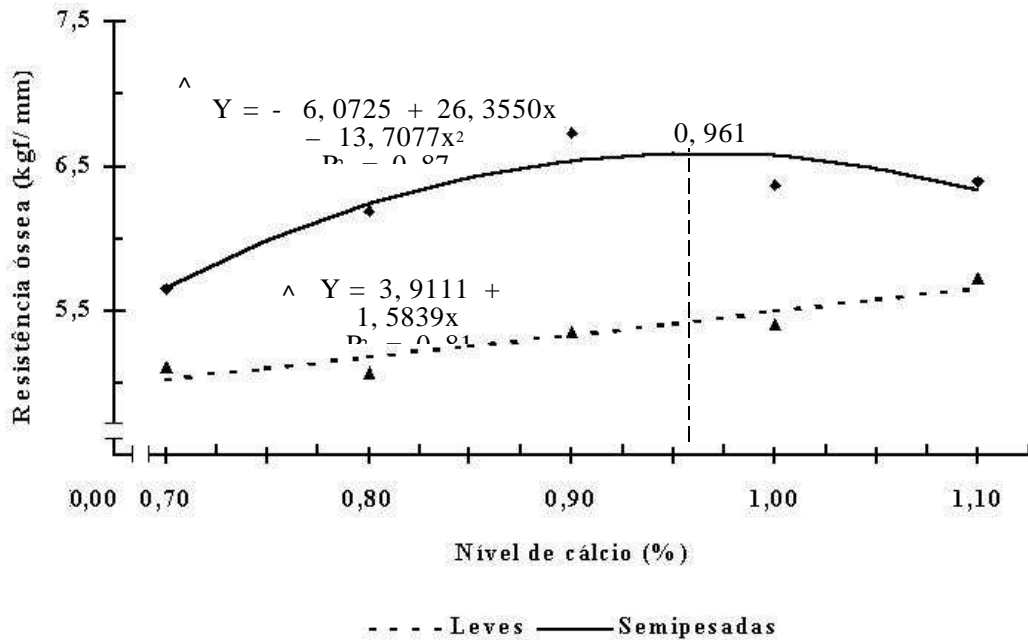


Figura 2 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre a resistência óssea de aves de reposição leves e semipesadas.

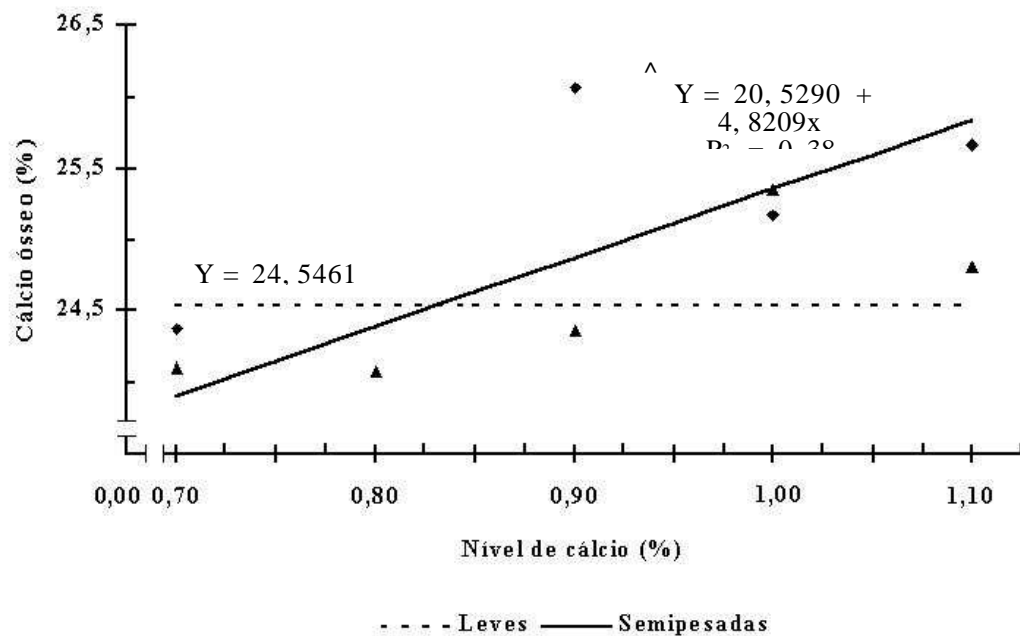


Figura 3 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre o cálcio ósseo de aves de reposição leves e semipesadas.

3.2 - Exigência nutricional de fósforo disponível

Pelos resultados de desempenho e de parâmetros ósseos de aves submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível (Tabela 7), pode-se observar que dentre as variáveis estudadas, o consumo de ração, a resistência e a cinza óssea não foram influenciados pelos tratamentos.

Ao observar o ganho de peso, nota-se que independente do tipo de ave, tanto níveis altos quanto níveis baixos de fósforo disponível na ração foram prejudiciais para o desempenho das aves, o que fez com que a resposta apresentasse forma quadrática ($P < 0,05$). As aves leves tiveram o ganho de peso maximizado (7,83 g/ ave/ dia) ao nível de 0,420% de fósforo disponível, e as aves semipesadas, o maior ganho de peso (8,77 g/ ave/ dia) foi encontrado no nível de 0,423 % (Tabela 8 e Figura 4).

Uma vez que não houve diferença no consumo de ração, o ganho de peso de aves leves foi o principal parâmetro a afetar de forma linear decrescente a conversão alimentar (Tabela 8 e Figura 5). A conversão alimentar de aves semipesadas não foi afetada de forma significativa ($P < 0,05$). Estes resultados, discordam dos obtidos por Scott et al. (1976), citados por CAREW e FOSS (1980), que observaram que com a redução de 0,41% de P disponível para 0,35 ou 0,30%, no período de 0 a 8 semanas, o ganho de peso e o consumo de ração foram reduzidos, enquanto que a conversão alimentar não foi afetada.

Apesar do consumo de ração não ter sido diferente entre os tratamentos, o consumo de fósforo foi aumentando a medida que o nível deste aumentou na ração. Assim, a ave tinha condições nutricionais para manter padrão de resistência óssea, ao mesmo tempo que tinha fósforo suficiente para o crescimento corporal, uma vez que não houve efeito significativo sobre os parâmetros ósseos. Os resultados encontrados contradizem os obtidos por

BAILEY et al. (1986), sendo que, quando o osso não é bem formado, além de problemas de perna, ocorre redução do ganho de peso.

Tabela 7 - Efeitos dos níveis nutricionais de fósforo disponível sobre o desempenho e parâmetros ósseos de aves de reposição leves (L) e semipesadas (SP) de 0 a 6 semanas de idade

Fósforo disponível (%)	Consumo de ração (g/ ave/ dia)		Ganho de peso (g/ ave/ dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Resistência óssea (kgf/ mm)		Cinza óssea (%)		Fósforo ósseo (%)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,30	28,85	28,78	7,33	8,33	3,94	3,46	5,30	6,32	41,92	40,24	5,62	7,42
0,35	29,31	28,23	7,55	8,55	3,88	3,31	5,36	5,94	39,18	43,24	5,50	7,01
0,40	29,87	29,38	7,80	8,85	3,82	3,32	5,48	6,49	40,20	38,49	5,88	7,45
0,45	28,49	27,41	7,91	8,70	3,61	3,15	5,43	6,49	39,98	41,35	5,26	7,95
0,50	27,47	30,00	7,53	8,61	3,66	3,48	5,08	6,43	39,20	41,80	5,35	7,93
Média ¹	28,80	28,76	7,62 b	8,61 a	3,78 b	3,34 a	5,33b	6,33a	40,10	41,02	5,52b	7,55a
Efeito	NS	NS	Q*	Q ^{#1}	L ^{#2}	NS	NS	NS	NS	NS	NS	L*
C. V. (%)	7,884		3,561		8,216		7,512		5,698		5,942	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; L - efeito linear; NS efeito não-significativo; * (P<0,05); ** (P<0,01), ^{#1} (P<0,059), ^{#2} (P<0,08). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

Tabela 8 - Exigência de fósforo disponível para aves de reposição leve (L) e semipesada (SP), considerando parâmetros de desempenho e ósseo

Parâmetro	Equação	R ²	Máx/ mín	Exigências	
				(%)	(% Mal EM)
GP	$Y = 1,0319 + 32,4015x - 38,5898x^2$	0,88	7,83	0,420	0,145
L	$Y = 3,3520 + 25,6315x - 30,2852x^2$	0,89	8,77	0,423	0,146
SP					
CA	$Y = 4,4511 - 1,6736x$	0,85	---	≥0,50	---
L					
P ósseo	$Y = 5,9801 + 3,9275x$	0,62	---	≥0,50	---
SP					

GP – ganho de peso (g/ ave/ dia); CA – conversão alimentar (g: g); P ósseo – fósforo no osso (%).

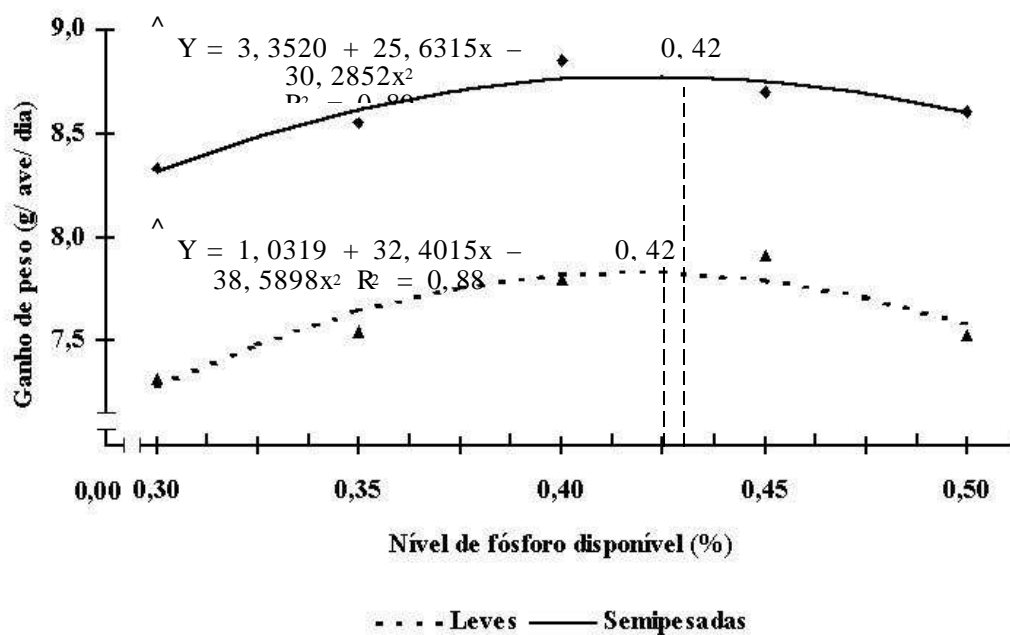


Figura 4 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o ganho de peso de aves de reposição leves e semipesadas.

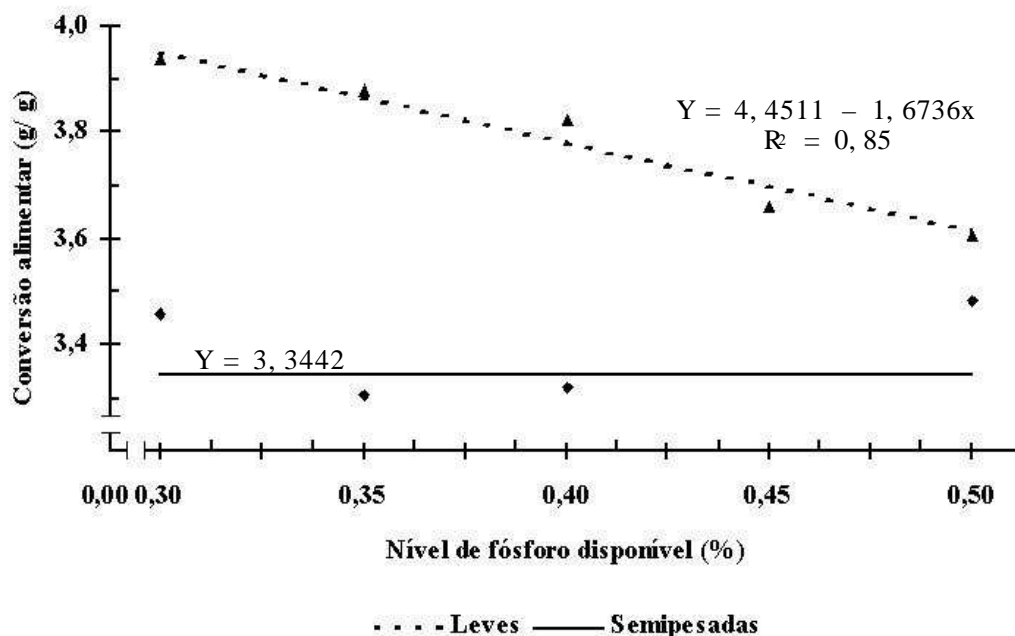


Figura 5 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves e semipesadas.

Comparando-se aves leves e semipesadas verificou-se que os resultados de consumo de ração e cinza óssea não apresentaram diferenças ($P > 0,05$). Porém, ganho de peso, conversão alimentar, resistência óssea e fósforo no osso, de aves semipesadas, apresentaram em média melhores resultados do que aves leves, pelo teste de F, mostrando melhor utilização do fósforo para a formação óssea.

Cálcio e fósforo se interagem, de forma que o excesso ou diminuição de um deles pode afetar a utilização do outro pelo corpo animal. Assim, a relação cálcio e fósforo é em torno de 2: 1, e varia pouco (SCOTT et al., 1982). Uma vez que as rações utilizadas nos tratamentos mantiveram a mesma quantidade de cálcio, variando somente os níveis de fósforo disponível, houve uma alteração da relação cálcio: fósforo, o que fez com que a medida que houve um aumento do

fósforo na ração, a relação entre os minerais fosse reduzindo, fazendo com que houvesse um maior aproveitamento do fósforo para deposição óssea. Isto, provavelmente foi a causa do efeito linear crescente para fósforo no osso para aves semipesadas (Figura 6). Entretanto, tal situação não foi observada para aves leves, provavelmente pelo fato de que a proporção entre cálcio e fósforo não tem efeito tão pronunciado para aves leves devido ao ritmo de crescimento ser menor.

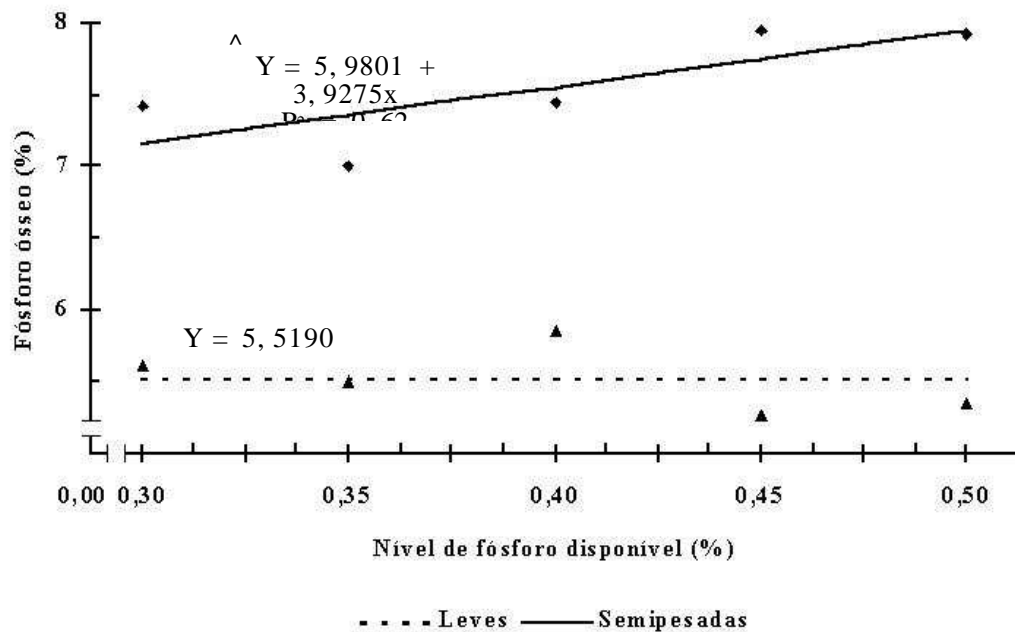


Figura 6 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o fósforo ósseo de aves de reposição leves e semipesadas.

4 - RESUMO E CONCLUSÕES

Foram utilizados 1440 aves, sendo 720 Hy Line W86 e 720 Hy Line Brown, subdivididas em quatro experimentos, dois para determinação das exigências de cálcio (aves leves e semipesadas) e dois para as exigências de fósforo disponível (aves leves e semipesadas). Em cada experimento, foram utilizadas 180 aves, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, quatro repetições, 18 aves/ unidade experimental. Para determinar as exigências de cálcio utilizou-se uma ração basal, deficiente em cálcio e suplementada com calcário em substituição ao material inerte, de forma a obter 0,70; 0,80; 0,90; 1,00 e 1,10% de cálcio. Para determinar a exigência de fósforo disponível, utilizou-se uma ração basal deficiente em fósforo disponível, suplementada com fosfato bicálcico e calcário em substituição ao material inerte de forma a obter 0,30; 0,35; 0,40; 0,45 e 0,50% de fósforo disponível. Nos quatro experimentos todas as rações foram isoprotéicas (18% PB) e isoenergéticas (2900 kcal de EM). Além disto, nos experimentos de cálcio as rações foram isofosfóricas (0,40% P disponível) e nos

experimentos de fósforo foram isocálcicas (0,90% de cálcio). As variáveis avaliadas foram consumo de ração (g/ave/dia), ganho de peso (g/ave/dia), conversão alimentar (g:g), resistência do osso à quebra (kgf/mm), cinza óssea (%) e nutriente no osso (%). As exigências de cálcio e de fósforo disponível foram estimadas através de modelos de regressão polinomial. As estimativas de exigências de cálcio variaram entre 0,937% (0,323% Mcal EM) e 1,10% (0,379% Mcal EM) para aves leves e 0,895% (0,309% Mcal EM) a 1,10% (0,379% Mcal EM) para aves semi pesadas. Enquanto que as exigências de fósforo disponível variaram de 0,420% (0,145% Mcal EM) a 0,50% (0,172% Mcal EM) para aves leves e 0,423% (0,145% Mcal EM) e 0,50% (0,172% Mcal EM) para aves semi pesadas. Entretanto, respeitando as respostas biológicas obtidas por ambos tipos de aves para as características de desempenho e parâmetros ósseos, pode-se definir as exigências nutricionais de cálcio em 0,937% (0,323% Mcal de EM) ou 277 mg de cálcio/ave/dia para aves leves e 0,961% (0,331% Mcal de EM) ou 274 mg/ave/dia para aves semi pesadas, e as exigências nutricionais de fósforo disponível em 0,420% (0,145% Mcal de EM) ou 122 mg/ave/dia para aves leves e 0,423% (0,146% Mcal de EM) 120 mg/ave/dia para aves semi pesadas.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES DE REPOSIÇÃO LEVES E SEMIPESADAS DE 7 A 12 SEMANAS DE IDADE

1 - INTRODUÇÃO

Um bom programa de alimentação é essencial para o desempenho das poedeiras, em qualquer das fases de vida, e portanto é necessário que os valores das exigências nutricionais sejam o mais próximo possível das necessidades dos animais. Para estabelecer programa de alimentação há necessidade constante de estimar as exigências nutricionais, pois freqüentemente novos materiais genéticos são lançados no mercado prometendo maior eficiência de produção.

Estudos com cálcio e com fósforo têm sido baseados em ganho de peso, conversão alimentar, cinza e resistência óssea (BAILEY et al. 1986), sendo que a exigência para otimizar desempenho das aves é inferior à exigência para maximizar a resistência óssea (ROSTAGNO et al.,1996). As aves, geralmente,

têm a capacidade de regular o consumo de cálcio em função do seu requerimento (SILVA, 1990b). Deste modo, em rações com altos níveis de cálcio há redução do consumo (TAHER et al., 1984), e isto pode alterar o tamanho corporal, e conseqüentemente afetar o desempenho. GILBERT et al. (1981) observaram redução do consumo com redução do cálcio da ração. Entretanto, LEESON e SUMMERS (1997) não observaram diferenças no tamanho estrutural do corpo em termos absoluto.

Ao fazer comparação entre as diversas tabelas de exigências nutricionais, observou-se grande variação entre as recomendações nutricionais, e isto demonstra que não existe concordância entre os diversos autores sobre as necessidades das aves de reposição, para desenvolvimento normal. O NRC (1994), recomenda exigência de 0,800% de cálcio e 0,350% de fósforo, enquanto que ROSTAGNO et al. (1983) recomendam 0,870% de cálcio e 0,435% de fósforo disponível.

Os objetivos do presente trabalho foram estabelecer as exigências nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas, de 7 a 12 semanas de idade, bem como os efeitos dos diferentes níveis de cálcio e de fósforo disponível da fase de recria sobre a produção de ovos.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local e duração

O presente trabalho foi conduzido no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a setembro de 1999. O abate das aves e o processamento das pernas foram executados no próprio aviário. Entretanto, a análise de resistência óssea foi feita no laboratório de celulose e papel e, as análises de composição óssea foram feitas no laboratório de nutrição animal.

2.2 - Animais e instalação utilizada e manejo geral

Foram utilizados 1280 aves, sendo 640 aves da marca comercial Hy Line W36 e 640 aves Hy Line Brown, subdivididas em quatro experimentos, dois para a determinação das exigências de cálcio e dois para as exigências de fósforo disponível. Os experimentos foram divididos em duas fases, sendo a primeira a fase de recria, onde as aves foram alojadas em galpão de alvenaria, telados, coberto com telhas de barro, e subdivididos em boxes de 1,00 x 2,10 m e a segunda, a fase de produção de ovos, onde as aves foram alojadas em

galpão de gaiola, sendo que cada gaiola era composta de quatro divisória de 25 x 40 x 45 cm

O manejo geral das aves foi de acordo com os manuais das marcas comerciais (HY LINE W36, 1997 E HY LINE BROWN, 1995). As aves foram criadas em galpão convencional até a sexta semana de idade e transferidas logo após para o galpão experimental. O período experimental foi de 7 a 12 semanas e o programa de vacinação adotado (Tabela 1) seguiu as recomendações de SANTOS et al. (1997). Após o término do período experimental (12 semanas de idade), as aves foram identificadas de acordo com o tratamento recebido, e recriadas em galpão de gaiolas até o início da postura, onde foram distribuídas dentro do peso médio do tratamento, para verificar os possíveis efeitos dos níveis de cálcio e de fósforo disponível na fase de recria sobre os parâmetros produtivos na fase de produção de ovos.

