PAULA DUARTE SILVA RANGEL GARCIA

**Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas alimentadas
com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e
suplementadas com fitase**

Pirassununga
2010

PAULA DUARTE SILVA RANGEL GARCIA

**Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas
alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e
suplementadas com fitase**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Nutrição e Produção
Animal da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de mestre
em Ciências

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque

Pirassununga

2010

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.2294
FMVZ

Garcia, Paula Duarte Silva Rangel

Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e suplementadas com fitase / Paula Duarte Silva Rangel Garcia. -- 2010.
68 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2010.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque.

1. Aves. 2. Enzima. 3. Mineral. 4. Nutrição. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado: "Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e suplementadas com diferentes níveis de fitase", protocolado sob o nº1541/2008, utilizando 384 (trezentos e oitenta e quatro) codornas, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 18/03/09.

(We certify that the Research "Performance and quality of eggs of quails Japanese fed with different phosphorus levels and supply with different phytase levels", protocol number 1541/2008, utilizing 384 (three hundred eighty four) quails, under the responsibility Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the School of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 03/18/09).

São Paulo, 20 de março de 2009

Prof. Dr. José Luis Bernardino Merusse
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: GARCIA, Paula Duarte Silva Rangel

Título: Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e suplementadas com fitase

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.	_____	Instituição: _____
Assinatura:	_____	Julgamento: _____

Prof. Dr.	_____	Instituição: _____
Assinatura:	_____	Julgamento: _____

Prof. Dr.	_____	Instituição: _____
Assinatura:	_____	Julgamento: _____

*Dedico essa dissertação
A Deus
e aos meus pais*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, se não fosse por Ele estar sempre iluminando meu caminho, nada disso teria acontecido;

As pessoas que são minha base, meu porto seguro, que sempre me deram estrutura para seguir em frente e lutar pelos meus sonhos, meus pais, amo demais, essa conquista é para vocês;

A Renata, minha irmã mais do que querida, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado em todos os momentos;

Ao Professor Ricardo, que me deu a chance de começar de novo, obrigada pelos ensinamentos profissionais e pessoais, termino essa etapa tendo o senhor como um amigo;

Aos meus padrinhos, Betito, Sandra e Mazé, pessoas mais do que importantes em minha vida, obrigada por sempre estarem ao meu lado;

A todos meus parentes que de alguma maneira estiveram envolvidos nessa vitória, avós, primos, tios, sem essa estrutura familiar com certeza eu não teria conseguido;

Aos meus “velhos” amigos que me incentivaram a começar o mestrado, agüentaram as minhas crises e minha ausência, mas nunca se desligaram de mim, obrigada por tudo, em especial ao meu grande amigo Sergio, que se não fosse ele brigar um pouquinho comigo eu não teria vindo para Pirassununga, te adoro meu amigo;

Aos meus “novos” amigos, que encontrei durante essa caminhada, Andréia, Camila, Carol Malek, Carol Tobias, Cláudia, Cris, Daniela Gerônimo, Daniella, Elmeson, Érika, Esther, Eugênio, Fernanda, Francine, Henry, Iacaná, Jefferson, João Paulo, Juliana Barreiro, Juliana Pinheiro, Juliane Diniz, Julianne Naves, Larissa, Michele, Nara, Pascoal, Vinicius, obrigada pela amizade;

Em especial as 3 Jus e a Dani, sempre serão muito especiais pra mim, com certeza os momentos passados com vocês serão eternizados na minha memória. E quantos momentos, quantas fotos, heim?! Serão guardadas com todo amor e carinho. Vocês fizeram meus momentos de alegrias gigantes e os de dificuldades bem mais fáceis de serem superados. Amo todas.

A Andréia, que se mostrou amiga desde o primeiro momento. Obrigada por tudo que você fez por mim. A “tripa” será inesquecível.

A Dani, que se tornou muito mais do que uma amiga, uma irmã, estando ao meu lado em TODOS os momentos, essa dissertação também é um pouquinho sua.

Obrigada por ser essa amiga maravilhosa.