As temperaturas foram registradas diariamente, por meio de termômetros de máxima e de mínima, onde as leituras foram obtidas as 8 e as 18 horas (Tabela 2).

Tabela 1 – Programa de vacinação utilizado

Dia	Vacina – via de aplicação		
	Incubatório	Marek, Buba e Gunboro – Subcutânea	
10 dias		Newcastle – ocular	
30 dias		Newcastle – água de bebida	
35 dias		Coriza - intramuscular	
56 dias		Buba aviária – asa	
56 dias		Coriza - intramuscular	
75 dias		Newcastle - ocular	

Fonte: SANTOS et al. (1997)

Tabela 2 – Temperatura registrada no período de 43 a 84 dias de idade

Período	Temperatura	
	Máxima	Mínima

(di as)	Absol ut a	MÉ di a	Absol ut a	MÉ di a
43 a 49	30	27	19	21
50 a 56	29	26	18	21
57 a 63	30	28	17	21
64 a 70	30	29	21	22
71 a 77	30	29	20	23
78 a 84	30	26	17	20
MÉ di a	---	27, 5	---	21, 0

2.3 - Rações experimentais

As rações experimentais utilizadas foram, a base de milho e farelo de soja (Tabela 3), formuladas de forma a atender as exigências nutricionais segundo ROSTAGNO et al. (1994) e NRC (1994), exceto para cálcio na determinação das exigências de cálcio e para fósforo na determinação da exigências de fósforo disponível. As rações continham 16 % de proteína bruta e 2900 kcal de EM/ kg de ração. Na fase de produção de ovos, independente dos tratamentos recebidos durante a fase de cria, as aves foram submetidas a uma ração única, a base de milho e farelo de soja, de forma a conter 16% de proteína bruta e 2800 Kcal de energia metabolizável.

Nos experimentos para a determinação do cálcio, as aves foram submetidas a ração deficiente em cálcio e suplementadas com calcário, em substituição ao material inerte, obtendo-se assim cinco níveis (0,60; 0,70; 0,80; 0,90 e 1,00 %) de cálcio na ração. Desta forma, as rações foram isoprotéicas, isoenergéticas e isofosfórica. Enquanto que para os experimentos de determinação do fósforo disponível as aves foram submetidas a ração basal deficiente em fósforo e suplementadas com fosfato bicálcico e calcário, em substituição ao material inerte, obtendo-se assim cinco níveis (0,25; 0,30; 0,35; 0,40 e 0,45 %) de fósforo disponível na ração. Assim, as rações foram isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas.

Tabela 3 - Rações utilizadas para se determinar as exigências de cálcio (Ração 1) e fósforo disponível (Ração 2) para aves de reposição leves e semipesadas de 7 a 12 semanas de idade e ração

utilizada para estudar os efeitos na fase de produção (Ração 3)

Ingrediente	Ração 1	Ração 2	Ração 3
Milho	70,345	70,345	62,449
Farelo de Soja	21,595	21,595	23,013
Calcário	0,516	1,374	8,400
Fosfato Bicálcico	1,340	0,799	1,256
DL – Metionina	0,080	0,080	0,146
Sal comum	0,278	0,278	0,367
Cloreto de colina 60%	0,040	0,040	0,020
Vitamina ¹	0,100	0,100	0,100
Minerais ²	0,050	0,050	0,050
Virginamicina ³	0,050	0,050	---
Anticoccidiano ⁴	0,035	0,035	---
Antioxidante ⁵	0,010	0,010	0,010
Inerte (areia lavada)	5,562	5,244	2,663
TOTAL	100,000	100,00	100,00
Composições Calculadas			
Energia Metabolizável (Kcal/ kg)	2900	2900	2800
Proteína bruta (%)	16,00	16,00	16,00
Metionina (%)	0,339	0,339	0,400
Metionina + Cistina (%)	0,615	0,615	0,671
Lisina (%)	0,789	0,789	0,810
Treonina (%)	0,574	0,574	0,578
Triptofano (%)	0,201	0,201	0,204
Cálcio (%)	0,600	0,800	3,580
Fósforo disponível (%)	0,350	0,250	0,330
Sódio (%)	0,145	0,145	0,180
Ácido linoléico (%)	1,383	1,383	2,051

¹ Rovi mix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 10.000.000 UI; vitamina B1 - 2.000.000 UI; vitamina B2 - 30.000 UI; vitamina B12 - 2,0g; vitamina B6 - 4,0 g; Ac Pantotênico - 12,0g; Biotina - 0,10g; Vitamina K3 - 3,0 g; Ácido fólico - 1,0 g; Ácido nicotínico - 50,0 g; Vitamina B12 - 15.000 mcg; Selênio - 0,25 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

² Rologonix (Roche) - Níveis de garantia por quilo de produto: Manganês 16,0 g; Ferro - 100,0 g; Zinco - 100,0 g; Cobre - 20,0 g; Cobalto - 2,0 g; Iodo - 2,0 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

³ Stafac® - 50 %

⁴ Coxistac® (Salinomicina) - 12 %

⁵ Hidroxi Butil Tolueno.

As aves, independentes do experimento e da fase de vida (recria ou produção de ovos), receberam ração e água à vontade durante todo o período experimental.

2.4 - Parâmetros avaliados

As aves foram pesadas no início e no término do experimento (seis e doze semanas) para determinar o ganho de peso. A diferença entre a quantidade de ração fornecida e a sobra obtida foi usada para determinar o consumo de ração e a conversão alimentar.

Além dos parâmetros de desempenho foram avaliados parâmetros ósseos. Ao término do período experimental, duas aves por unidade experimental foram abatidas, por meio de deslocamento cervical, para a retirada da tíbia e posterior análises de resistência óssea, de cinzas, de cálcio e de fósforo no osso. Foi utilizada como padrão a tíbia direita, sendo que a tíbia esquerda foi armazenada em freezer, de forma a ter uma contra amostra no caso de necessidade.

Na fase de produção de ovos o período experimental durou oito semanas, e foi subdividido em dois períodos de quatro semanas, onde avaliou-se o consumo de ração (g/ave/dia), a produção de ovos (%), o peso médio dos ovos (g), a massa de ovo (g de ovo/ave/dia) e a conversão alimentar (g de ração/g de ovo e kg de ração/dúzia de ovo).

Para obtenção do peso médio dos ovos e consequentemente a massa de ovo, os ovos dos últimos quatro dias de cada período experimental foram coletados em separados, de acordo com a unidade experimental, e pesados diariamente. O peso médio dos ovos coletados durante os últimos quatro dias foi considerado como a média do período experimental.

As análises para determinação dos teores de cinzas, de cálcio e de fósforo nos ossos (tíbias) foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1990a), e os parâmetros de resistência óssea foram determinados no osso “in natura”, em prensa INSTRON- modelo 4204, pertencente ao Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

Após as análises de resistência óssea, os ossos foram desengordurados em extrator tipo “Soxlet” e colocados em estufa a 55 °C durante uma hora, sendo triturados logo após para análises de cálcio e de fósforo.

2.5 – Análises estatísticas

Em ambos os experimentos, as aves foram distribuídas num delineamento inteiramente ao acaso, em cinco tratamentos, quatro repetições e 16 aves por unidade experimental, para a fase de recria, e oito aves por unidade experimental para a fase de produção de ovos. As aves, na fase de recria, foram distribuídas com peso médio de 380g e 450g, respectivamente para aves leves e semipesadas.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram feitas usando programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997). Onde foi feita análise de variância com posterior uso de regressão polinomial, para cada variável estudada, além do teste de F na comparação de médias dos tratamentos entre aves leves e semipesadas.

O modelo estatístico utilizado para ambos os experimentos foi

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + P_j + N_i/P_j + E_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = parâmetro observado na unidade experimental k , do nível de cálcio ou fósforo disponível i , dentro do tipo de ave j ;

μ = média geral observada;

N_i = efeito do nível de nutriente (cálcio ou fósforo disponível) i , $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

P_j = efeito do tipo de ave de reposição j , $j =$ leve ou semipesada;

N_i/P_j = efeito do nível de nutriente i , dentro do tipo de ave j ;

E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Exigência nutricional de cálcio

3.1.1 - Fase de crescimento

Os resultados de desempenho das aves na fase de 7 a 12 semanas de idade encontram-se na Tabela 4.

Observa-se que os diferentes níveis de cálcio não influenciaram o consumo de ração, a resistência óssea, o teor de cinza e o teor de cálcio ósseo. Entretanto, observa-se que na média dos tratamentos, as aves semipesadas tiveram maiores valores de consumo de ração, de ganho de peso, de resistência óssea e menor conversão alimentar e teor de cinza óssea, do que as aves leves, pelo teste F.

Para ganho de peso verificou-se maximização do ganho (12,43 g) ao nível de 0,799 % de cálcio para aves leves, enquanto que para aves semipesadas, o maior ganho (15,25 g) foi obtido com 0,769% de cálcio (Tabela 5 e Figura 1). Estes resultados foram suficientes para afetar a conversão alimentar, sendo estas minimizadas (3,90 e 3,50) aos níveis de 0,778% e 0,815% de cálcio, respectivamente, para aves leves e semipesadas (Tabela 5 e Figura 2). Observa-se

Tabela 4 - Efeitos dos níveis nutricionais de cálcio sobre o desempenho e parâmetros ósseos de aves de reposição leves (L) e semipesadas (SP) de 7 a 12 semanas de idade

Cálcio (%)	Consumo de ração (g/ ave/ dia)		Ganho de peso (g/ ave/ dia)		Conv. aliment ar (g: g)		Resistência óssea (kgf/ mm)		Cinza óssea (%)		Cálcio ósseo (%)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
	0,60	48,40	55,34	12,10	15,00	4,00	3,69	9,62	12,60	44,03	41,54	22,48
0,70	47,98	53,39	12,24	15,24	3,92	3,50	10,20	12,02	43,97	42,08	23,37	22,54
0,80	49,85	53,98	12,64	15,33	3,94	3,52	10,32	13,21	43,06	44,12	22,30	23,26
0,90	47,62	53,03	12,19	14,99	3,91	3,54	9,70	11,65	44,81	41,26	23,24	22,47
1,00	49,40	53,82	12,12	14,88	4,08	3,62	10,58	12,23	43,73	43,49	22,92	21,16
Mé dia ¹	48,65	53,91a	12,26	15,09a	3,97b	3,57a	10,08b	12,34a	43,92a	42,50b	22,86	22,53
Efeito	NS	NS	Q*	Q*	Q [#]	Q*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C. V.	3,300		2,093		3,424		7,505		2,898		8,449	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; L - efeito linear; NS efeito não-significativo; * (P<0,05), [#](P<0,078). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

Tabela 5 – Exigência de cálcio para aves de reposição leve (L) e semipesada (SP), considerando parâmetros de desempenho (crescimento e produção) e ósseo

Parâmetro	Equação	R ²	Máx/ mín	Exigências		
				(%)	(% EM)	Mal
GP	$Y = 6,6252 + 14,5541x - 9,1042x^2$	0,59	12,43	0,79	0,276	
L	$Y = 10,4843 + 12,4096x - 8,0668x^2$	0,82	15,25	0,76	0,265	
SP						
CA	$Y = 5,8088 - 4,8940x + 3,1461x^2$	0,81	3,90	0,77	0,268	
L						
SP	$Y = 6,0117 - 6,1715x + 3,7874x^2$	0,88	3,50	0,81	0,281	
CRp	$Y = 212,3130 - 268,0160x + 171,3850x^2$	0,83	107,5	0,78	0,270	
SP						
PO	$Y = 30,1205 + 143,5390x - 91,6126x^2$	0,67	86,35	0,78	0,270	
SP						
MO	$Y = 8,2512 + 85,3655x - 51,1775x^2$	0,75	43,85	0,83	0,288	
L						
CAG	$Y = 5,2058 - 7,8755x + 5,1339x^2$	0,87	2,19	0,76	0,265	
SP						
CAdz	$Y = 4,0150 - 6,4363x + 4,1110x^2$	0,96	1,50	0,78	0,270	
SP						

GP – ganho de peso (g/ ave/ dia); CA – conversão alimentar (g: g); CRp - consumo de ração fase de produção (g/ ave/ dia); PO – produção de ovos (%); MO – massa de ovo (g de ovo/ ave/ dia); CAG – conversão alimentar fase produção (g ração: g ovo/ ave/ dia); CAdz – conversão alimentar fase de produção (kg ração: dúzia de ovo).

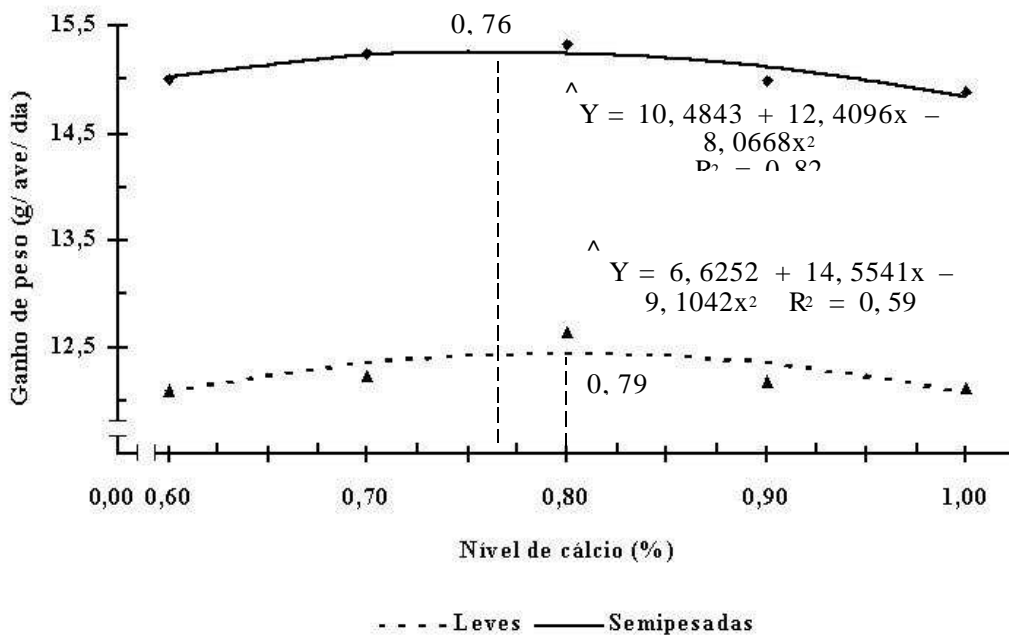


Figura 1 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre o ganho de peso de aves de reposição leves e semipesadas.

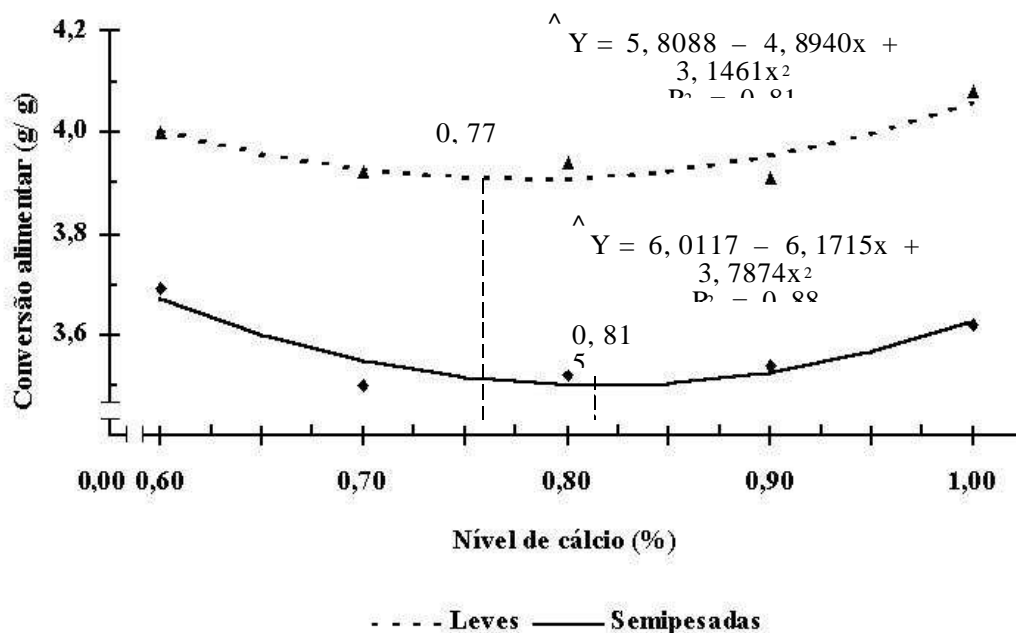


Figura 2 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves e semipesadas.

que a exigência de cálcio para minimizar a conversão alimentar foi superior a exigência para máximo ganho de peso, independente do tipo de ave. NARVÁEZ et al. (1997) observaram que as exigências para conversão alimentar são superiores às exigências para todos os outros parâmetros produtivos, exceto para resistência óssea. Embora tenha havido efeito significativo ($P < 0,05$) para ganho e conversão alimentar, observa-se que o consumo de ração não foi afetado. Com o aumento do nível de cálcio na ração verificou-se maior consumo de cálcio, e isto proporcionou efeito quadrático para ganho de peso e conversão alimentar.

Não houve diferenças significativas entre os parâmetros ósseos, mesmo quando as aves eram alimentadas com baixo níveis de cálcio na ração.

Provavelmente, isto ocorreu pelo fato de, que em rações deficientes, há melhor aproveitamento do cálcio, pelo aumento da eficiência de absorção intestinal (HAMILTON e CIPERA, 1981). Por outro lado, com o aumento dos níveis de cálcio houve redução do aproveitamento do cálcio pela ave, o que fez com que os parâmetros ósseos estudados não diferissem entre si (Tabela 4). Existem duas vias de absorção de cálcio, a saturável e a não saturável (BRONNER, 1987). No processo saturável há dependência das proteínas ligadoras de cálcio, cuja quantidade nas células epiteliais é pouco variável, assim, em menores quantidade de cálcio, a relação cálcio: proteína ligadora é maior, o que faz com que haja maior digestibilidade.

Em aves adultas, dieta deficiente em cálcio causam maior mobilização óssea, e os ossos se tornam porosos, tornando-os menos resistente à quebra. Em frangas, isto não é totalmente verdadeiro, a não ser que haja grande deficiência, pois as aves possuem demanda de cálcio quase que exclusivamente para formação óssea (SCOTT et al., 1982), uma vez que cerca de 90% do tamanho corporal da franga, é atingido por volta da 12^a a 16^a semanas de idade (LEESON e SUMMERS, 1997). De acordo com ZOLLITSCH et al. (1996), a mobilização óssea de cálcio ou de fósforo, somente comprometerá a resistência, em caso de deficiência prolongada.

KESHAVARZ (1986) observou que aves jovens são menos susceptíveis aos efeitos de altos níveis de cálcio do que aves mais velhas. LEESON et al. (1986) encontraram que o aumento de cálcio em aves imaturas resulta em aumento da retenção de cálcio, o qual seria utilizado para a mineralização óssea por meio da mineralização da medula.

3.1.2 - Fase de produção de ovos

Os efeitos dos diferentes níveis de cálcio da recria, sobre os parâmetros produtivos na fase de produção de ovos, podem ser verificados na Tabela 6.

Observou-se para aves leves que o consumo de ração, a produção de ovos, o peso médio dos ovos e a conversão alimentar (g/g e kg/dz), não foram afetados de forma significativa ($P > 0,05$) pelos níveis de cálcio utilizados na fase de crescimento. Por outro lado, a massa de ovo foi afetada de forma significativa

Tabela 6 - Parâmetros produtivos de poedeiras leves (L) e semipesadas (SP), submetidas a diferentes níveis de cálcio de 7 a 12 semanas de idade

Cálcio (%)	Consumo ração (g/ ave/ dia)		Produção ovos (%)		Peso médio ovos (%)		Massa de ovo (g ovo/ ave dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Conv. alimentar (kg/ dz)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,60	97,08	114,08	81,86	83,63	50,66	58,04	41,44	48,53	2,34	2,35	1,43	1,64
0,70	96,27	106,56	82,29	84,37	51,20	58,34	42,17	49,19	2,29	2,17	1,41	1,52
0,80	99,26	108,69	85,43	88,11	51,21	56,75	43,74	50,00	2,27	2,18	1,39	1,48
0,90	98,30	110,57	85,79	84,04	51,82	56,28	44,45	47,31	2,21	2,34	1,38	1,58
1,00	98,45	115,17	82,81	82,28	50,74	57,50	42,03	47,30	2,34	2,44	1,43	1,68
Mé dia	97,87 b	111,01a	83,64	84,49	51,13 b	57,38a	42,77b	48,47a	2,29	2,29	1,41a	1,58b
Efeito	NS	Q*	NS	Q*	NS	NS	Q*	NS	NS	Q*	NS	Q*
C. V. (%)	4,342		3,652		1,934		3,725		5,694		5,766	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; L - efeito linear; NS efeito não-significativo; * (P<0,05).

($P < 0,05$) aumentando até o nível de 0,834% de cálcio, o que fez com que as aves tivessem uma produção máxima de 43,85 g de ovo/ ave/ dia (Tabela 5 e Figura 3).

As aves semipesadas não apresentaram diferenças significativas no peso médio dos ovos e na massa de ovo (Tabela 6), enquanto que houve máximo consumo de ração (107,53 g) ao nível de 0,782 % de cálcio (Figura 4), máxima produção de ovos (86,35 %) com 0,783% (Figura 5) e mínima conversão alimentar (2,19 g/ g e 1,50 kg ração/ dúzia ovo), com 0,767 e 0,783% de cálcio (Figura 6, Figura 7 e Tabela 5).