Ao Henry, que, primeiro como amigo e depois como namorado, agüentou ao meu lado os bons e os maus momentos dessa jornada, agüentou as minhas irritações e as minhas chatices de um momento estressante que é o fim de um mestrado.

Tenho certeza que essa será apenas a primeira vitória que vamos comemorar juntos. Te amo muito muito muito;

A todos os professores, obrigada pelos ensinamentos passados;

A todos os funcionários, vocês são extremamente importantes para o perfeito andamento de todo o departamento. Em especial aos funcionários do aviário, Edinho e China e aos técnicos do Laboratório de Bromatologia, Ari, Gilson, Simi e Everson que me auxiliaram durante todo o experimento;

E aos animais, que são nosso maior objeto de estudo, e que muitas vezes se sacrificam para que possamos aprender, sem eles nada seria possível.

RESUMO

GARCIA, P. D. S. R. **Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e suplementadas com fitase.** [Egg quality and performance of Japanese quail fed diets containing different levels of phosphorus and supplemented with phytase]. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

As enzimas são incorporadas aos alimentos das aves, com o propósito de melhorar o desempenho destas e, com isso, a rentabilidade do setor avícola. O uso de fitase em rações avícolas é uma prática aceita mundialmente em diversas realidades deste setor produtivo, sendo uma das enzimas mais estudadas na nutrição animal. Ela degrada as moléculas de ácido fítico e fitato. A hidrólise do fitato não é responsável somente pela liberação de fósforo, mas também de minerais e proteínas, que podem estar associadas aos íons fosfato. O uso desta enzima permite diminuir a quantidade de certas substâncias adicionadas às rações, o que pode reduzir custos de produção e melhorar resultados zootécnicos. Pesquisas sobre o uso de fitase foram desenvolvidas com frangos de corte e poedeiras. Entretanto, não se encontram dados na literatura a respeito do uso de fitase na dieta de codornas. Objetivou-se avaliar os efeitos do fornecimento de rações com níveis diferentes de fósforo e fitase, sobre o desempenho das codornas e a qualidade dos ovos, durante 84 dias, com 320 aves de 35 semanas de idade. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com 4 níveis de fósforo disponível (0,106; 0,210; 0,315; 0,385%) e 2 níveis de fitase (0 e 600FTU), totalizando 8 tratamentos com 5 repetições. Os resultados mostraram que os níveis de fósforo e o uso da fitase não influenciaram no consumo de ração, na conversão alimentar por dúzia de ovos e no peso dos componentes dos ovos (albúmen, gema e casca). Já para a produção de ovos e produção de ovos comercializáveis por dia por ave, houve interação fósforo x fitase, demonstrando uma tendência ao efeito linear, sendo que o melhor desempenho foi com o nível de 0,385% fósforo disponível sem adição de fitase. Para o peso e a massa dos ovos a interação também apresentou efeito, porém de desvio da quadrática, e os melhores resultados foram observados com o nível de 0,210% fósforo disponível sem adição de fitase. Para gravidade específica o melhor resultado foi observado com a adição de fitase e 0,106% fósforo disponível, mostrando um efeito de desvio da quadrática para a interação fósforo x fitase. Resultados significativos para a porcentagem de casca, um efeito linear para a interação fósforo x fitase

com a maior porcentagem observada com o nível de 0,385% fósforo disponível sem adição de fitase e para a porcentagem de gema um efeito de desvio da quadrática para os níveis de fósforo, com a maior porcentagem observada com o nível de 0,315% fósforo disponível. Pode-se concluir que a suplementação de 600FTU é eficaz na qualidade da casca dos ovos, em dietas com 0,106% de fósforo disponível. Os níveis de fósforo disponível podem ser reduzidos para 0,106% sem alterar o consumo de ração, a conversão alimentar, o peso dos componentes dos ovos e a porcentagem de albúmen. Para a massa e o peso dos ovos o nível ideal de fósforo disponível na dieta é 0,210% e para a porcentagem de gema e de casca o nível ideal é de 0,385% de fósforo disponível.