Ao comparar os parâmetros produtivos, das aves leves e das aves semipesadas, verificou-se que na média, as aves semipesadas apresentaram consumo de ração, peso médio dos ovos, massa de ovos e conversão alimentar (kg/ dz) maiores do que aves leves, pelo teste F ($P < 0,05$), enquanto que a produção de ovos e a conversão alimentar (g/ g) não diferiram entre os tipos de aves.

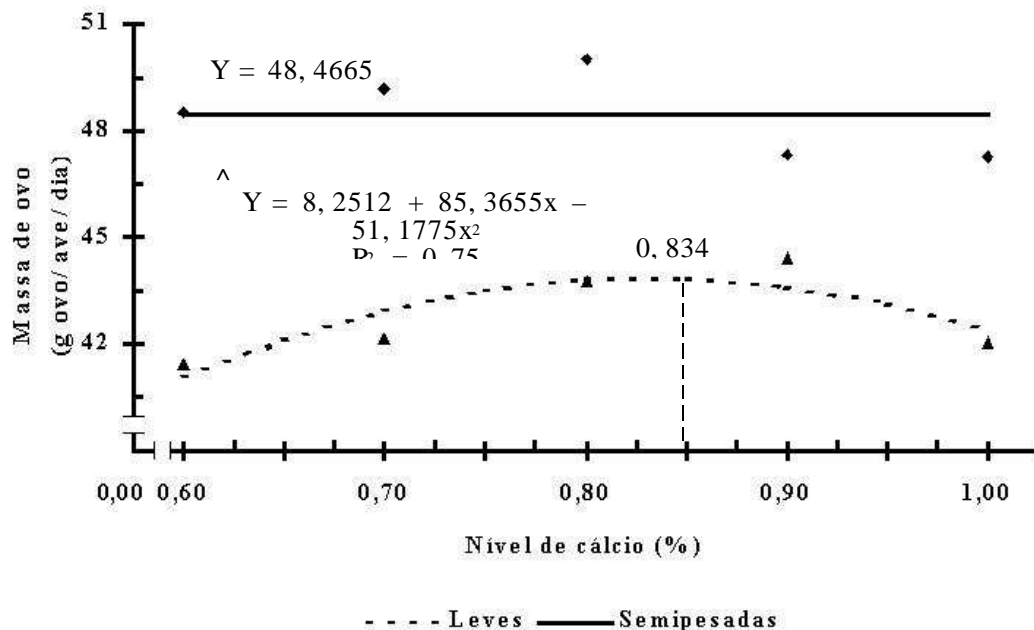


Figura 3 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 7 a 12 semanas sobre a massa de ovo.

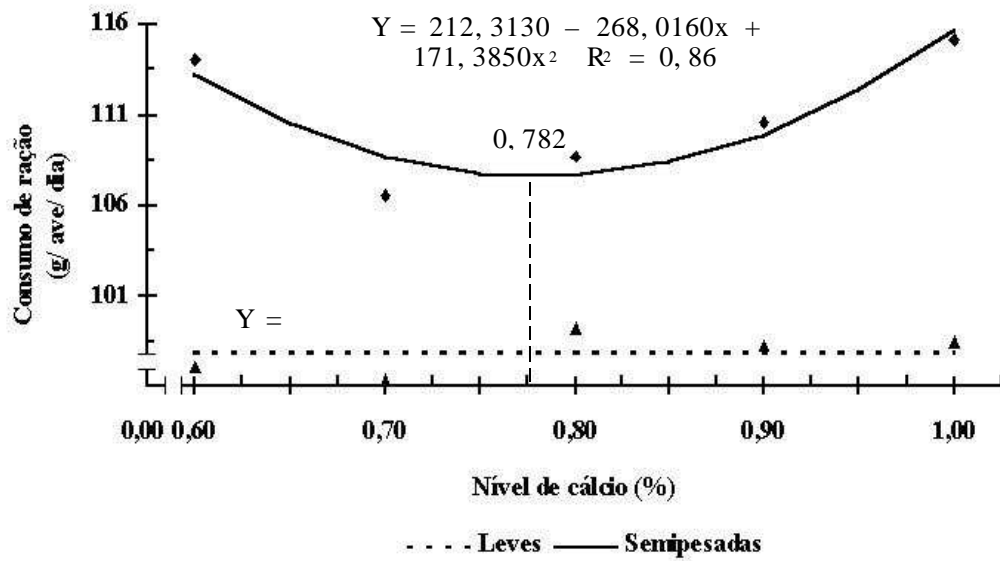


Figura 4 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 7 a 12 semanas, sobre o consumo de ração na fase de produção de ovos.

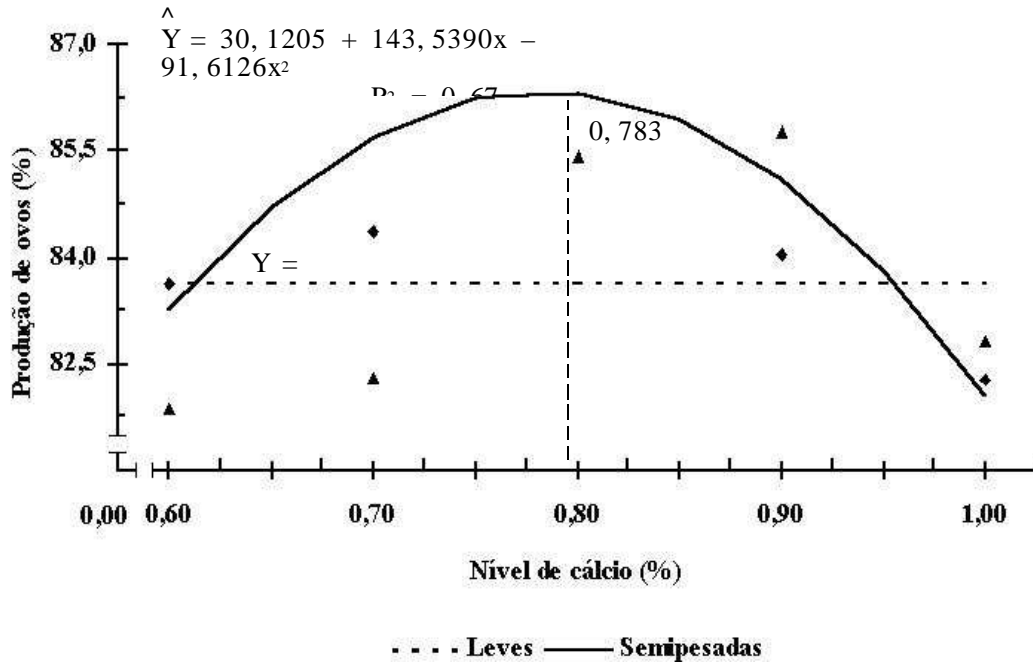


Figura 5 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 7 a 12 semanas, sobre a produção de ovos.

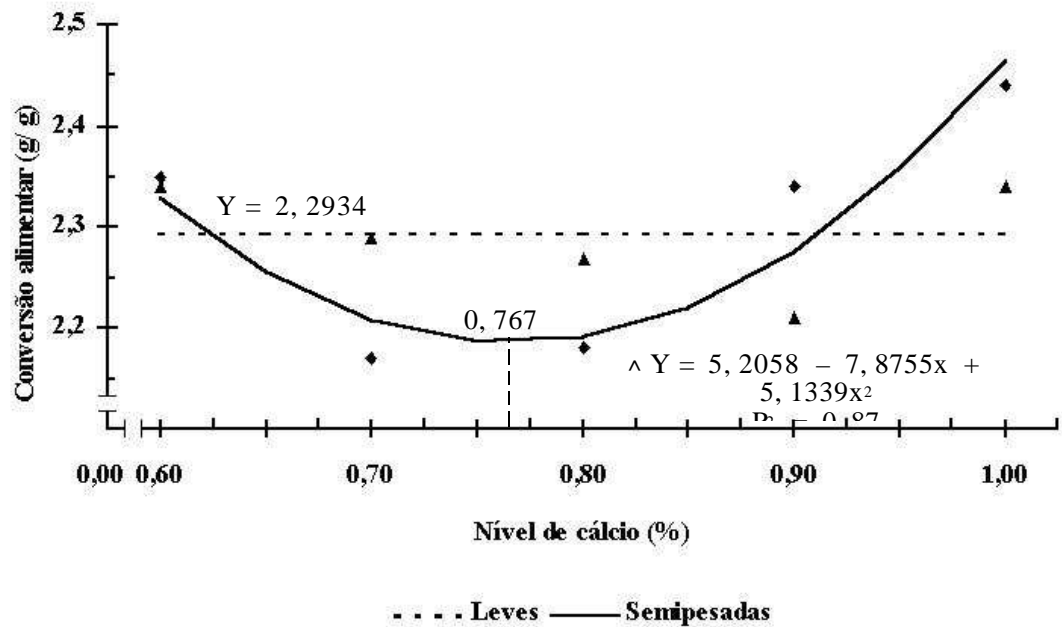


Figura 6 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 7 a 12 semanas sobre a conversão alimentar (g/g) na fase de produção.

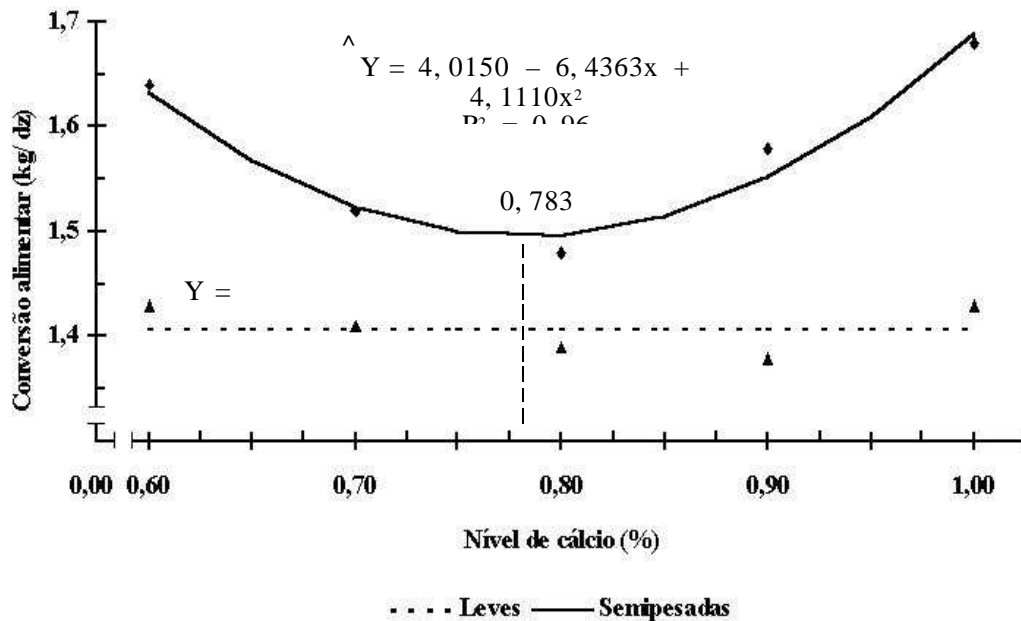


Figura 7 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 7 a 12 semanas sobre a conversão alimentar (kg/dz) na fase de produção.

3.2 - Exigência nutricional de fósforo disponível

3.2.1 - Fase de crescimento

Os resultados dos diferentes níveis de fósforo disponível nas rações, sobre o desempenho e características ósseas de aves de reposição leves e semipesadas, são apresentados na Tabela 7. Observou-se efeito não significativo ($P > 0,05$) para conversão alimentar, resistência óssea e cinza óssea de aves leves, e consumo de ração, conversão alimentar e cinza óssea de aves semipesadas.

Para aves leves o máximo consumo de ração (49,34 g) obtido ao nível de 0,366% de fósforo disponível (Tabela 8 e Figura 8), não foi suficiente para influenciar a conversão alimentar. No entanto, este máximo consumo fez com que o ganho de peso fosse afetado de forma significativa, pois houve máximo ganho (12,48 g) com 0,373% de fósforo disponível na ração (Tabela 8 e Figura 9). Ao mesmo tempo é observado que em termos percentuais, a exigência para máximo consumo, não foi suficiente para obter maior ganho, e isto pode ser comprovado ao fazer a relação do nível de cálcio na ração necessário para cada parâmetro. Com o consumo de 49,34g (Tabela 7) a ave ingeriu 181 ng de cálcio, enquanto que para o maior ganho de peso a ave necessitou consumir 49,29 g de ração, originando ingestão de 184 ng de cálcio. Apesar das diferenças na quantidade de cálcio ingerida ser pequena, observou-se que em termos percentuais, esta diferença é maior, o que mostra que a ave ajusta o consumo de cálcio de acordo com a sua necessidade, ao mesmo tempo em que as exigências de aves de reposição também deveriam ser expressas em gramas ou miligramas por ave dia.

Salim (1981), citado por TAHER et al. (1984), trabalhando com poedeiras, observou que as aves consumiram quantidade maior de ração em função dos baixos níveis de cálcio na ração, de forma a ingerir quantidade adequada de cálcio para manter as funções metabólicas normais. No entanto,

estes mesmos autores verificaram ainda que em rações com níveis muito baixo de cálcio, as aves não conseguiam consumir a quantidade adequada de ração, de forma a atender as necessidades adequadas do mineral.

Tabela 7 - Efeitos dos níveis nutricionais de fósforo disponível sobre o desempenho e parâmetros ósseos de aves de reposição leves (L) e semipesadas (SP) de 7 a 12 semanas de idade

Fósforo disponível (%)	Consumo de ração (g/ ave/ dia)		Ganho de peso (g/ ave/ dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Resistência óssea (kgf/ mm)		Cinza óssea (%)		Fósforo ósseo (%)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,25	46,02	51,55	12,05	14,28	3,82	3,61	9,47	11,47	43,42	42,95	10,86	12,45
0,30	48,60	51,91	12,25	14,45	3,97	3,59	9,89	12,56	44,88	42,81	13,06	13,07
0,35	49,29	50,94	12,54	14,66	3,93	3,47	9,95	14,17	43,97	42,41	13,31	12,35
0,40	48,77	51,83	12,45	14,47	3,92	3,58	9,63	12,70	44,48	41,72	11,82	13,49
0,45	47,80	51,92	12,30	14,32	3,87	3,62	9,33	12,37	44,09	42,87	9,67	10,87
Média ¹	48,10 b	51,63a	12,32 b	14,44a	3,90 b	3,58a	9,65b	12,66a	44,17a	42,55b	11,74b	12,45a
Efeito	Q*	NS	Q*	Q*	NS	NS	NS	Q*	NS	NS	Q*	Q*
C. V. (%)	3,664		2,028		3,871		7,892		2,178		8,407	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; L - efeito linear; NS efeito não-significativo; * (P<0,05). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

Tabela 8 – Exigência de fósforo disponível para aves de reposição leve (L) e semipesada (SP), considerando parâmetros de desempenho (crescimento e produção) e ósseo

Parâmetro	Equação	R ²	Máx/ mín	Exigências		
				(%)	(% EM)	Mal
CR	$Y = 17,6115 + 173,5130x - 0,9$	0,9	49,34	0,36	0,126	
L	$237,1930x^2$	7		6		
GP	$Y = 8,2353 + 22,7929x - 0,9$	0,9	12,48	0,37	0,129	
L	$30,2610x^2$	2		3		
SP	$Y = 10,8636 + 21,0718x - 0,8$	0,8	14,58	0,35	0,122	
RO	$29,7985x^2$	8		4		
SP	$Y = - 8,6893 + 122,9760x - 0,7$	0,7	13,53	0,36	0,125	
SP	$170,1590x^2$	6		1		
P ósseo	$Y = - 20,6918 + 201,0900x - 0,9$	0,9	13,27	0,33	0,117	
L	$297,6030x^2$	8		8		
SP	$Y = - 1,1870 + 871,1546x - 0,5$	0,5	13,17	0,32	0,113	
PO	$132,3070x^2$	7		9		
L	$Y = - 14,5437 + 478,1540x - 0,9$	0,9	82,67	0,40	0,140	
SP	$587,9630x^2$	9		7		
SP	$Y = 21,0905 + 354,2800x - 0,6$	0,6	83,01	0,35	0,121	
SP	$506,7270x^2$	4		0		
MO	$Y = - 6,2823 + 240,0410x - 0,9$	0,9	43,03	0,41	0,142	
L	$292,1400x^2$	9		1		
SP	$Y = 17,3853 + 174,6220x - 0,6$	0,6	47,66	0,34	0,120	
SP	$251,8060x^2$	1		8		
CAG	$Y = - 0,6787 + 22,3139x - 0,9$	0,9	3,86	0,40	0,140	
L	$27,4383x^2$	9		7		
SP	$Y = 0,9842 + 16,5331x - 0,6$	0,6	3,87	0,35	0,121	
SP	$23,6473x^2$	4		0		
CAdz	$Y = 1,9837 - 1,6145x$	0,8	---	≥	---	
L		6		0,45		

GP – ganho de peso (g/ ave/ dia); CR – consumo de ração (g/ ave/ dia); RO – resistência óssea (kgf/ mm); P ósseo – fósforo no osso (%); PO – produção de ovos (%); MO – massa de ovo (g de ovo/ ave/ dia); CAG – conversão alimentar fase produção (g ração: g ovo/ ave/ dia); CAdz – conversão alimentar fase de produção (kg ração: dúzia de ovo).

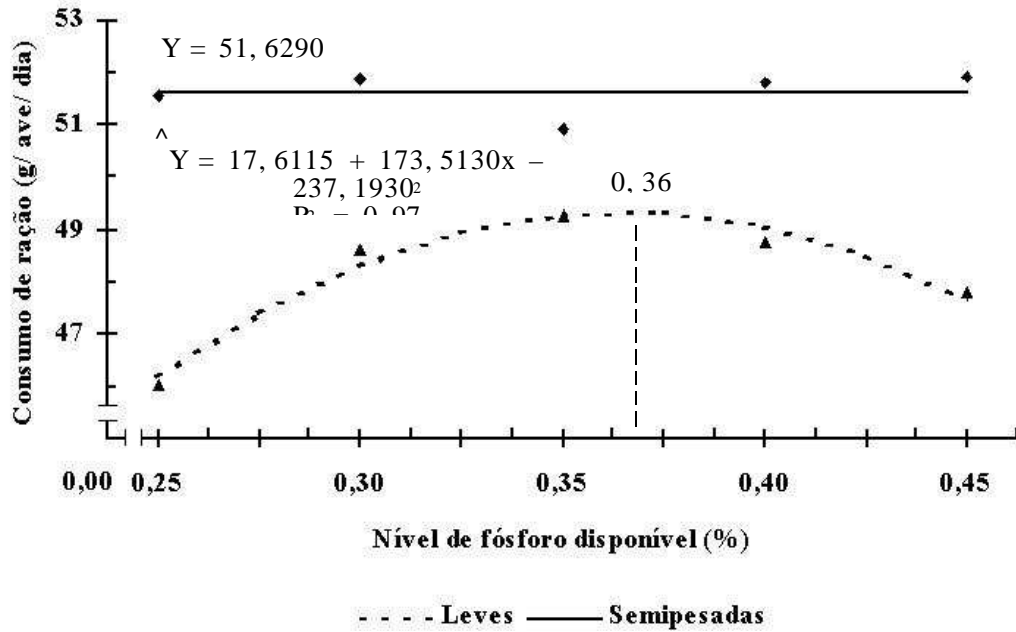


Figura 8 - Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o consumo de ração de aves de reposição leves e semipesadas.

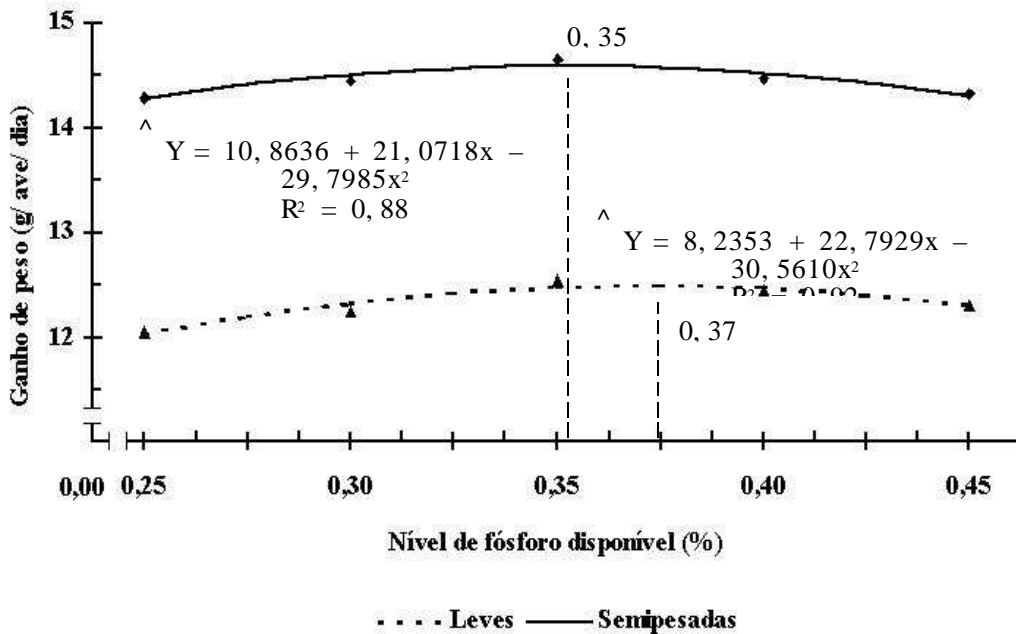


Figura 9 - Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o ganho de peso de aves de reposição leves e semipesadas.

O ganho de peso de aves semipesadas foi afetado de forma significativa pelos níveis de fósforo na ração. Pode-se observar que houve aumento do ganho até o nível de 0,354% de fósforo, o que correspondeu a ganho de 14,58 g/ave/ dia (Tabela 8 e Figura 9). Embora, o ganho de peso tenha sido influenciado pelos níveis de fósforo, estes não foram suficientes para afetar a conversão alimentar. BRUGALLI et al. (1999), trabalhando com frangos de corte de na fase de crescimento, observaram que as diferenças encontradas no ganho de peso foram suficientes para afetar a conversão alimentar.

Por meio dos resultados encontrados para parâmetros ósseos, pode-se observar que os níveis de fósforo estudados não afetaram de forma significativa a resistência e cinza óssea para aves leves, e cinza óssea para aves semipesadas. NELSON et al. (1990) encontraram aumento da cinza óssea, com aumento do nível de fósforo na ração. No entanto, foi encontrado para aves semipesadas aumento da resistência óssea até o nível de 0,361% de fósforo disponível (Tabela 8 e Figura 10). Originando resistência óssea máxima de 13,53 kgf/ mm, ao

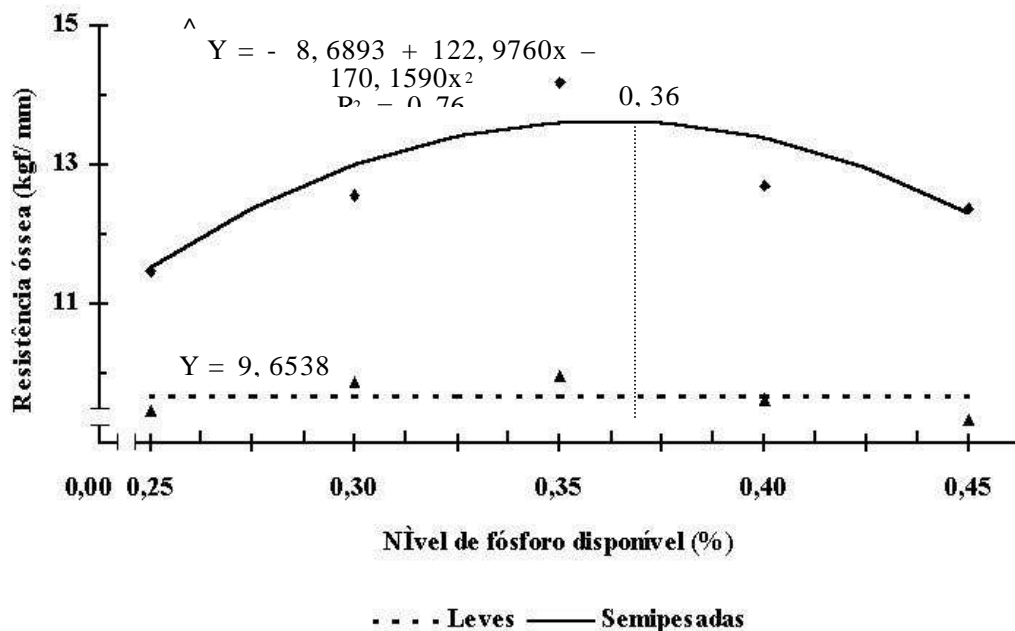


Figura 10 - Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre a resistência óssea de aves de reposição leves e semipesadas.

mesmo tempo em que máximo fósforo ósseo (13,17%) foi obtido com 0,329%. As aves leves maximizaram (13,27%) o fósforo ósseo com 0,338% (Tabela 8 e Figura 11). Estes resultados discordam de observações feitas por ROSTAGNO et al., (1996) e BRUGALLI et al. (1999), em que a exigência nutricional para otimizar desempenho das aves é inferior às exigências para maximizar resistência óssea, ao mesmo tempo que Wilson e Duff (1991), citados por RENNIE et al. (1997), observaram que aves alimentadas com rações deficientes em cálcio ou fósforo há perda de material ósseo. De acordo com ZOLLITSCH et al. (1996), a mobilização óssea para atender as necessidades metabólicas é processo normal, e que a perda óssea somente comprometerá a resistência, quando houver deficiência prolongada.

HUYGHEBAERT e DeGROOTE (1988) observaram que nem sempre a porcentagem de cinza óssea está relacionada com a resistência à quebra.

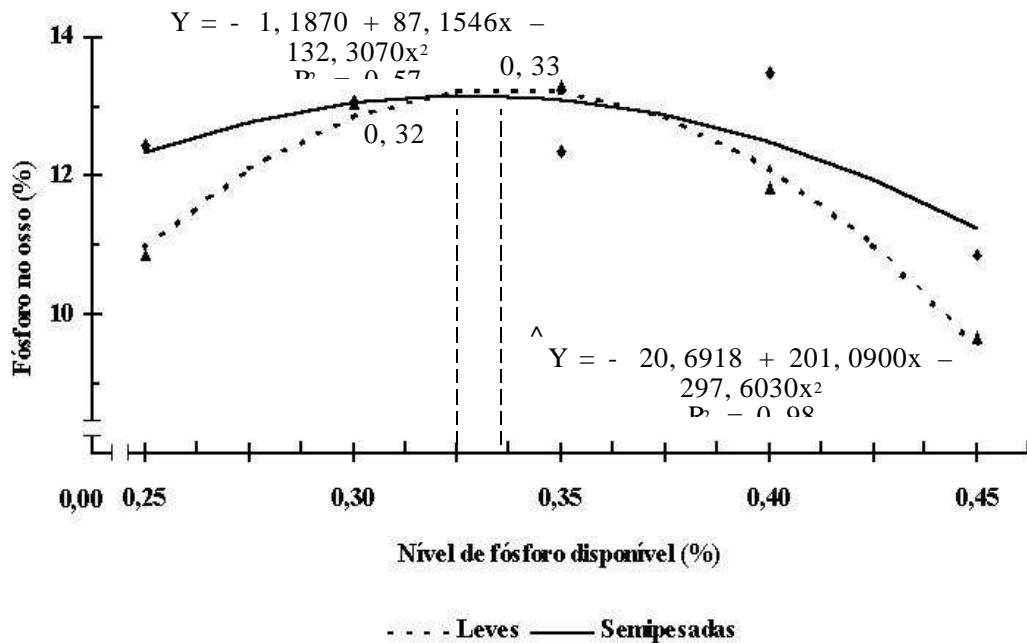


Figura 11 - Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o fósforo ósseo de aves de reposição leves e semipesadas.

A comparação entre aves leves e semipesadas, dos diversos parâmetros estudados, mostraram que na média, o consumo de ração, ganho de peso, resistência óssea e fósforo no osso, das aves semipesadas foram superiores às aves leves, enquanto que conversão alimentar e cinza óssea das aves leves foram maiores. Estes resultados demonstraram que, independente do nível de fósforo disponível utilizado, as aves semipesadas apresentaram maior desenvolvimento corporal do que aves leves, concordando com os objetivos dos manuais da marca comercial (HY LINE BROWN, 1995 e HY LINE W36, 1997).

3.2.2 - Fase de produção de ovos

Os resultados dos níveis de fósforo disponível, na fase de recria sobre os parâmetros produtivos na fase de produção de ovos, podem ser encontrados na Tabela 9. Ao mesmo tempo, observa-se que consumo de ração (g), produção de ovos (%), peso médio dos ovos (g), massa de ovo (g/ ave/ dia) e conversão alimentar (kg de ração/ dúzia de ovo) das aves semipesadas foram em média significativamente maiores que das aves leves pelo teste F.

Consumo de ração e peso médio dos ovos, de aves leves ou semipesadas, e conversão alimentar (kg/ dz), de aves semipesadas, não foram afetados de forma significativa ($P < 0,05$) pelos níveis de fósforo da fase de recria. No entanto, foi observado que a produção de ovos foi maximizada (82,67 e 83,01%) ao nível de 0,407 e 0,350% de fósforo disponível, respectivamente, para aves leves e semipesadas (Tabela 8 e Figura 12).

Apesar do peso médio dos ovos não ter apresentado diferenças entre os tratamentos, a massa de ovo foi afetado de forma significativa ($P < 0,05$), e isto provavelmente foi devido às diferenças observadas para produção de ovos, uma vez que a massa de ovo é a relação entre a produção e o peso médio. Para aves leves, a maior massa de ovo (43,03 g/ ave/ dia) foi encontrada ao nível de 0,411 %, enquanto que para aves semipesadas, esta maior massa de ovo (47,66 g/ ave/ dia) foi obtida ao nível de 0,348 % de fósforo disponível na ração (Tabela 8 e Figura 13).

Verificou-se que as aves leves apresentaram máxima conversão alimentar (3,86) ao nível de 0,407%, enquanto as aves semipesadas, esta pior conversão alimentar (3,87) foi observada com 0,350% de fósforo disponível (Tabela 8 e Figura 14). No entanto, ao ser feita a análise do consumo de ração pelo número de dúzia de ovos produzidos, observou-se somente efeito para as aves leves, sendo que a medida que houve aumento do fósforo da ração houve redução da conversão alimentar (Figura 15).

Tabela 9 - Parâmetros produtivos de poedeiras leves (L) e semipesadas (SP), submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 7 a 12 semanas de idade

Fósforo disponível (%)	Consumo ração (g/ ave/ dia)		Produção ovos (%)		Peso médio ovos (%)		Massa de ovo (g ovo/ ave dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Conv. alimentar (kg/ dz)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,25	93,97	106,28	68,53	79,18	51,64	58,02	35,40	45,94	3,20	3,70	1,64	1,61
0,30	96,52	108,60	75,61	79,02	52,49	57,76	39,66	45,64	3,53	3,69	1,54	1,65
0,35	94,88	110,02	80,22	84,10	52,03	57,43	41,71	48,27	3,74	3,92	1,42	1,57
0,40	92,78	106,96	83,77	83,04	51,41	57,27	43,08	47,60	3,91	3,87	1,34	1,55
0,45	92,63	107,94	81,10	77,07	52,50	57,84	42,57	44,54	3,78	3,60	1,37	1,68
Média	94,15	107,96a	77,84b	80,48a	52,01	57,66a	40,48b	46,40a	3,63a	3,76b	1,46a	1,61b
	b				b							
Efeito	NS	NS	Q*	Q*	NS	NS	Q*	Q [#]	Q*	Q*	L*	NS
C. V. (%)	3,294		5,489		1,925		5,500		5,489		6,173	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; L - efeito linear; NS efeito não-significativo; * (P<0,05), # (P<0,058).

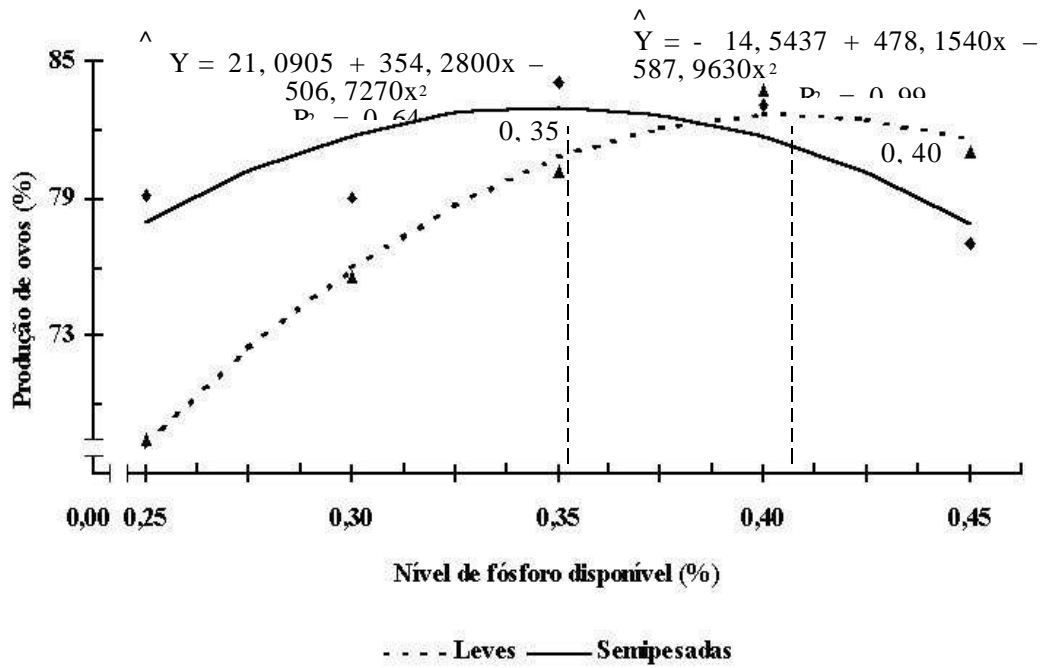


Figura 12 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível no período de 7 a 12 semanas de idade sobre a produção de ovos.

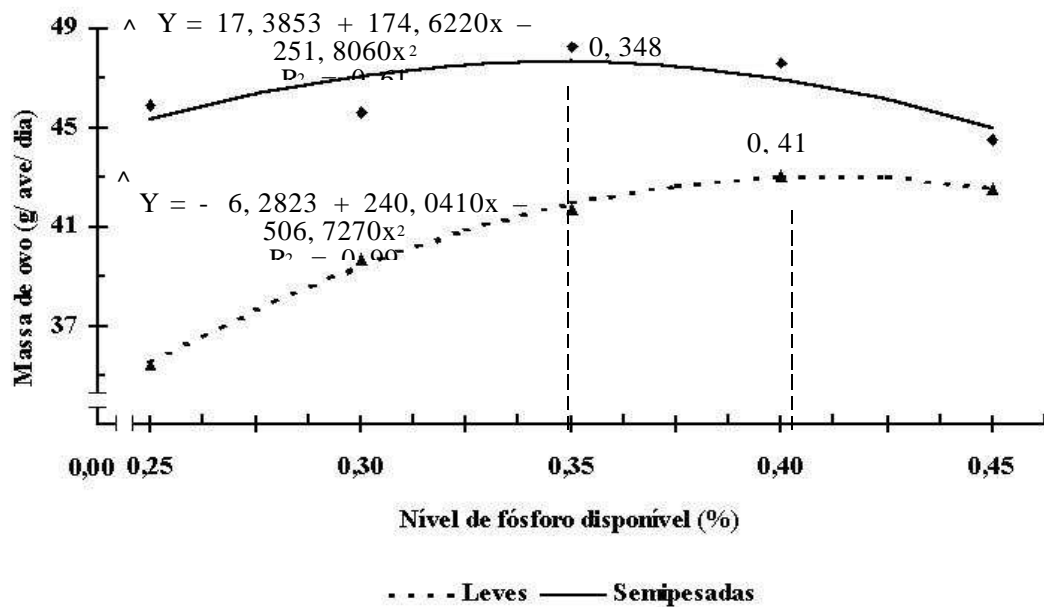


Figura 13 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível no período de 7 a 12 semanas de idade sobre a massa de ovo.

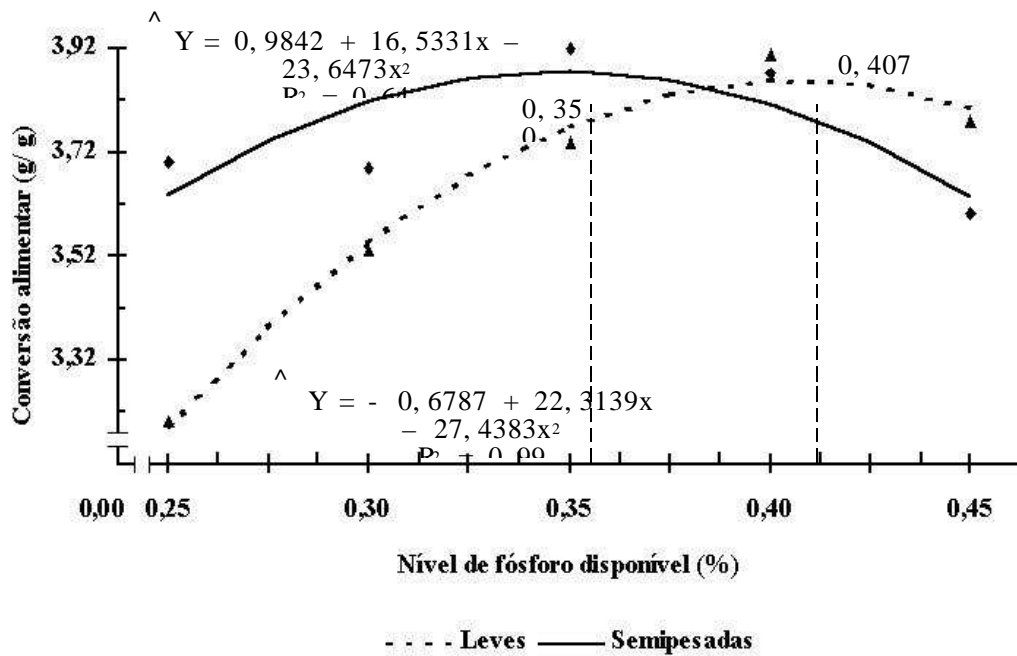


Figura 14 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível no período de 7 a 12 semanas de idade, sobre a conversão alimentar (g/g)

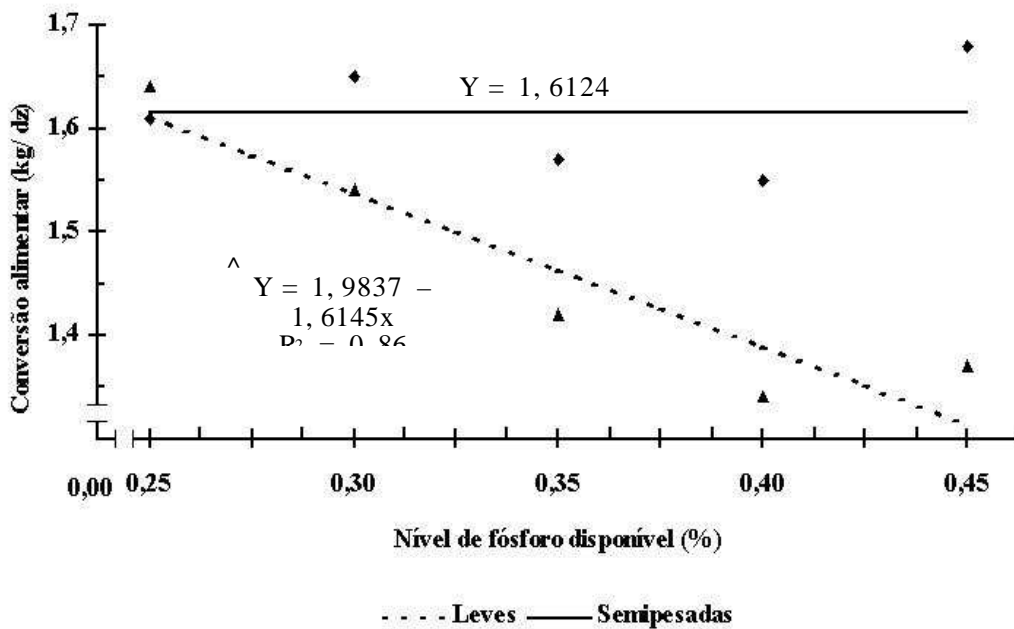


Figura 15 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível no período de 7 a 12 semanas de idade, sobre a conversão alimentar (kg/dz).

4 - RESUMO E CONCLUSÕES

Foram utilizados 1280 aves, sendo 640 Hy Line W86 (leve) e 640 Hy Line Brown (semi pesada), subdivididas em quatro experimentos, dois para determinação das exigências de cálcio e dois para as exigências de fósforo disponível. Para cada experimento foram utilizadas 320 aves distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, quatro repetições e 16 aves/ unidade experimental. Os tratamentos para o experimento de cálcio consistiram de uma ração basal suplementada com calcário, de forma a obter 0,60; 0,70; 0,80; 0,90 e 1,00% de cálcio. Para os experimentos de fósforo disponível, as aves foram submetidas a ração basal suplementada com fosfato bicálcico e calcário de forma a obter 0,25; 0,30; 0,35; 0,40 e 45% de fósforo disponível. As rações foram isoprotéicas (16% PB) e isoenergéticas (2900 kcal de EM). Além disto para os experimentos de cálcio as rações foram isofosfóricas (0,35% P disponível) e para os experimentos de fósforo foram isocálcicas (0,80% de cálcio). As variáveis avaliadas foram consumo de ração (g/ ave/ dia), ganho de peso (g/ ave/ dia), conversão alimentar (g/ g), resistência do osso à quebra (kgf/ mm), cinza óssea (%) e nutriente no osso (%). As exigências de cálcio e fósforo disponível foram estimadas através de modelos de regressão

polinomial. Após o término do período experimental, as aves foram identificadas de acordo com o tratamento, e alimentadas com ração comercial até o início da produção de ovos. As aves foram distribuídas dentro do peso médio do tratamento e alimentadas com ração única, contendo 16% de PB e 2800 kcal de EM kg de ração, de forma a estudar o efeito dos diferentes níveis de cálcio e fósforo disponível na fase de recria sobre a fase de produção de ovos.

As estimativas de exigências de cálcio variaram entre 0,778% (0,268% Mcal EM) e 0,834% (0,288% Mcal EM) para aves leves e 0,767% (0,265% Mcal EM) a 0,815% (0,281% Mcal EM) para aves semipesadas. Enquanto que as exigências de fósforo disponível variaram de 0,338% (0,117% Mcal EM) a 0,411% (0,142% Mcal EM) para aves leves e 0,329% (0,113% Mcal EM) a 0,361% (0,125% Mcal EM) para aves semipesadas. Entretanto, respeitando as respostas biológicas obtidas por ambos tipos de aves, para as características de desempenho e parâmetros ósseos, pode-se definir as exigências nutricionais de cálcio em 0,834% (0,288% Mcal de EM) ou 406 mg/ ave/ dia para aves leves e 0,815% (0,281% Mcal de EM) ou 440 mg/ ave/ dia para aves semipesadas, e as exigências nutricionais de fósforo disponível em 0,411% (0,142% Mcal de EM) ou 200 mg/ ave/ dia para aves leves e 0,361% (0,125% Mcal de EM) ou 184 mg/ ave/ dia para aves semipesadas.