Palavras-chave: Aves. Enzima. Mineral. Nutrição.

ABSTRACT

GARCIA, P. D. S. R. **Egg quality and performance of Japanese quail fed diets containing different levels of phosphorus and supplemented with phytase.** [Qualidade dos ovos e desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo e suplementadas com fitase]. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

The enzymes are incorporated into foods from poultry, in order to improve their performance and thereby the profitability of the poultry sector. The use of phytase in poultry rations is an accepted practice worldwide in diverse realities of this sector, being one of the most studied enzymes in animal nutrition. It degrades the molecules of phytic acid and phytate. Hydrolysis of phytate is responsible not only for the release of phosphorus, but also minerals and proteins that may be associated with the phosphate ions. The use of this enzyme can reduce the amount of certain substances added to the rations, which can reduce production costs and improve outcomes husbandry. Research on the use of phytase were developed with broilers and layers. However, there are no published data regarding the use of phytase in the diet of quails. The objective was to evaluate the effects of feeding with different levels of phosphorus and phytase on performance and quality of quail eggs for 84 days, with 320 birds of 35 weeks of age. We used a completely randomized design with four levels of available phosphorus (0.106, 0.210, 0.315, 0.385%) and two phytase levels (0 and 600FTU), totalizing eight treatments with five replications. The results showed that phosphorus levels and the use of phytase did not influence the feed intake, feed conversion per dozen eggs and weight of egg components (albumen, yolk and shell). As for egg production and commercial egg production per day per bird, phosphorus x phytase interaction was observed, demonstrating a tendency to linearly, with the best performance was with the level of 0.385% available phosphorus with no added phytase. For the weight and egg mass also showed the interaction effect, but the deviation from quadratic, and the best results were observed at the level of 0.210% available phosphorus with no added phytase. Specific gravity for the best result was observed with the addition of phytase and available phosphorus 0.106%, showing an effect of the quadratic deviation for phosphorus x phytase interaction. Significant results for the percentage of shell, a linear effect for phosphorus x phytase interaction with the highest percentage observed at the level of 0.385% available phosphorus with no added phytase and the yolk percentage deviation from a

quadratic effect on the levels of phosphorus, with the highest percentage observed at the level of 0.315% available phosphorus. It can be concluded that supplementation of 600FTU is effective as the egg shell in diets with 0,106% available phosphorus. The available phosphorus levels can be reduced to 0.106% without changing feed intake, feed conversion, weight of egg components and the percentage of albumen. For mass and weight of eggs to an optimal level of available phosphorus in the diet is 0.210% and the percentage of yolk and shell is the ideal level of 0.385% available phosphorus.