CAPÍTULO 3

EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO E DE FÓSFORO DISPONÍVEL PARA AVES DE REPOSIÇÃO LEVES E SEMIPESADAS DE 13 A 20 SEMANAS DE IDADE

1 - INTRODUÇÃO

As aves produtoras de ovos para consumo, antes de começar sua fase produtiva, passam por fases de crescimento que baseiam-se em alterações fisiológicas determinantes na formação da sua estrutura corporal, sejam essas relacionadas a sua formação óssea e muscular, enpenamento, desenvolvimento sexual, etc. Assim é necessário que as exigências nutricionais sejam o mais próximo possível da real necessidade do animal, pois é sabido que o desempenho durante a produção de ovos está diretamente relacionado com o manejo e o programa de alimentação nas fases de crescimento das futuras poedeiras.

O cálcio é um mineral essencial para o crescimento das aves, participando ativamente nos processos metabólicos normais, principalmente na

formação óssea. Uma vez que diversos fatores estão envolvidos no metabolismo do cálcio, considera-se um dos minerais que mais sofre mudanças no seu requerimento, pois o animal pode adaptar-se a deficiências ou excesso de cálcio.

Estudos com fósforo têm sido baseados em ganho de peso, conversão alimentar e parâmetros ósseos (BAILEY et al., 1986), sendo que a exigência varia entre os diversos parâmetros, e isto é observado pelo fato de que a exigência para resistência óssea é superior a exigência para maximizar desempenho. Wilson e Duff (1991), citados por RENNI et al. (1997), observaram que aves alimentadas com dietas contendo baixo fósforo havia uma perda de material ósseo. Por outro lado é de se esperar que em rações com baixo nível de fósforo haja redução do ganho de peso, pois este fósforo estaria sendo desviado para manutenção de funções vitais.

Com mudanças nas características produtivas das aves, com precocidade e ritmo de crescimento, espera-se que as exigências nutricionais de aves de reposição estejam em constante mudanças. Isto, pode ser observado nos requerimentos sugeridos pelo NRC (1994), onde a recomendação é de 0,800% de cálcio e 0,300% de fósforo disponível, e ROSTAGNO et al. (1994) que recomendam 0,821% de cálcio e 0,386% de fósforo disponível

Os objetivos do presente trabalho foram estabelecer as exigências nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas, de 13 a 20 semanas de idade, bem como os efeitos dos diferentes níveis de cálcio e fósforo disponível da fase de recria sobre a produção de ovos.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local e duração

O presente trabalho foi conduzido no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de janeiro a setembro de 1999. O abate e processamento das pernas foram executados no próprio aviário. Entretanto, a análise de resistência óssea foi feita no laboratório de celulose e papel, e as análises de composição óssea foram feitas no laboratório de nutrição animal.

2.2 - Animais e instalação utilizada e manejo geral

Foram utilizados 960 aves, sendo 480 da marca comercial Hy Line W36 (aves semipesadas) e 480 da marca comercial Hy Line Brown (aves semipesadas) subdivididas em quatro experimentos, dois para as determinações das exigências de cálcio e dois para as exigências de fósforo disponível. Os experimentos foram divididos em duas fases, sendo a primeira a recria e a segunda a produção de ovos. Em ambas as fases, as aves foram alojadas em galpões

telados, cobertos com telha de barro e compostos de gaiolas de 25 x 40 x 45 cm

O manejo geral dos animais foi de acordo com os manuais das marcas comerciais (HY LINE W36, 1997 E HY LINE BROWN, 1995), sendo que as aves foram criadas em galpão convencional até 12 semanas de idade, onde foram transferidas logo após para o galpão experimental. O programa de vacinação adotado (Tabela 1) seguiu as recomendações de SANTOS et al. (1997). Após o término do período experimental (20 semanas de idade), as aves foram redistribuídas dentro do peso médio do tratamento e de acordo com o tratamento recebido, para se estudar os efeitos dos diferentes níveis de cálcio e fósforo disponível da recria sobre os parâmetros produtivos da fase de produção de ovos.

As temperaturas dos galpões foram registradas diariamente, por meio de termômetros de máxima e de mínima, onde as leituras foram obtidas as 8 e 18 horas (Tabela 2).

Tabela 1 – Programa de vacinação utilizado

Dia Incubatório	Vacina – via de aplicação Marek, Buba e Gunboro – Subcutânea
10 dias	Newcastle – ocular
30 dias	Newcastle – água de bebida
35 dias	Coriza - intramuscular
56 dias	Coriza - intramuscular
56 dias	Buba aviária – asa
75 dias	Newcastle - ocular
108 dias	Newcastle - ocular

Fonte: SANTOS et al. (1997)

Tabela 2 – Temperatura registrada no período de 85 a 140 dias de idade

Período (dias)	Temperatura			
	Máxima		Mínima	
	Absoluta	Média	Absoluta	Média
85 a 91	31	25	17	20
92 a 98	29	25	14	18
99 a 105	27	25	14	17
106 a 112	26	24	12	16
113 a 119	26	23	11	14
120 a 126	25	23	8	11
127 a 133	27	24	12	14
134 a 140	26	24	13	15
Média	---	24	---	16

2.3 – Rações experimentais

As rações experimentais utilizadas foram, a base de milho e farelo de soja (Tabela 3), formuladas de forma a atender as exigências nutricionais segundo ROSTAGNO et al. (1994) e NRC (1994), exceto para cálcio nas determinações das exigências de cálcio e, fósforo nas determinações das exigências de fósforo disponível. As rações continham 15 % de proteína bruta e 2900 kcal de EM/ kg de ração. Para a fase de produção de ovos, independente dos tratamentos recebidos durante a fase de recria, as aves foram submetidas a ração única, a base de milho e farelo de soja, de forma a conter 16% de proteína bruta e 2800 kcal de energia metabolizável.

Nos experimentos para as determinações das exigências de cálcio, as aves foram submetidas a ração deficiente em cálcio e suplementadas com calcário, em substituição ao material inerte, obtendo-se assim cinco níveis (0,55; 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95%) de cálcio na ração. Enquanto que para os experimentos de determinação das exigências do fósforo disponível, as aves foram submetidas a ração basal deficiente em fósforo disponível, e suplementada com fosfato bicálcico e calcário, em substituição ao material inerte, obtendo-se assim cinco níveis (0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%) de fósforo disponível. As rações foram isoprotéicas e isoenergéticas.

Tabela 3 – Rações utilizadas para se determinar as exigências de cálcio (Ração 1) e fósforo disponível (Ração 2) para aves de reposição leves e semipesadas de 13 a 20 semanas de idade e ração utilizada para estudar os efeitos na fase de produção (Ração 3)

Ingrediente	Ração 1	Ração 2	Ração 3
Milho	72,080	72,080	62,449
Farelo de Soja	19,174	19,174	23,013
Calcário	0,563	1,552	8,400
Fosfato Bicálcico	1,084	0,544	1,256
DL – Metionina	---	---	0,146
Sal comum	0,260	0,260	0,367
Cloreto de Colina 60%	0,030	0,030	0,020
Vitamina ¹	0,100	0,100	0,100
Minerais ²	0,050	0,050	0,050
Virginamicina ³	0,050	0,050	---
Anticoccidiano ⁴	0,025	0,025	---
Antioxidante ⁵	0,010	0,010	0,010
Inerte (areia lavada)	6,574	6,125	2,663
TOTAL	100,00	100,00	100,00
Composições Calculadas			
Energia Metabolizável (Kcal/ kg)	2900	2900	2800
Proteína bruta (%)	15,00	15,00	16,00
Metionina (%)	0,247	0,247	0,400
Metionina + Cistina (%)	0,509	0,509	0,671
Lisina (%)	0,723	0,723	0,810
Treonina (%)	0,536	0,536	0,578
Triptofano (%)	0,186	0,186	0,204
Cálcio (%)	0,550	0,800	3,580
Fósforo disponível (%)	0,300	0,200	0,330
Sódio (%)	0,136	0,136	0,180
Ácido linoléico (%)	1,405	1,405	2,051

¹ – Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 10.000.000 UI; vitamina B1 - 2.000.000 UI; Vitamina E - 30.000 UI; Vitamina B1 - 2,0g; vitamina B6 - 4,0 g; Ac Pantotênico - 12,0g; Biotina - 0,10g; Vitamina K3 - 3,0 g; Ácido fólico - 1,0 g; Ácido nicotínico - 50,0 g; Vitamina B12 - 15.000 mcg; Selênio - 0,25 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

² – Roligoni x (Roche) - Níveis de garantia por quilo de produto: Manganês 16,0 g; Ferro - 100,0 g; Zinco - 100,0 g; Cobre - 20,0 g; Cobalto - 2,0 g; Iodo - 2,0 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

³ Stafac® - 50 %

⁴ Coxistac® (Salinomicina) - 12 %

⁵ Hidroxi Butil Tolueno.

As aves, independentes do experimento e da fase de vida (recria ou produção de ovos), receberam ração e água à vontade durante todo o período experimental.

2.4 - Parâmetros avaliados

As aves foram pesadas no início e término do experimento (12 e 20 semanas) para determinar ganho de peso. A diferença entre a quantidade de ração fornecida e a sobra obtida foi usada para determinar o consumo de ração e a conversão alimentar.

Além dos parâmetros de desempenho foram avaliados parâmetros ósseos. Ao término do período experimental, duas aves por unidade experimental foram abatidas, por meio de deslocamento cervical, para a retirada da tíbia para análises de resistência óssea, de cinzas, de cálcio e de fósforo no osso. Foi utilizada como padrão, a tíbia direita, sendo a tíbia esquerda armazenada em freezer, de forma a se ter uma contra amostra no caso de necessidade.

Na fase de produção de ovos o período experimental durou oito semanas e foi subdividido em dois períodos de quatro semanas, onde avaliou-se o consumo de ração (g), a produção de ovos (%), o peso médio dos ovos (g), a massa de ovo (g de ovo/ ave/ dia) e a conversão alimentar (g de ração/ g de ovo e kg de ração/ dúzia de ovo).

Para a obtenção do peso médio dos ovos e conseqüentemente a massa de ovo, os ovos dos últimos quadros dias de cada período experimental foram coletados em separados, de acordo com a unidade experimental, e pesados diariamente. O peso médio dos ovos coletados durante os últimos quatro dias foi considerado como a média do período experimental.

As análises para determinação dos teores de cinzas, de cálcio e de fósforo nos ossos foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1990a), e os parâmetros de resistência óssea foram determinados no

osso “in natura”, em prensa INSTRON- modelo 4204, pertencente ao Laboratório de Papel e Celulose da Universidade Federal de Viçosa.

Após as análises de resistência óssea, os ossos foram desengordurados em extrator tipo “Soxlet” e colocados em estufa a 55 °C durante uma hora, sendo triturados logo após para análises de cálcio e fósforo.

2.5 - Análises estatísticas

Independente do experimento, as aves (leves e semi pesadas) foram distribuídas num delineamento inteiramente ao acaso, em cinco tratamentos, quatro repetições e 12 aves por unidade experimental, para a fase de recria, e oito aves por unidade experimental para a fase de produção de ovos. As aves na fase de recria foram distribuídas com peso médio inicial de 810g e 1005g, respectivamente para aves leves e semi pesadas.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram feitas por meio do programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997). Foi feita análise de variância, com posterior uso de regressão polinomial, para cada variável estudada, além do teste de F para a comparação de médias dos tratamentos entre aves leves e semipesadas.

O modelo estatístico utilizado para ambos experimentos foi:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + P_j + N_i/P_j + E_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = parâmetro observado na unidade experimental k , do nível de cálcio ou fósforo disponível i , dentro do tipo de ave j ;

μ = média geral observada;

N_i = efeito do nível de nutriente (cálcio ou fósforo disponível) i , $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

P_j = efeito do tipo de ave de reposição j , $j =$ leve ou semi pesada;

N_i / P_j = efeito do nível de nutriente i , dentro do tipo de ave j ;

E_{ijk} = erro aleatório associado a cada repetição.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Exigência nutricional de cálcio

3.1.1 - Fase de crescimento

Os resultados de desempenho das aves, na fase de 13 a 20 semanas de idade, podem ser observados na Tabela 4.

Observa-se que os diferentes níveis de cálcio utilizados não afetaram significativamente o consumo de ração, o ganho de peso, o teor de cinza e o teor de cálcio ósseo, independente do tipo de ave ser leve ou semipesada. Resultados semelhantes são observados por meio do teste F ao ser feita a comparação na média com os tipos de poedeiras.

Apesar de não haver diferenças no consumo de ração e ganho de peso, estes foram suficientes para afetar de forma significativa ($P < 0,05$) a conversão alimentar, uma vez que para aves leves a menor conversão (6,53) foi obtida com 0,832% de cálcio, enquanto que para aves semipesadas esta minimização da conversão (6,36) ocorreu ao nível de 0,768% de cálcio (Tabela 5 e Figura 1).

Resultados semelhantes são observados para a resistência óssea, onde as aves leves tiveram máxima resistência (12,95) ao nível de 0,772% de cálcio, enquanto

Tabela 4 - Efeitos dos níveis nutricionais de cálcio sobre o desempenho e parâmetros ósseos de aves de reposição leves (L) e semipesadas (SP) de 13 a 20 semanas de idade

Cálcio (%)	Consumo de ração (g/ ave/ dia)		Ganho de peso (g/ ave/ dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Resistência óssea (kgf/ mm)		Cinza óssea (%)		Cálcio ósseo (%)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,55	74,95	74,41	10,84	11,23	6,94	6,63	11,04	12,59	45,56	45,06	24,55	23,79
0,65	76,45	74,75	11,31	11,53	6,77	6,49	11,60	12,65	45,22	43,67	24,60	22,78
0,75	78,04	77,33	11,91	12,16	6,55	6,35	13,90	13,81	43,68	44,87	25,38	23,94
0,85	74,27	75,13	11,44	11,79	6,49	6,37	12,10	13,67	45,18	43,16	22,50	22,44
0,95	75,29	76,09	11,37	11,57	6,63	6,56	11,74	12,80	44,73	42,78	23,30	22,61
Média ¹	75,80	75,54	11,38	11,66	6,68b	6,48a	12,08b	13,11a	44,87	43,91	24,07	23,11
Efeito	NS	NS	NS	NS	Q*	Q [#]	Q*	Q*	NS	NS	NS	NS
C. V. (%)	4,878		5,516		3,450		5,644		3,858		6,756	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre pelo teste F ($\alpha = 5,00\%$); C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; NS efeito não-significativo; * (P<0,05); [#] (P<0,056). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

Tabela 5 – Exigência de cálcio para aves de reposição leve (L) e semipesada (SP), considerando parâmetros de desempenho (fase de crescimento e produção) e ósseo

Parâmetro	Equação	R2	Máx/ mín	Exigências	
				(%)	(% Mat EM)
CA	$Y = 10,3344 - 9,1438x + 0,95,4925x^2$	0,95	6,53	0,83	0,287
L	$Y = 9,9128 - 9,2424x + 0,96,0132x^2$	0,94	6,36	0,76	0,265
SP					
RO	$Y = -12,3059 + 65,3861x - 0,642,3268x^2$	0,61	12,95	0,77	0,266
L	$Y = -0,1760 + 35,1779x - 0,613,5822,4920x^2$	0,67	13,58	0,78	0,270
SP					
PO	$Y = 20,0503 + 144,7820x - 0,991,2761x^2$	0,99	77,46	0,79	0,273
L	$Y = 23,4127 + 157,1290x - 0,57107,1190x^2$	0,57	81,03	0,73	0,253
SP					
PMO	$Y = 54,3116 - 3,3971x$	0,61	---	---	---
L				0,55	
MO	$Y = 13,7625 + 68,2759x - 0,9044,4809x^2$	0,90	39,97	0,76	0,264
L	$Y = 8,7302 + 101,5400x - 0,7567,8721x^2$	0,75	46,71	0,74	0,257
SP					

CA – conversão alimentar (g: g); RO – resistência óssea (kgf/ mm); PO – produção de ovos (%); PMO – peso médio dos ovos (g); MO – massa de ovo (g de ovo/ ave/ dia).

$$\hat{Y}_L = 10,3344 - 9,1438x + 5,4925x^2$$

$$R^2 = 0,95$$

$$\hat{Y}_{SP} = 9,9128 - 9,2424x + 6,0132x^2$$

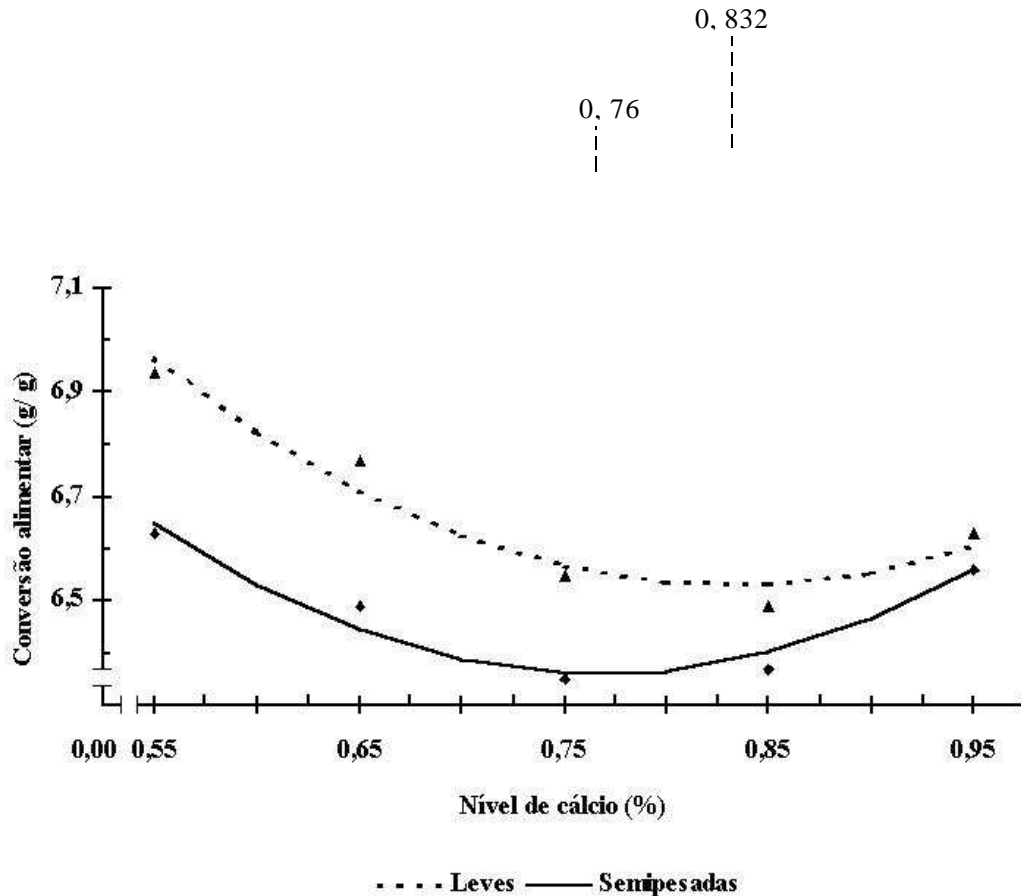


Figura 1 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre a conversão alimentar de aves de reposição leves e semipesadas.

que as aves semipesadas, a maximização da resistência (13,58) foi obtida com 0,782% (Tabela 5 e Figura 2). No entanto, ao comparar as médias dos tratamentos, independente de ser conversão alimentar ou resistência óssea, as aves semipesadas apresentaram melhores resultados (Tabela 4).

O período em estudo (13 a 20 semanas) coincide com a fase de início da maturidade sexual e, conseqüentemente com a pré-postura. Alguns autores recomendam para esta fase, alimentação com níveis nutricionais diferenciados, para preparar a ave para o início da produção de ovos. Segundo Meyer et al. (1970), citados por CLASSEN e SCOTT (1982), a ingestão de cálcio aumenta vagarosamente antes da primeira ovoposição pois, em resposta aos hormônios sexuais há o início do desenvolvimento da medula óssea, e conseqüentemente aumenta o requerimento de cálcio. Entretanto, é difícil estudar o requerimento de cálcio neste período, pois é praticamente impossível definir o início exato da maturidade sexual.

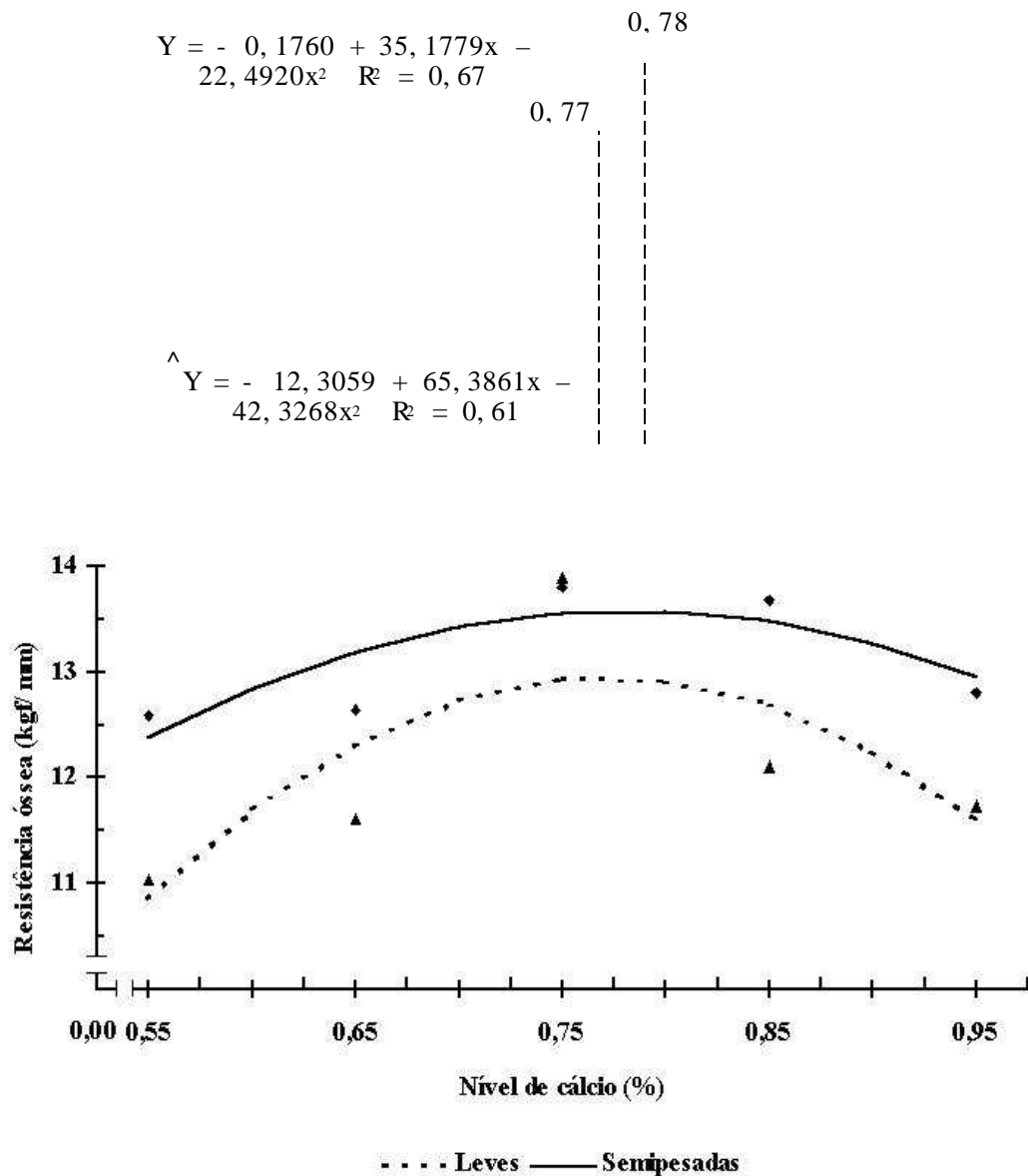


Figura 2 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio sobre a resistência óssea de aves de reposição leves e semipesadas.

Pelos resultados pode-se observar que não houve diferença significativa no consumo de ração. No entanto, com estas rações continham níveis crescentes de cálcio, percebe-se que a ingestão de cálcio foi aumentando com aumento dos níveis na ração, e esta ingestão diferenciada, fez com houvesse efeito na resistência óssea, ou seja, os níveis de cálcio abaixo de 0,772 e 0,782% respectivamente

para aves leves e semipesadas, não foram suficientes para que houvesse um desenvolvimento normal da medula óssea, fazendo com que a resistência óssea ficasse comprometida. Por outro lado foi observado redução da conversão alimentar a níveis próximos da máxima resistência (Tabela 5), mostrando que os níveis baixo de cálcio, além de afetar a resistência óssea, desviou o cálcio que seria utilizado para a formação óssea para outras funções metabólicas, como por exemplo o ganho de peso.

Por outro lado, foi observado que o teor de cálcio e cinza óssea não foram significativamente diferente entre os tratamentos, independente do tipo de ave estudada. Isto provavelmente foi devido ao fato de que pode haver diferença na resistência sem que haja diferenças nos parâmetros ósseos, pois durante os testes de resistência, ia sendo aplicada carga contínua, e o osso não era partido, ou seja, mesmo numa carga máxima o osso não quebrava, mostrando certa flexibilidade, e assim não haveria uma diferença no conteúdo de cinza e cálcio ósseo.

Ao trabalhar com aves na fase de produção de ovos, KESHAVARZ (1986) observou que as aves regulavam o consumo de ração em função do nível de cálcio presente, ou seja, em maior nível de cálcio há menor consumo de ração. KESHAVARZ (1987) encontrou maior teor de cinza e cálcio ósseo quando as aves eram alimentadas com maiores níveis de cálcio dietéticos, sem que tivesse havido um aumento do consumo de ração. No entanto, KESHAVARZ e NAKAJIMA (1993) não observaram diferenças na cinza e cálcio ósseo. HUYGHEBAERT e DeGROOTE (1988) citam que nem sempre a porcentagem de cinza óssea esta diretamente relacionada com a resistência à quebra.

Segundo KESHAVARZ (1987) uma alternativa para contornar a demanda de cálcio para a formação da medula, e conseqüentemente aumentar a reserva óssea de cálcio, seria aumentar o nível de cálcio no período pré-postura, pois baixos níveis de cálcio promoveria redução da ação do hormônio folículo estimulante (TAHER et al., 1984) e

conseqüentemente redução da produção de ovos. Entretanto, CHENG et al. (1991) relatam que o regime alimentar não afeta a maturidade das frangas.

3.1.2 - Fase de produção de ovos

O desempenho na produção de ovos, de aves submetidas a diferentes níveis de cálcio na fase de recria, podem ser verificados na Tabela 6.

Por meio dos resultados encontrados pode-se observar que o consumo de ração, a conversão alimentar (g/ g) e a conversão alimentar (kg/ dúzia de ovos), para aves leves e semipesadas, e o peso médio dos ovos para aves semipesadas, não foram afetados de forma significativa pelos níveis de cálcio utilizados no período de 13 a 20 semanas. No entanto, foi encontrado efeito significativo ($P<0,05$) para produção de ovos e massa de ovo, para aves leves e semipesadas, e peso médio de ovos para aves leves.

A produção de ovos para aves leves, foi aumentando até o nível de 0,793% de cálcio, atingindo um pico de produção de 77,46%, enquanto que a maior taxa de postura (81,03%) para aves semipesadas foi alcançada com 0,733% e cálcio (Tabela 5 e Figura 3).

Em rações com maiores níveis de cálcio maior quantidade do mineral estará disponível no trato digestível, conseqüentemente a ave teria cálcio suficiente para manter padrão normal de crescimento, ao mesmo tempo em que conseguiria manter a reserva óssea de cálcio, fazendo com que esta reserva possa ser utilizada no período de postura, pois nesta fase de produção, a demanda de cálcio é alta, uma vez que a ave atinge o pico de postura em algumas semanas após o início da produção. LEESON et al. (1986), trabalhando com aves na pré-postura, alimentadas com baixo cálcio na ração, observaram que as aves têm a produção de ovos prejudicada, desde que o período de alimentação

Tabela 6 - Parâmetros produtivos de poedeiras leves (L) e semipesadas (SP), submetidas a diferentes níveis de cálcio de 13 a 20 semanas de idade

Cálcio (%)	Consumo ração (g/ ave/ dia)		Produção ovos (%)		Peso médio ovos (%)		Massa de ovo (g ovo/ ave dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Conv. alimentar (kg/ dz)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,55	91,46	109,36	71,99	77,83	52,47	56,72	37,77	44,13	2,42	2,48	1,52	1,69
0,65	96,58	107,91	75,72	78,63	52,37	57,92	39,65	45,54	2,44	2,37	1,53	1,65
0,75	94,16	113,66	77,40	83,59	51,08	57,11	39,54	47,74	2,38	2,38	1,46	1,63
0,85	94,12	106,14	76,90	77,79	51,89	58,03	39,90	45,14	2,36	2,35	1,47	1,64
0,95	94,08	106,01	75,33	76,47	51,01	57,78	38,43	44,20	2,45	2,40	1,50	1,66
Mé dia ¹	94,08b	108,61a	75,47b	78,86a	51,76b	57,51a	39,06b	45,35a	2,41	2,40	1,50a	1,65b
Efeito	NS	NS	Q*	Q*	L#	NS	Q*	Q*	NS	NS	NS	NS
C. V. (%)	4,856		2,881		1,934		3,414		4,268		4,747	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre pelo teste F ($\alpha = 5,00\%$); C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; NS efeito não-significativo; * (P<0,05); # (P<0,051). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

$$\hat{Y}_L = 23,4127 + 157,1290x - \frac{107,1190x^2}{0,57} \quad \hat{Y}_{SP} = 20,0503 + 144,7820x - \frac{91,2761x^2}{0,60}$$

0,73
3

0,79

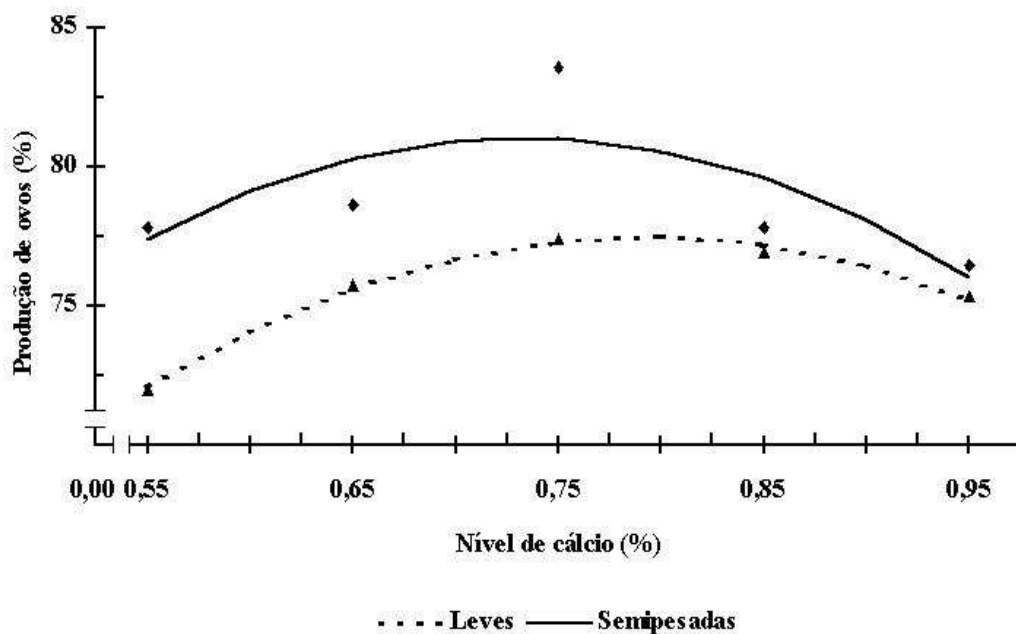


Figura 3 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 13 a 2 semanas de idade sobre a produção de ovos.

com dietas deficientes na fase de crescimento seja longo. No entanto, esta redução da produção retorna ao normal, no momento em que a reserva óssea de cálcio for restabelecida.

O peso médio dos ovos apresentou efeito significativo somente para as aves leves, sendo que, a medida em que houve aumento do nível de cálcio na

ração houve redução do peso do ovo, mostrando que o melhor nível de cálcio obtido para este parâmetro tem que ser igual ou menor que 0,55% de cálcio (Tabela 5 e Figura 4). Foi encontrado ainda que, a massa de ovos para aves leves, foi maximizada (39,97 g/ ave/ dia) ao nível de 0,767%, enquanto que para aves semipesadas, a maior massa de ovo (46,71 g/ ave/ dia) foi obtida com 0,748% (Figura 5).

Fazendo paralelo entre a fase de crescimento e a fase de produção de ovos, era de esperar que aves com menores taxas de crescimento apresentassem

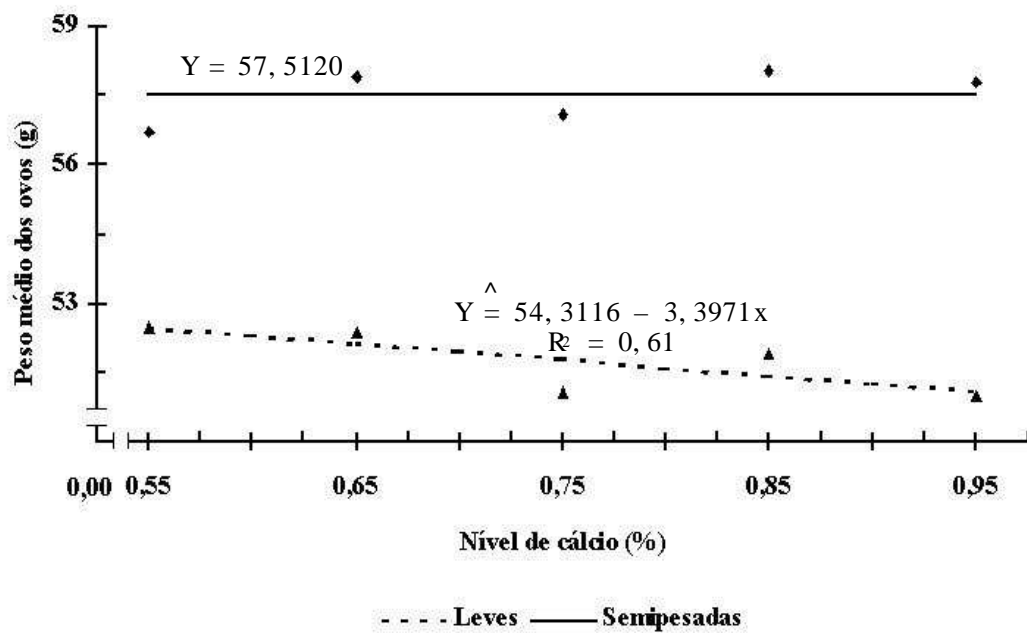


Figura 4 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 13 a 20 semanas de idade sobre o peso médio de ovos.

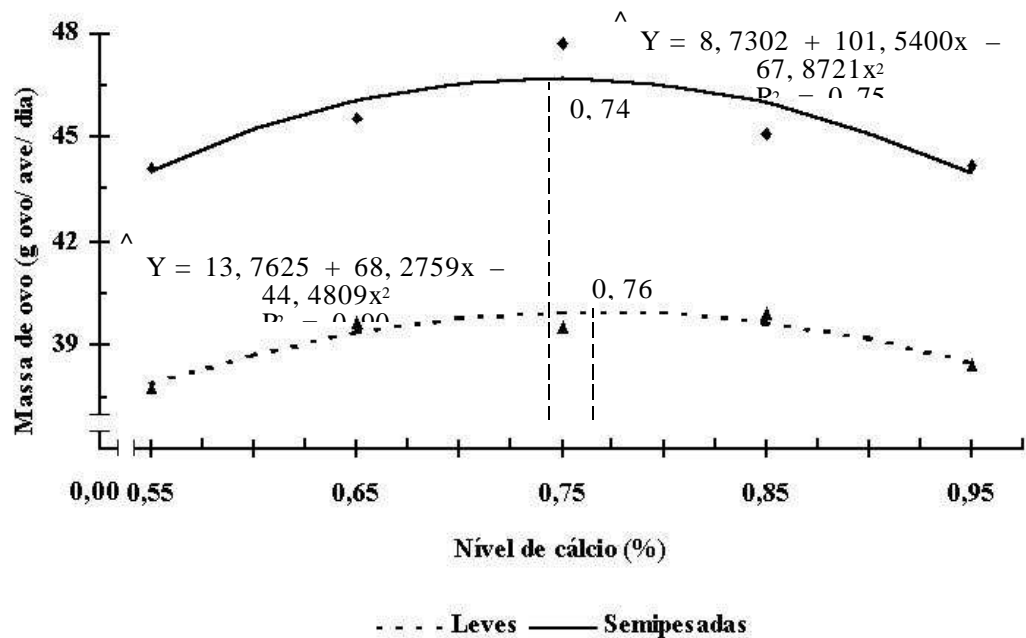


Figura 5 – Efeito dos diferentes níveis de cálcio no período de 13 a 20 semanas de idade sobre a massa de ovos.

efeito na postura, pois a maturidade sexual poderia ficar comprometida. No entanto, HAMILTON e CIPERA (1981) não encontraram efeito do desempenho no crescimento, sobre a idade ao primeiro ovo, mas, observaram que a produção de ovos, o consumo de ração e a eficiência alimentar foram afetados durante a fase de produção. Entretanto, o efeito das fases iniciais provavelmente é maior sobre o consumo, pois teria mais impacto na qualidade do ovo formado do que na redução do seu número (MORAN JR, 1986).

Ao comparar na média, as aves leves e semipesadas pelo teste F, dentro de cada parâmetro estudado, encontrou-se que aves semipesadas apresentaram maiores valores de consumo de ração, de produção de ovos, de peso médio dos ovos, de massa de ovo e de conversão alimentar (kg/ dúzia), do que as aves leves. No entanto, não foram observadas diferenças para conversão alimentar (g/ g) (Tabela 6).

3.2 - Exigência nutricional de fósforo disponível

3.2.1 - Fase de crescimento

Os resultados de desempenho, de aves submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível na fase de recria, podem ser encontrados na Tabela 7.

Pelos valores de desempenho obtidos pode-se observar que a conversão alimentar, o teor de cinza óssea e o teor de fósforo ósseo, para aves leves e semipesadas, e o ganho de peso para aves leves e a resistência óssea para aves semipesadas, não foram afetados de forma significativa pelos níveis de fósforo disponível na ração.

As aves leves e semipesadas apresentaram consumo de ração semelhantes, sendo que nas leves o consumo foi maximizado (81,12) com um nível de 0,265% de fósforo disponível, enquanto que para aves semipesadas, o maior consumo (81,18) foi obtido com 0,304% de fósforo disponível. Entretanto, a equação gerada pelos dados observados, com aves semipesadas, proporcionou

Tabela 7 - Efeitos dos níveis nutricionais de fósforo disponível sobre o desempenho e parâmetros ósseos de aves de reposição leves (L) e semipesadas (SP) de 13 a 20 semanas de idade

Fósforo disponível (%)	Consumo de ração (g/ ave/ dia)		Ganho de peso (g/ ave/ dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Resistência óssea (kgf/ mm)		Cinza óssea (%)		Fósforo ósseo (%)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0, 20	79, 87	80, 14	9, 4 ¹	12, 41	7, 13	6, 48	12,18	12,27	44,61	40,22	11,61	11,57
0, 25	81, 79	78, 38	9, 7 ³	12, 53	7, 11	6, 26	12,38	12,78	42,94	41,76	11,21	12,52
0, 30	81, 61	81, 89	9, 9 ³	13, 25	6, 92	6, 18	12,57	13,75	43,28	40,11	11,68	11,69
0, 35	78, 11	82, 07	9, 7 ²	13, 04	7, 21	6, 30	12,13	11,62	42,55	42,24	10,94	11,84
0, 40	78, 43	78, 70	9, 5 ⁰	12, 50	7, 31	6, 31	10,35	13,88	42,43	40,71	12,89	10,74
Mé dia ¹	79, 96	80, 24	9, 6 ^{6b}	12, 74a	7, 14 ^b	6, 30a	11,92b	12,86a	43,16a	41,01b	11,66	11,67
Efeito	Q*	Q*	NS	Q*	NS	NS	Q*	NS	NS	NS	NS	NS
C. V. (%)	2, 135		4, 782		4, 796		5,271		4,908		9,410	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre pelo teste F ($\alpha = 5,00\%$); C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; NS efeito não-significativo; * (P<0,05). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

um coeficiente de determinação baixo ($R^2 = 0,26$), o que faz com que a equação seja pouco precisa e, conseqüentemente, não represente de forma confiável o consumo de ração dos animais (Tabela 8 e Figura 6).

CAREW e FOSS (1980), trabalhando com diferentes níveis de fósforo disponível, encontraram que nos níveis abaixo do requerido para ótimo desempenho, o nível deste no osso foi reduzido sem que houvesse efeito na resistência óssea. No entanto, Cortese Neto (1992), citado por ROSTAGNO et al. (1996), observou aumento do fósforo na cinza com aumento do nível de fósforo da ração.

Apesar da pouca representatividade da equação, gerada pelos diferentes consumo de ração das aves semipesadas, este consumo foi suficiente para afetar o ganho de peso, pois foi observado efeito quadrático, com ganho máximo (13,07) ao nível de 0,311% de fósforo disponível (Tabela 8 e Figura 7). É observado ainda que as exigências de aves semipesadas, para máximo consumo de ração (0,304%), foram muito próximo à exigência para máximo ganho (0,311%), ou seja, a ingestão de fósforo foi de 248 mg para consumo de ração e 255 mg para ganho de peso. Assim sendo, a exigência de fósforo para aves em crescimento também deveria ser expressa em mg/ ave/ dia.

Geralmente, a deposição de fósforo no osso faz com que o conteúdo de fósforo e a cinza fique aumentada. BRUGALLI (1996) encontrou aumento dos níveis de fósforo e cinza óssea, quando as aves foram alimentadas com rações contendo níveis crescentes de fósforo disponível. No entanto, no presente trabalho, foi observado que a medida em que houve aumento do fósforo disponível da ração, não houve efeito sobre a cinza e o conteúdo de fósforo do osso. Por outro lado, houve efeito sobre a resistência óssea de aves leves, sendo esta maximizada (12,69), ao nível de 0,270% de fósforo (Figura 8). Para aves semipesadas este efeito não foi observado. Estes resultados discordam dos observados por outros autores. KESHAVARZ (1986) encontrou maior consumo de ração em maiores níveis de fósforo disponível, ao mesmo tempo em que não observou aumento do teor de cinza óssea. Segundo NARVÁEZ et al. (1997), a

Tabela 8– Exigência de fósforo disponível para aves de reposição leve (L) e semipesada (SP), considerando parâmetros de desempenho (fase de crescimento e produção) e ósseo

Parâmetro	Equação	R2	Máx/ mín	Exigências	
				(%)	(% Metabolizável EM)
CR	$Y = 68,0523 + 98,7096x - 186,3460x^2$	0,62	81,12	0,26	0,091
L				5	
SP	$Y = 63,8612 + 113,8010x - 186,9900x^2$	0,26	81,18	0,30	0,105
GP	$Y = 6,8596 + 40,0141x - 64,4134x^2$	0,73	13,07	0,31	0,107
SP				1	
RO	$Y = 3,1795 + 70,4329x - 130,3920x^2$	0,94	12,69	0,27	0,093
L				0	

CR - consumo de ração (g/ ave/ dia); GP– ganho de peso (g/ ave/ dia); RO– resistência óssea (kgf/ mm).