Key words: Poultry. Enzyme. Mineral. Nutrition.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 -	Gaiolas de arame galvanizado onde os animais ficaram alojados durante o período experimental.....	35
Fotografia 2 -	Gaiola providas de comedouro tipo calha (seta).....	36
Fotografia 3 -	Gaiolas providas de bebedouro tipo nipple (seta).....	36
Fotografia 4 -	Baldes etiquetados de acordo com o tratamento, contendo as rações experimentais.....	39
Fotografia 5 -	Pesagem das sobras das rações.....	39
Fotografia 6 -	Ovos comercializáveis coletados diariamente.....	40
Fotografia 7 -	Ovos descartados (fora do padrão). Da esquerda para direita: ovo com coloração escura, sem casca, pequeno, grande, branco e padrão.....	40
Fotografia 8 -	Pesagem dos ovos (4 ovos/repetição).....	41
Fotografia 9 -	Baldes com as soluções salinas.....	42
Fotografia 10 -	Mensuração da gravidade específica.....	42
Fotografia 11 -	Corte da casca dos ovos.....	43
Fotografia 12 -	Quatro ovos/repetição, usados para avaliação da qualidade.....	43
Fotografia 13 -	Separação dos componentes dos ovos, albúmen e gema.....	43
Fotografia 14 -	Pesagem das gemas.....	44
Fotografia 15 -	Pesagem dos albumens.....	44
Fotografia 16 -	Secagem das cascas dos ovos.....	44
Fotografia 17 -	Pesagem das cascas dos ovos.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Molécula de fitato.....	29
Figura 2 -	Molécula de fitato complexada com cátions e fração proteica.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição percentual e níveis nutricionais das rações experimentais.....	37
Tabela 2 -	Recomendação segundo NRC, 1994 para codornas japonesas em postura.....	37
Tabela 3 -	Valores de temperaturas máximas e mínimas verificadas no interior da instalação experimental.....	46
Tabela 4 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre o consumo de ração (kg/ave/dia).....	47
Tabela 5 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a conversão por dúzia de ovos (kg/dz).....	48
Tabela 6 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a produção de ovos (nº ovos/ ave/dia).....	49
Tabela 7 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a produção de ovos comercializáveis (nº ovos com./ave/dia).....	51
Tabela 8 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre o peso dos ovos (g).....	53
Tabela 9 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a massa dos ovos.....	54
Tabela 10 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a gravidade específica (g/cm ³).....	55
Tabela 11 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre o peso das gemas dos ovos (g).....	57
Tabela 12 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre o peso do albúmen dos ovos (g).....	57
Tabela 13 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre o peso das cascas dos ovos (g).....	57
Tabela 14 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a porcentagem de albúmen nos ovos (%).....	58
Tabela 15 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a porcentagem de casca nos ovos (%).....	58
Tabela 16 -	Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a porcentagem de gema (%).....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Produção de ovos (nº ovos/dia ave) em função dos níveis de fósforo e fitase nas dietas.....	50
Gráfico 2 -	Produção de ovos comercializáveis (nº ovos com./dia ave) em função dos níveis de fósforo e fitase nas dietas.....	52
Gráfico 3 -	Peso dos ovos (g) em função dos níveis de fósforo e do níveis de fitase nas dietas.....	53
Gráfico 4 -	Massa dos ovos em função dos níveis de fósforo e do nível 0 de fitase nas dietas.....	54
Gráfico 5 -	Gravidade específica (g/cm^3) em função dos níveis de fósforo e fitase nas dietas.....	56
Gráfico 6 -	Porcentagem de casca dos ovos (%) em função dos níveis de fósforo e fitase nas dietas.....	59
Gráfico 7 -	Porcentagem de gema dos ovos (%) em função dos níveis de fósforo e fitase nas dietas.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