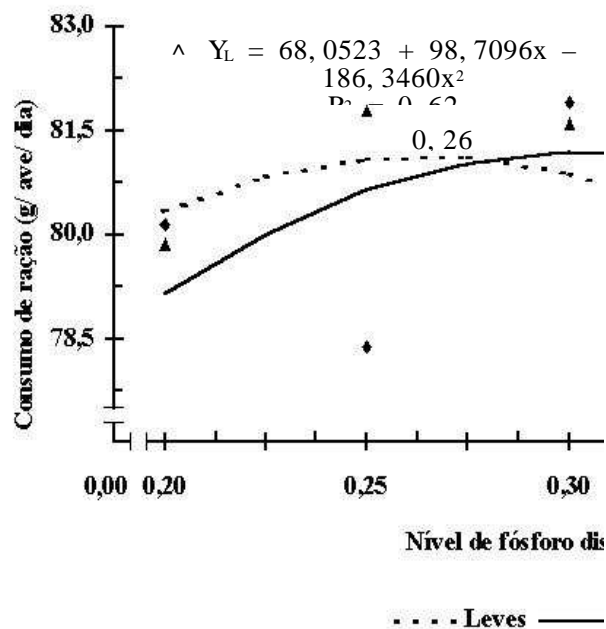


Figura 6 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o consumo de ração de aves de reposição leves e semipesadas.

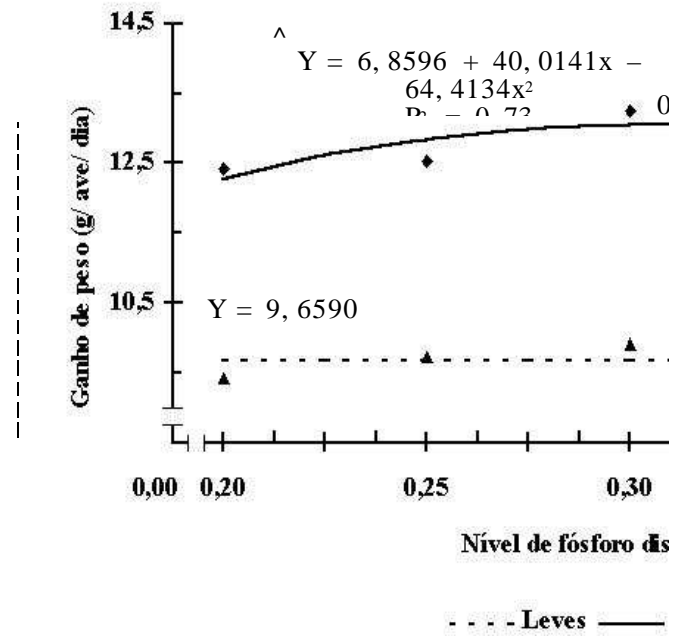


Figura 7 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre o ganho de peso de aves de reposição leves e semipesadas.

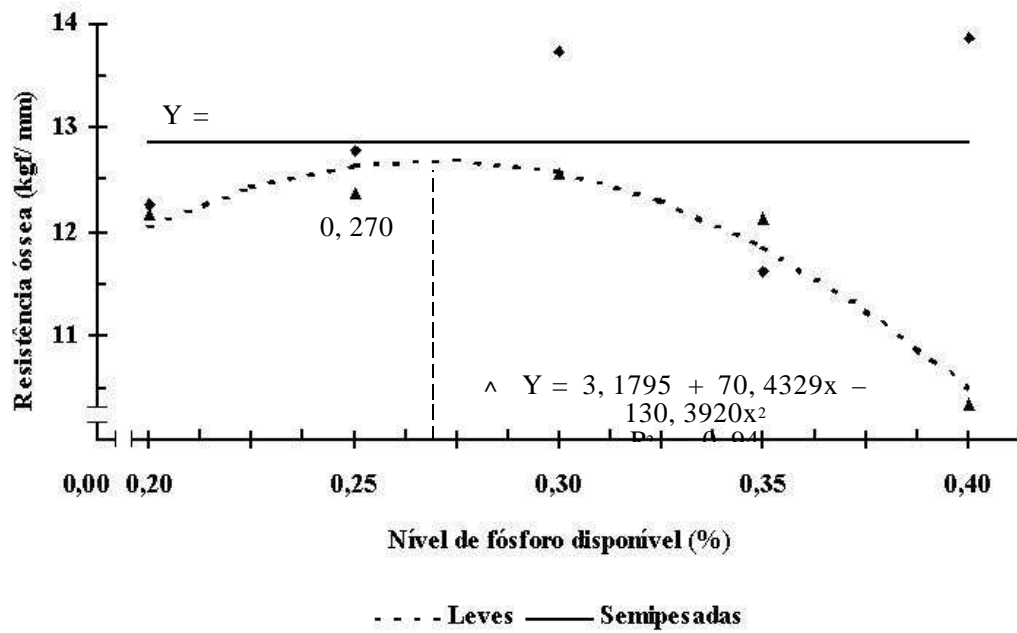


Figura 8 – Efeito dos diferentes níveis de fósforo disponível sobre a resistência óssea de aves de reposição leves e semipesadas.

exigência de nutrientes para a máxima resistência óssea é superior à exigência para todos os outros parâmetros produtivos.

Ao ser comparado as aves leves com as aves semipesadas, dentro de um mesmo parâmetro produtivo, observou-se que na média, as aves semipesadas apresentaram maiores valores de consumo de ração, de ganho de peso e de resistência óssea, enquanto que as aves leves apresentaram maior teor de cinza óssea e pior conversão alimentar.

3.2.2 - Fase de produção de ovos

Os resultados dos diferentes níveis de fósforo disponível da fase de recria sobre os parâmetros produtivos na fase de produção de ovos podem ser observados na Tabela 9.

Observou-se que independente do tipo de ave, os diferentes níveis de fósforo disponível utilizados nas rações de aves de 13 a 20 semanas não afetaram de forma significativa o consumo de ração, a produção de ovos, o peso médio dos ovos, a massa de ovo e a conversão alimentar (g/g e kg/dúzia). No entanto, ao ser comparado os tipos de aves, observou-se que as aves semipesadas apresentaram maior consumo de ração, produção de ovos, peso médio dos ovos, massa de ovo e conversão alimentar (kg/dúzia) que as aves leves.

Apesar de serem trabalhos independentes foi observado que os diferentes níveis de cálcio na ração de aves em crescimento afetaram mais a produtividade dos animais, na fase de postura, do que os diferentes níveis de fósforo disponível. Isto provavelmente ocorreu devido ao fato de que a relação cálcio: fósforo afeta o desempenho dos animais na fase de produção de ovos de forma negativa, quando há aumento da relação cálcio: fósforo disponível pelo aumento do fósforo na ração. KESHAVARZ (1986), trabalhando com cálcio e fósforo na ração de

poedeiras, observou que o cálcio afeta mais a produtividade dos animais do que o fósforo, ao mesmo tempo que em rações com maiores níveis de cálcio há menor ingestão e retenção de fósforo e maior ingestão e menor retenção de cálcio.

Tabela 9 - Parâmetros produtivos de poedeiras leves (L) e semipesadas (SP), submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 13 a 20 semanas de idade

Fósforo disponível ¹ (%)	Consumo ração (g/ ave/ dia)		Produção ovos (%)		Peso médio ovos (%)		Massa de ovo (g ovo/ ave dia)		Conv. alimentar (g/ g)		Conv. alimentar (kg/ dz)	
	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP	L	SP
0,20	95,08	110,05	76,54	82,13	53,04	57,90	40,62	47,55	2,35	2,31	1,50	1,61
0,25	93,67	105,68	72,54	77,51	52,94	58,17	38,39	45,09	2,44	2,34	1,55	1,64
0,30	91,68	105,73	72,32	78,96	53,31	57,74	38,56	45,60	2,38	2,32	1,52	1,61
0,35	92,52	107,66	73,81	77,75	53,00	57,84	39,07	44,98	2,37	2,39	1,51	1,66
0,40	93,92	106,59	71,60	75,73	53,03	58,46	37,96	45,45	2,47	2,35	1,57	1,65
Média	93,37b	107,14a	73,36b	78,82a	53,06b	58,02a	38,92b	45,73a	2,40	2,34	1,53a	1,63b
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C. V. (%)	3,430		3,945		2,487		4,348		4,030		3,696	

¹ Médias seguidas por uma mesma letra dentro de um mesmo parâmetro, não diferem entre pelo teste F ($\alpha = 5,00\%$); C.V. = coeficiente de variação. Q - Efeito quadrático; NS efeito não-significativo; * ($P < 0,05$). Resistência óssea em kgf/ mm, em que 1 N = 0,1020 kgf/ mm.

4 - RESUMO E CONCLUSÕES

Foram utilizados 960 aves, sendo 480 Hy Line W86 (aves leves) e 480 Hy Line Brown (aves semi pesadas), subdivididas em quatro experimentos, dois para as determinações das exigências de cálcio e dois para as determinações das exigências de fósforo disponível. Para cada experimento foram utilizadas 240 aves distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, quatro repetições e 12 aves/ unidade experimental. Os tratamentos, para o experimento de cálcio, consistiram de uma ração basal deficiente em cálcio, suplementada com calcário, de forma a obter 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95% de cálcio. Para os experimentos de fósforo disponível, as aves foram submetidas a ração basal deficiente em fósforo disponível, suplementada com fosfato bicálcico e calcário de forma a obter 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40% de fósforo disponível. As rações foram isoprotéicas (16% PB) e isoenergéticas (2900 kcal de EM). Além disto, para experimento de cálcio as rações foram isofosfóricas (0,35% P disponível) e para o experimento de fósforo foram isocálcicas (0,80% de cálcio). As variáveis avaliadas foram consumo de ração (g/ ave/ dia), ganho de peso (g/ ave/ dia), conversão alimentar (g/ g), resistência do osso à quebra (kgf/ mm), cinza óssea (%) e nutriente (cálcio ou

fósforo) no osso (%). As exigências de cálcio e fósforo disponível foram estimadas através de modelos de regressão polinomial. Após o término do período experimental, as aves foram identificadas de acordo com o tratamento e alimentadas com ração comercial até o início da produção de ovos. As aves foram novamente distribuídas dentro do peso médio do tratamento e alimentadas com uma ração única, contendo 16% de PB e 2800 kcal de EM kg de ração, de forma a estudar o efeito dos diferentes níveis de cálcio e fósforo da fase inicial na produção de ovos.

As estimativas de exigências de cálcio, variaram entre 0,767% (0,264% Mcal EM) e 0,832% (0,287% Mcal EM) para aves leves e 0,733% (0,253% Mcal EM) a 0,782% (0,270% Mcal EM) para aves semipesadas. Enquanto que as exigências de fósforo disponível variaram de 0,265% (0,093% Mcal EM) a níveis superiores ou iguais a 0,450% para aves leves e 0,304% (0,105% Mcal EM) a 0,311% (0,093% Mcal EM) para aves semipesadas. Entretanto, respeitando as respostas biológicas obtidas por ambos tipos de aves, para as características de desempenho e parâmetros ósseos, pode-se definir as exigências nutricionais de cálcio em 0,832% (0,287% Mcal de EM) ou 634 mg/ ave/ dia para aves leves e 0,782% (0,270% Mcal de EM) ou 605 mg/ ave/ dia para aves semipesadas, e as exigências nutricionais de fósforo disponível em 0,270 (0,093% Mcal de EM) ou 219 mg/ ave/ dia para aves leves e 0,311% (0,107% Mcal de EM) ou 255 mg/ ave/ dia para aves semipesadas.

3 – CONCLUSÕES GERAIS

Por meio dos resultados obtidos, pode-se determinar as exigências nutricionais dos animais como sendo:

1. Fase de 0 a 6 semanas de idade:
 - a. Aves leves – 0,937% de cálcio (0,323% Mcal de EM) ou 277 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,420% de fósforo disponível (0,145% Mcal de EM) ou 122 mg de fósforo disponível/ ave/ dia.
 - b. Aves semipesadas – 0,961% de cálcio (0,331% Mcal de EM) ou 274 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,423% de fósforo disponível (0,146% Mcal de EM) ou 120 mg de fósforo disponível/ ave/ dia.
2. Fase de 7 a 12 semanas de idade:
 - a. Aves leves – 0,834% de cálcio (0,288% Mcal de EM) ou 406 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,411% de fósforo disponível (0,142% Mcal de EM) ou 200 mg de fósforo disponível/ ave/ dia.
 - b. Aves semipesadas – 0,815% de cálcio (0,281% Mcal de EM) ou 440 mg de cálcio/ ave/ dia e 0,361% de fósforo disponível (0,125% Mcal de EM) ou 184 mg de fósforo disponível/ ave/ dia.

3. Fase de 13 a 20 semanas de idade:

- a. Aves leves: 0,832% de cálcio (0,287% Mal de EM) ou 634 ng de cálcio/ ave/ dia e 0,270% de fósforo disponível (0,093% Mal de EM) ou 219 ng de fósforo disponível/ ave/ dia.
- b. Aves semipesadas: 0,782% de cálcio (0,270% Mal de EM) ou 605 ng de cálcio/ ave/ dia e 0,311% de fósforo disponível (0,107% Mal de EM) ou 255 ng de fósforo disponível/ ave/ dia.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, K. E., HARVENSTEIN, G. B. and BRAKE, J. Effects of strain and rearing dietary regimens on brown-egg pullet growth and strain, rearing dietary regimens, density, and feed space effects on subsequent laying performance. *Poultry Science*, 74: 1079 – 1092, 1995.
- ATTEH, J. O. and LEESON, S. Influence of increasing dietary calcium and magnesium levels on performance, mineral metabolism and egg mineral content of laying hens. *Poultry Science*, 62: 1261 – 1268, 1983.
- BAILEY, C. A., LINTON, S., BRISTER, R. et al. Effects of graded levels of dietary phosphorus on bone mineralization in the very young poult. *Poultry Science*, 65: 1018 – 1020, 1986.
- BAR, A., STRIEM, S., ROSENBERG, J. and HURWITZ, S. Egg Shell Quality and Cholecalciferol Metabolism in Aged Laying Hens. *Journal Nutrition*, 118: 1018 – 1023, 1988.
- BRONNER, F. Current Concepts of Calcium Absorption: An Overview. *Journal Nutrition*, 122: 641 - 643, 1992.

BRONNER, F. Intestinal Calcium Absorption: Mechanisms and Applications. *Journal Nutrition*, 117: 1347 – 1352, 1987.

BRUGALLI, I., SILVA, D. J., ALBIÑO, L. F. T. et al. Exigência de fósforo disponível e efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo da farinha de carne e ossos para pintos de corte. *Revista brasileira de zootecnia*, 28 (6): 1288 – 1296, 1999.

CAREW L. B. and FOSS, D. C. Dietary phosphorus levels during growth of brown egg type replacement pullets. *Poultry Science*, 59: 812 – 818, 1980.

CASTRO, G. A. Fluid and Electrolyte Absorption. *Gastrointestinal Physiology*. Edited by JOHNSON, L. R. Mosby Year Book, 4^a edition, 1991, p. 131 – 141.

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

CHENG, T. K., PEGURI, A., HAMRE, M. L. and COON, C. N. Effect of rearing regimens on pullet growth and subsequent laying performance. *Poultry Science*, 70: 906 – 916, 1991.

CLASSEN, H. L. and SCOTT, T. A. Self selection of calcium during the rearing and early laying periods of White leghorn pullets. *Poultry Science*, 61: 2065 – 2074, 1982.

ELAROUCSI, M. A., FORTE, L. R., EBER, S. L. and BIELLIER, H. V. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and

dietary calcium effects. *Poultry Science* 73: 1581-1589, 1994.

ETCHES, R.J. Calcium Logistics in the Laying Hen. *Journal Nutrition*, 117: 619 – 628, 1987.

FARMER, M, ROLAND SR., D. A. and CLARK, A. J. Influence of dietary calcium on bone calcium utilization. *Poultry Science*, 65: 337 – 344, 1986.

FROST, T. J. and SR ROLAND, D. A. The influence of various calcium and phosphorus levels on bone formation and production of pullets during peak production. *Poultry Science*, 68 Supplement 1, Abstracts. 1989.

GILBERT, A. B., PEDDIE, J., TEAGUE, P. W., et al. The effect of delaying the onset of laying in pullets with low-calcium diet on subsequent egg production. *British Poultry Science*, 19: 21 – 34, 1978.

GILBERT, A. B., PEDDIE, J., MITCHELL, G. G. et al. The egg-laying response of the domestic hen to variation in dietary calcium. *British Poultry Science*, 22: 537 – 548, 1981.

GRANNER, D.K. Hormônios que Regulam o Metabolismo do Cálcio – Harper: Bioquímica. Editado por MURRAY et al. Atheneu Editora São Paulo. 1990. p. 509 – 518.

HAMILTON, R. M. G. and CIPERA, J. D. Effects dietary calcium levels during the brooding, rearing, and early laying period on feed intake, egg production, and shell quality of white leghorn hens. *Poultry Science*, 60: 349 – 357, 1981.

HAYS, V. W. e SWENSON, M. J. Minerais. DUKES – Fisiologia dos Animais Domésticos. Editado por SWENSON, M.J. e REECE, W.O. Editora Guanabara Koogan, 11ª edição, 1996, p. 471 – 487.

HESS, J. B., BRITON, W. M. Effects of dietary magnesium excess em White leghorn hens. *Poultry Science*, 76: 703 – 710, 1997.

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

HURWITZ, S., FISHMAN, S., TALPAZ, H. Calcium Dynamics: A Model System Approach. *Journal Nutrition*, 117: 791 – 796, 1987.

HUYGHEBAERT, G. and DeGROOTE, G. Effect of dietary fluoride on performance and bone characteristics of broiler and the influence of dryng and deffating on bone breaking strength. *Poultry Science*, 67: 950 – 955, 1988.

HY LINE BROWN. Manual de Manejo – ITO. 1995, 16p.

HY LINE W86. Manual de manejo – ITO. 1997, 22p.

KESHAVARZ, K. and NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poultry Science*, 72: 144 – 153, 1993.

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

- KESHAVARZ, K. The effect of dietary levels of calcium and phosphorus on performance and retention of these nutrients by laying hens. *Poultry Science*, 65: 114 – 121, 1986.
- LEESON, S., SUMMERS, J. D. Step-up protein diets for growing pullets. *Poultry Science*, 58: 681 – 686, 1979.
- LEESON, S. and SUMMERS, J. D. *Commercial Poultry Nutrition* Guelph-Ontário. University Books: 2^a edition. 1997. 355p.
- LEESON, S. JULIAN, R. J. and SUMMERS, J. D. Influence of prelay and early-lay dietary calcium concentration on performance and bone integrity of leghorn pullets. *Canadian Journal Animal Science* 66: 1087 – 1095, 1986.
- LENNARDS, R., ROLAND SR., D. A MCGUIRE, J. A. The relationship of serum calcium to shell weight and other criteria in hens laying a low or high incidence of shell-less eggs. *Poultry Science*, 60: 2501 – 2505, 1981.
- MCDOWELL, L. R. Calcium and Phosphorus - Minerals in Animal and Human Nutrition. Academy Press Inc. San Diego – California. 1992. p. 26 – 77.
- MORAN JR, E. T. Egg quality and hen performance responses to protein-calcium deficiency, cafeteria feeding, and cage density, 65: 1153 – 1162, 1986.
- NARVÁEZ, W. V., ROSTAGNO, H. S. SOARES, P. R. et al. Níveis de cálcio para poedeiras comerciais leves de 46 a 62 semanas de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 27.

- NELSON, T. S., HARRIS, G. C., KIRBY, L. K. et al. Effect of calcium and phosphorus on the incidence of leg abnormalities in growing broilers. *Poultry Science*, 69: 1496 – 1502, 1990.
- NEMERE, I. Vesicular Calcium Transport in Chick Intestine. *Journal Nutrition*, 122: 657 – 661, 1992.
- NEWMAN, S., and LEESON, S. Skeletal Integrity in Layers at the Completion of Egg Production. *World's Poultry Science Journal* 53: 265 – 277, 1997.
- NORMAN, A.W. Studies on the Vitamin D Endocrine System in the Avian. *Journal Nutrition*, 117: 797 – 807, 1987.
- NRC. Nutrient requirements of poultry. 9 ed. National Academy Press. Washington DC. 155p. 1994.
- RENNIE, J. S., FLEMING, R. H., McCORMACK, H. A. et al. Studies on effects of nutritional factors on bone structure and osteoporosis in laying hens. *British Poultry Science*, 38: 417 – 424, 1997.
- RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, Rhodimet™ Feed Formulation Guide. 6th edition. 39 p. 1993.
- ROLAND SR., D. A., BRYANT, M. M., RABON, H. W. Influence of calcium and environmental temperature on performance of first-cycle (phase 1) commercial leghorns. *Poultry Science* 75: 62 – 68, 1996.
- ROSTAGNO, H. S., BARBARINO JR., P. e BARBOZA, W. A. Exigências nutricionais de aves determinadas no Brasil. In ... *Simpósio Internacional sobre exigências*

nutricionais de aves e suínos. Editado por HORÁCIO SANTIAGO ROSTAGNO. Viçosa MG 1996. p. 361 – 388.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Composição de alimentos e exigências nutricionais)*. Viçosa - MG: UFV - DZO, 2000. p.141.

ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A. et al. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras)*. Viçosa - MG: Imprensa Universitária, 1994. 61p.

SANTOS, B. M., FARIA, J. E. e RIBEIRO, V. V. Doenças virais de importância nas aves. Cadernos Didáticos nº 13. UFV Imp. Univ., 1997. Viçosa, MG

SCOTT, M.L., NESHEIM M.C., YOUNG, R.J. *Essential Inorganic Elements - Nutrition of the Chicken*. ML Scott Associates, New York, 3rd edition, 1982, p.287 - 304.

SHAFEY, T. M., McDONALD, M. W., PIM, R. A. E. The effect of dietary calcium upon growth rate, food utilisation and plasma constituents in lines of chickens selected for aspects of growth or body composition. *British Poultry Science*, 31: 577 – 586, 1990.

SILVA, D. J. *Análises de Alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa, MG Imprensa Universitária, 1990a. 165 p.

- SILVA, M. L. F. Exigências nutricionais de cálcio para galinhas reprodutoras de corte. Viçosa – MG: UFV, 1990b. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- TAHER, A. I. GLEAVES, E. W. and BECK, M. Special calcium appetite in laying hens. *Poultry Science*, 63: 2261 – 2267. 1984.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Central de Processamento de Dados (UFV/ CPD). *Manual de Utilização do Programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa, MG: UFV, 1997. 59p.
- WASSERMAN, R.H., KALLFELZ, F.A., LUST, G. Ossos, Articulações e Líquido Sinovial. DUKES – Fisiologia dos Animais Domésticos. Editado por SWENSON, M.J. e REECE, W.O. Editora Guanabara Koogan, 11ª edição, 1996, p. 488 – 520.
- WIDEMAN JR, R.F. Renal Regulation of Avian Calcium and Phosphorus Metabolism. *Journal Nutrition*, 117: 808 – 815, 1987.
- ZOLLITSCH, W., ZHI QIANG, C., PEGURI, A., et al. Nutrient requirements of laying hens. In ... *Simpósio Internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos*. Editado por HORÁCIO SANTIAGO ROSTAGNO. Viçosa MG 1996. p. 109 – 159.

5 - APÊNDICE

Quadro 1 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 0 a 6 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		C R	G P	C A
Marca	1	0,987468 ns	26,33890 *	5,247975 *
Leve (trat.)	4	3,020912 ns	0,207970 ns	0,086212 ns
Linear	1	3,406530 ns	0,214118 ns	0,253194 ns
Quadrática	1	2,708006 ns	0,542699 *	0,032590 ns
Cúbica	1	4,980176 ns	0,070359 ns	0,024704 ns
Quártica	1	0,988928 ns	0,004701 ns	0,034370 ns
Semipesada (trat.)	4	1,952838 ns	0,185703 ns	0,072712 ns
Linear	1	2,095168 ns	0,005729 ns	0,015327 ns
Quadrática	1	3,631154 ns	0,697491 *	0,251607 ns
Cúbica	1	1,832735 ns	0,015471 ns	0,010362 ns
Quártica	1	0,252295 ns	0,024119 ns	0,013551 ns
Resíduo	30	4,952836	0,131766	0,096348
C. V. (%)	---	7,706	4,370	8,820

* efeito significativo (P<0,05); ns - efeito não-significativo.

Quadro 2 A - Análise de variância da resistência óssea (RO), cinza óssea (CO) e cálcio no osso (CAO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 0 a 6 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		RO	CO	CAO
Marca	1	8,705413 *	0,010776 ns	0,874274 ns

Leve (trat.)	4	0,285073 ns	1,737064 ns	1,178441 ns
Linear	1	1,003483 *	5,658110 ns	2,914474 ns
Quadrática	1	0,068679 ns	0,018227 ns	0,028573 ns
Cúbica	1	0,000529 ns	1,261449 ns	1,375070 ns
Quártica	1	0,067600 ns	0,010476 ns	0,395645 ns
Semipesada (trat.)	4	0,626033 *	3,035975 ns	6,134827 *
Linear	1	1,130479 *	3,554322 ns	9,296697 *
Quadrática	1	1,052117 *	0,086047 ns	0,005007 ns
Cúbica	1	0,053870 ns	3,423609 ns	4,082712 ns
Quártica	1	0,268245 ns	5,079911 ns	11,15486 ns
Resíduo	30	0,191980	1,821011	1,959664
C. V. (%)	---	7,550	3,420	5,669

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 3 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 0 a 6 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	GP	CA
Marca	1	0,012868 ns	9,650490 *	1,914432 *
Leve (trat.)	4	3,286956 ns	0,215753 ns	0,082543 ns
Linear	1	5,108664 ns	0,233981 ns	0,280098 ns
Quadrática	1	6,926854 ns	0,521168 *	0,001273 ns
Cúbica	1	0,025570 ns	0,106539 ns	0,028275 ns
Quártica	1	1,086725 ns	0,001326 ns	0,020525 ns
Semipesada (trat.)	4	4,010171 ns	0,145457 ns	0,070838 ns
Linear	1	1,033540 ns	0,196944 ns	0,004100 ns
Quadrática	1	2,828759 ns	0,320990 *	0,174138 ns
Cúbica	1	3,254156 ns	0,000145 ns	0,044899 ns
Quártica	1	8,924198	0,063747	0,602169

		ns	ns	ns
Resíduo	30	5,147982	0,083524	0,085699
C. V. (%)	---	7,884	3,561	8,216

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 4 A - Análise de variância da resistência óssea (RO), cinza óssea (CO) e fósforo no osso (PO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 0 a 6 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		RO	CO	PO
Marca	1	10,06725 *	8,616100 ns	41,27522 *
Leve (trat.)	4	0,095341 ns	4,987078 ns	0,218529 ns
Linear	1	0,055823 ns	8,627321 ns	0,235454 ns
Quadrática	1	0,278777 ns	2,038614 ns	0,077930 ns
Cúbica	1	0,046009 ns	7,464069 ns	0,015534 ns
Quártica	1	0,000757 ns	1,818304 ns	0,545196 ns
Semipesada (trat.)	4	0,211354 ns	12,68982 ns	0,620286 *
Linear	1	0,230050 ns	0,597297 ns	1,542520 *
Quadrática	1	0,002516 ns	1,809775 ns	0,200978 ns
Cúbica	1	0,388811 ns	11,40498 ns	0,735884 *
Quártica	1	0,224039 ns	36,94703 *	0,001759 ns
Resíduo	30	0,192025	5,341591	0,150823
C. V. (%)	---	7,512	5,698	5,942

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 5 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	GP	CA
Marca	1	277,0066 *	79,98776 *	1,566593 *
Leve (trat.)	4	3,565889 ns	0,196690 ns	0,019483 ns
Linear	1	1,099556 ns	0,000064 ns	0,007806 ns
Quadrática	1	0,027243	0,464125	0,055423 * ¹

Cúbica	1	ns 1, 181603	* 0, 004973	0, 005050
Quartica	1	ns 11, 95512	ns 0, 317596	ns 0, 009653
Linear	4	* 3, 107012	ns 0, 140421	ns 0, 024204
Quadrática	1	ns 4, 624814	ns 0, 098931	ns 0, 004983
Cúbica	1	ns 4, 426345	ns 0, 364384	ns 0, 080323
Quartica	1	ns 0, 260687	* 0, 051779	* 0, 007196
Resíduo	30	ns 2, 863089	ns 0, 081872	ns 0, 016682
C. V. (%)	---	3, 300	2, 093	3, 424

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo;

1 significativo (P<0,078).

Quadro 6 A - Análise de variância da resistência óssea (RO), cinza óssea (CO) e cálcio no osso (CAO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		RO	CO	CAO
Marca	1	51, 10050 *	20, 18890 *	1, 129089 ns
Leve (trat.)	4	0, 681394 ns	1, 572520 ns	0, 860271 ns
Linear	1	0, 812327 ns	0, 024206 ns	0, 221768 ns
Quadrática	1	0, 006391 ns	0, 106918 ns	0, 047802 ns
Cúbica	1	1, 552363 ns	1, 056756 ns	0, 195657 ns
Quartica	1	0, 354494 ns	4, 591374 ns	2, 975846 ns
Linear	4	1, 404159 ns	6, 231566 *	2, 861749 ns
Quadrática	1	0, 494837 ns	3, 771232 ns	6, 868047 ns
Cúbica	1	0, 049540 ns	0, 649465 ns	2, 254442 ns
Quartica	1	0, 055710 ns	5, 204175 ns	1, 458240 ns
Resíduo	30	5, 016531 *	15, 30136 *	0, 866265 ns
C. V. (%)	---	7, 505	2, 898	8, 449

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 7 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), produção de ovos (POV) e peso médio de ovos (PMO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	POV	PMO
Marca	1	1727,738 *	7,210941 ns	390,9075 *
Leve (trat.)	4	5,645440 ns	13,49738 ns	0,860404 ns
Linear	1	9,166901 ns	11,63966 ns	0,251853 ns
Quadrática	1	1,158176 ns	26,32149 ns	1,982227 ns
Cúbica	1	2,872657 ns	14,61883 ns	0,543852 ns
Quártica	1	9,384009 ns	1,409530 ns	0,663683 ns
Semipesada (trat.)	4	52,14603 ns	18,97935 ns	2,997059 *
Linear	1	15,37357 ns	3,699150 ns	3,972969 ns
Quadrática	1	164,4739 *	46,99640 *	2,496741 ns
Cúbica	1	19,29258 ns	0,186850 ns	5,168553 ns
Quártica	1	9,444160 ns	25,03486 ns	0,349967 ns
Resíduo	30	20,56680	9,426712	1,101439
C. V. (%)	---	4,342	3,652	1,934

* efeito significativo ($P < 0,05$); ns - efeito não-significativo.

Quadro 8 A - Análise de variância da massa de ovo (MO), conversão alimentar (g/g) (CAg) e conversão alimentar (kg/dz) (CAdz), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		MO	CAg	CAdz
Marca	1	324,9068 *	0,0000013 ns	0,297848 *
Leve (trat.)	4	6,467350 ns	0,0121561 ns	0,001834 ns
Linear	1	4,848357 ns	0,0025456 ns	0,000361 ns
Quadrática	1	14,66584 *	0,0316815 ns	0,005067 ns
Cúbica	1	6,337386 ns	0,0102087 ns	0,001558 ns
Quártica	1	0,017827 ns	0,0041886 ns	0,000352 ns

Semipesada (trat.)	4	5,564702 ns	0,0555146 *	0,026784 *
Linear	1	7,511919 ns	0,0458959 ns	0,007982 ns
Quadrática	1	6,668379 ns	0,1475858 *	0,094633 *
Cúbica	1	2,564981 ns	0,0267245 ns	0,002600 ns
Quártica	1	5,513500 ns	0,0018523 ns	0,001922 ns
Resíduo	30	2,886792	0,0170557	0,007411
C. V. (%)	---	3,725	5,694	5,766

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 9 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	GP	CA
Marca	1	124,6721 *	45,07430 *	1,079389 *
Leve (trat.)	4	6,526693 ns	0,142120 ns	0,011404 ns
Linear	1	5,591414 ns	0,196070 ns	0,002409 ns
Quadrática	1	19,69416 *	0,326941 *	0,030176 ns
Cúbica	1	0,820694 ns	0,008923 ns	0,009819 ns
Quártica	1	0,000508 ns	0,036548 ns	0,003212 ns
Semipesada (trat.)	4	0,690092 ns	0,089864 ns	0,014299 ns
Linear	1	0,184856 ns	0,004533 ns	0,000126 ns
Quadrática	1	0,503222 ns	0,310829 *	0,034869 ns
Cúbica	1	0,107786 ns	0,000012 ns	0,000491 ns
Quártica	1	1,964497 ns	0,044081 ns	0,021711 ns
Resíduo	30	3,338560	0,073587	0,020968
C. V. (%)	---	3,664	2,028	3,871

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 10 A - Análise de variância da resistência óssea (RO), cinza óssea (CO) e fósforo no osso (PO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		RO	CO	PO
Marca	1	90,20045 *	26,11407 *	4,937451 *
Leve (trat.)	4	0,283369 ns	1,208816 ns	9,236743 *
Linear	1	0,111666 ns	0,358249 ns	5,230474 *
Quadrática	1	0,956969 ns	1,504980 ns	31,00325 *
Cúbica	1	0,055177 ns	0,867783 ns	0,671247 ns
Quártica	1	0,009662 ns	2,104244 ns	0,042008 ns
Semipesada (trat.)	4	3,837650 *	1,046698 ns	3,973296 *
Linear	1	1,493653 ns	0,640738 ns	2,981352 ns
Quadrática	1	10,13553 *	1,498899 ns	6,127709 *
Cúbica	1	0,145664 ns	1,781427 ns	2,360634 ns
Quártica	1	3,575752 *	0,265729 ns	4,423481 *
Resíduo	30	0,775001	0,891702	1,034270
C. V. (%)	---	7,892	2,178	8,407

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 11 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), produção de ovos (POV) e peso médio dos ovos (PMO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	POV	PMO
Marca	1	1906,066 *	69,46886 ns	319,1804 *
Leve (trat.)	4	10,37101 ns	143,0858 *	0,976618 ns
Linear	1	16,45359 ns	443,2947 *	0,158302 ns
Quadrática	1	9,852031 ns	121,0146 *	0,030725 ns
Cúbica	1	15,08136 ns	5,578286 ns	3,687729 ns
Quártica	1	0,097057 ns	2,455850 ns	0,029712 ns
Semipesada (trat.)	4	8,499067 ns	35,05546 ns	0,376605 ns
Linear	1	1,131081 ns	0,018403 ns	0,295463 ns
Quadrática	1	14,68364	89,88412	0,961873

Cúbica	1	ns 9,807279	* 41,22431	ns 0,244471
Quartica	1	ns 8,374255	ns 9,094948	ns 0,004611
Resíduo	30	ns 11,07889	ns 18,88454	ns 1,113855
C. V. (%)	---	ns 3,294	5,489	1,925

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 12 A - Análise de variância da massa de ovo (MO), conversão alimentar (g:g) (CAg) e conversão alimentar (kg: dúzia) (CADz), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 7 a 12 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		MO	CAg	CADz
Marca	1	349,7274 *	0,151288 ns	0,237305 *
Leve (trat.)	4	39,16427 *	0,311609 *	0,064132 *
Linear	1	126,3266 *	0,965397 *	0,221656 *
Quadrática	1	29,87588 *	0,263543 *	0,028879 ns
Cúbica	1	0,044340 ns	0,012148 ns	0,005912 ns
Quartica	1	0,410323 ns	0,005348 ns	0,000082 ns
Semipesada (trat.)	4	9,175391 *	0,076343 ns	0,011699 ns
Linear	1	0,269460 ns	0,000040 ns	0,000734 ns
Quadrática	1	22,19550 ns	0,195748 *	0,017921 ns
Cúbica	1	11,32009 ns	0,089777 ns	0,027691 ns
Quartica	1	2,916481 ns	0,019807 ns	0,000452 ns
Resíduo	30	5,709090	0,041126	0,009019
C. V. (%)	---	5,500	5,489	6,173

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 13 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	GP	CA
Marca	1	0,669925	0,797502	0,369157

Leve (trat.)	4	ns 8,752784	ns 0,583601	* 0,130788
Linear	1	ns 0,916146	ns 0,582014	ns 0,327681
Quadrática	1	ns 11,39758	ns 1,316452	* 0,168949 * ¹
Cúbica	1	ns 8,839337	ns 0,028318	ns 0,024444
Quártica	1	ns 13,85801	ns 0,407619	ns 0,002077
Resíduo	30	ns 13,62657	ns 0,403602	ns 0,051545
C. V. (%)	---	ns 4,878	ns 5,516	ns 3,450

* efeito significativo (P<0,05); ns - efeito não-significativo (P<0,08); ¹efeito significativo (P<0,057).

Quadro 14 A - Análise de variância da resistência óssea (RO), cinza óssea (CO) e cálcio no osso (CAO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		RO	CO	CAO
Marca	1	10,55706 *	9,356616 ns	9,072691 ns
Leve (trat.)	4	4,735166 *	2,135266 ns	5,286880 ns
Linear	1	1,437800 ns	1,149031 ns	8,416510 ns
Quadrática	1	10,03334 *	2,257504 ns	1,335286 ns
Cúbica	1	0,034821 ns	0,223221 ns	3,511055 ns
Quártica	1	7,434674 *	4,911293 ns	7,884629 ns
Resíduo	30	1,372082 *	4,121977 ns	1,947984 ns
Semipesada (trat.)	4	0,829351 ns	10,20930 ns	2,905899 ns
Linear	1	2,833150 *	0,224280 ns	0,027073 ns
Quadrática	1	1,331202 ns	0,639864 ns	0,099387 ns
Cúbica	1	1,331202 ns	0,639864 ns	0,099387 ns

Quartica	1	ns 0,494623	ns 5,414442	ns 4,759554
Resíduo	30	ns 0,505021	ns 2,932853	ns 2,539880
C. V. (%)	---	5,644	3,858	6,756

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 15 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), produção de ovos (POV) e peso médio de ovos (PMO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	POV	PMO
Marca	1	2112,278 *	115,1958 *	330,4308 *
Leve (trat.)	4	13,13524 ns	17,97798 *	1,906033 ns
Linear	1	3,089179 ns	24,76410 *	4,616276 *
Quadrática	1	17,94044 ns	46,65811 *	0,081003 ns
Cúbica	1	22,83605 ns	0,403572 ns	0,102174 ns
Quartica	1	8,675258 ns	0,086130 ns	2,824679 ns
Semipesada (trat.)	4	39,42421 ns	30,36361 *	1,303263 ns
Linear	1	28,64587 ns	5,039464 ns	2,020537 ns
Quadrática	1	32,29040 ns	64,26129 *	0,387914 ns
Cúbica	1	0,014913 ns	0,039990 ns	0,288838 ns
Quartica	1	96,74528 ns	52,11342 *	2,515752 ns
Resíduo	30	24,21930	4,943348	1,116854
C. V. (%)	---	4,856	2,881	1,934

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 16 A - Análise de variância da massa de ovo (MO), conversão alimentar (g/g) (CAg) e conversão alimentar (kg/dz) (CA dz), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		MO	CAg	CA dz
Marca	1	395,7291 *	0,001956 ns	0,245089 *
Leve (trat.)	4	3,337064 ns	0,006022 ns	0,004222 ns

Linear	1	0,966772 ns	0,000198 ns	0,005190 ns
Quadrática	1	11,08055 *	0,010886 ns	0,005039 ns
Cúbica	1	0,010864 ns	0,012981 ns	0,003857 ns
Quártica	1	1,290063 ns	0,000024 ns	0,002803 ns
Semipesada (trat.)	4	8,595389 *	0,010103 ns	0,002158 ns
Linear	1	0,028668 ns	0,013722 ns	0,001493 ns
Quadrática	1	25,79864 *	0,021275 ns	0,007121 ns
Cúbica	1	0,288329 ns	0,000877 ns	0,000017 ns
Quártica	1	8,265866 ns	0,004540 ns	0,000002 ns
Resíduo	30	2,076101	0,010516	0,005592
C. V. (%)	---	3,414	4,268	4,747

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 17 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	GP	CA
Marca	1	0,757604 ns	95,21040 *	39,71098 *
Leve (trat.)	4	11,81354 ns	0,169458 ns	0,126619 ns
Linear	1	17,15579 *	0,009646 ns	0,299266 ns
Quadrática	1	12,15371 ns	0,633647 ns	0,086885 ns
Cúbica	1	13,98486 ns	0,005345 ns	0,114333 ns
Quártica	1	3,959777 ns	0,029194 ns	0,005993 ns
Semipesada (trat.)	4	11,89460 *	0,563752 ns	0,047349 ns
Linear	1	0,258291 ns	0,186615 ns	0,041434 ns
Quadrática	1	12,23785 *	1,452173 *	0,116516 ns
Cúbica	1	31,09550 *	0,354919 ns	0,023876 ns
Quártica	1	3,986681 ns	0,261297 ns	0,007570 ns
Resíduo	30	2,924728	0,286972	0,122606
C. V. (%)	---	2,135	4,782	4,796

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 18 A - Análise de variância da resistência óssea (RO), cinza óssea (CO) e fósforo no osso (CAO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de cálcio de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		RO	CO	PO
Marca	1	8,821164 *	46,52879 *	0,000423 ns
Leve (trat.)	4	3,187305 *	3,063090 ns	2,229883 ns
Linear	1	6,087885 *	8,972844 ns	2,102863 ns
Quadrática	1	5,950765 *	1,174122 ns	3,451477 ns
Cúbica	1	0,709951 ns	0,798932 ns	1,320058 ns
Quártica	1	0,000620 ns	1,306459 ns	2,045128 ns
Semipesada (trat.)	4	3,713042 *	3,588786 ns	1,609270 ns
Linear	1	1,693479 ns	0,856439 ns	2,166015 ns
Quadrática	1	0,040706 ns	1,600287 ns	2,749818 ns
Cúbica	1	6,174138 *	0,087662 ns	0,110687 ns
Quártica	1	6,943826 *	11,81072 ns	1,410562 ns
Resíduo	30	0,426637	4,266105 ns	1,205616
C. V. (%)	---	5,271	4,908	9,410

* efeito significativo (P<0,05); ns - efeito não-significativo.

Quadro 19 A - Análise de variância do consumo de ração (CR), produção de ovos (POV) e peso médio de ovos (PMO), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		CR	POV	PMO
Marca	1	1895,297 *	297,685 *	246,0206 *
Leve (trat.)	4	6,914527 ns	15,1628 ns	0,082878 ns
Linear	1	4,817491 ns	298,708 ns	0,000386 ns
Quadrática	1	20,49941 ns	7,93432 ns	0,050376 ns
Cúbica	1	0,511546 ns	22,3628 ns	0,008659 ns
Quártica	1	1,829647	0,64627 ns	0,272088

		ns		ns
Semipesada (trat.)	4	13,15241	15,0445	0,338796
Linear	1	9,778013	29,3222	0,251459
Quadrática	1	20,55622	12,2689	0,415930
Cúbica	1	21,96747	9,52119	0,597421
Quártica	1	0,307943	9,06571	0,090349
Resíduo	30	11,82325	9,01238	1,908074
C. V. (%)	---	3,430	3,945	2,487

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.

Quadro 20 A - Análise de variância da massa de ovo (MO), conversão alimentar (g/g) (CAg) e conversão alimentar (kg/dz) (CADz), de aves leves e semipesadas submetidas a diferentes níveis de fósforo disponível de 13 a 20 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		MO	CAg	CADz
Marca	1	464,0571	0,034946	0,102131
		*	ns	*
Leve (trat.)	4	4,245493	0,010842	0,004190
Linear	1	8,569566	0,012001	0,004803
Quadrática	1	1,908020	0,002094	0,000451
Cúbica	1	6,503634	0,028286	0,011480
Quártica	1	0,000744	0,000984	0,000025
Semipesada (trat.)	4	4,368473	0,004066	0,002338
Linear	1	7,426353	0,004883	0,004051
Quadrática	1	6,348722	0,000889	0,000005
Cúbica	1	1,393014	0,001918	0,000052
Quártica	1	2,305791	0,008576	0,005246
Resíduo	30	3,387139	0,009149	0,003414
C. V. (%)	---	4,348	4,030	3,696

* efeito significativo (P<0,05); ns – efeito não-significativo.