DNA – ácido desoxiribonucleico

CADZ – conversão por dúzia de ovos

°C – graus celsius

cm² – centímetro quadrado

cm³ – centímetro cúbico

CR – consumo de ração

EM – energia metabolizável

FTU – unidade de fitase

g – gramas

GE – gravidade específica

IP6 – mio-inositol (1 2 3 4 5 6) hexafosfato

kcal – quilocalorias

kg – quilograma

m² – metro quadrado

mmol – micromol

MO – massa dos ovos

n° - número

NRC – National Research Council

PA – peso do albúmen

PC – peso da casca

PcA – percentagem de albúmen

PcC – percentagem de casca

PcG – percentagem de gema

Pd – fósforo disponível

PdO – produção de ovos

PG – peso da gema

Pi – fósforo inorgânico

PO – peso dos ovos

PO₄ – ortofosfato

POC – produção de ovos comercializáveis

Pt – fósforo total

RNA – ácido ribonucléico

LISTA DE SÍMBOLOS

% - porcentagem

> - maior

= - igual

< - menor

Al – alumínio

Ca – cálcio

Cl – cloro

Fe – ferro

K – potássio

Mg – magnésio

Mn – manganês

N – nitrogênio

Na – sódio

P – fósforo

Zn – zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1	COTURNICULTURA.....	23
2.2	FUNÇÕES E METABOLISMO DO FÓSFORO.....	25
2.3	ASPECTOS NUTRICIONAIS DO FITATO.....	28
2.4	FITASE.....	30
2.5	USO DA FITASE NA ALIMENTAÇÃO DE AVES	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1	LOCAL E EXECUÇÃO.....	35
3.2	ANIMAIS E TRATAMENTOS.....	35
3.3	CARACTERÍSTICAS A SEREM AVALIADAS.....	38
3.3.1	Características quantitativas.....	38
3.3.1.1	Consumo de ração.....	38
3.3.1.2	Produção de ovos.....	39
3.3.1.3	Peso dos ovos.....	40
3.3.1.4	Massa dos ovos.....	41
3.3.1.5	Conversão alimentar.....	41
3.3.2	Características Qualitativas.....	42
3.3.2.1	Gravidade específica.....	42
3.3.2.2	Componentes dos ovos.....	43
4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	45
5	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	46
5.1	DESEMPENHO DAS AVES.....	46
5.1.1	Consumo de ração.....	46
5.1.2	Conversão por dúzia de ovos.....	48
5.1.3	Produção de ovos.....	49
5.1.4	Produção de ovos comercializáveis.....	51
5.1.5	Peso dos ovos.....	52
5.1.6	Massa dos ovos.....	54
5.2	QUALIDADE DOS OVOS.....	55
5.2.1	Gravidade específica.....	55

5.2.2	Peso dos componentes dos ovos (albúmen, gema e casca).....	56
5.2.3	Porcentagem dos componentes dos ovos (albúmen, gema e casca).....	58
6	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

A criação de codornas (*Coturnix coturnix japonica*) para fins de produção destaca-se na avicultura como um produto alternativo (carne e ovos) de alta qualidade e de fácil manejo. Fatores como pequena exigência de espaço (90 a 106 aves/m²), elevada vida produtiva (14 a 18 meses), baixo consumo de ração, pequeno intervalo de geração, maturidade sexual precoce (40 a 45 dias), alta taxa de crescimento inicial, alta taxa de postura (300 ovos/ave/ano) e principalmente o rápido retorno do capital investido, favorecem a caracterização da codorna como uma ave excelente, tanto para instituições de pesquisa como para produção em diferentes regiões (ARAÚJO et al.; COSTA et al., 2007). Em função do potencial dessas aves para a produção de ovos e da possibilidade de diversificação para comercialização desse produto, a exploração comercial de codornas cresceu e se encontra, nos últimos anos, em expansão. O que demonstra que a demanda desse alimento tem contribuído para o aumento da criação de codornas no país (FUJIKURA, 2002).

A coturnicultura, como outras atividades avícolas, tem como objetivo a produção ao menor custo possível. Entre os fatores que incidem sobre o custo de produção de ovos de codornas, a alimentação pode representar até 75% do custo total e pequenas melhorias na eficiência de utilização de nutrientes das rações podem resultar em grandes economias (VIEIRA et al., 2001; FREITAS et al., 2005).

A alimentação de aves baseia-se em ingredientes de origem vegetal, em especial o milho e o farelo de soja. Esses ingredientes apresentam cerca de dois terços do seu fósforo (P) complexado na molécula de ácido fítico, não podendo, portanto, ser utilizados pelos animais monogástricos porque estes não sintetizam a enzima fitase, necessária para hidrolisar o referido complexo (KESHAVARZ; NAKASHIMA, 1993). Causando com isso a necessidade de adicionar o fósforo inorgânico (Pi) nas rações propiciando um maior custo da alimentação (BORMANN et al., 2001).

Além de ter fundamental importância como constituinte do osso, o P também é um componente essencial dos compostos orgânicos envolvidos em grande parte do metabolismo. O P participa do metabolismo energético, de carboidratos, de aminoácidos e de gorduras, do metabolismo do tecido neuromuscular, da química normal do sangue e do desenvolvimento do esqueleto (ANDRIGUETTO et al., 2005). Está também altamente relacionado com a produção e qualidade dos ovos e dentre os minerais utilizados nas formulações de rações para aves é o que mais onera o seu custo final (COSTA et al., 2004). Por ser de alto custo e pela

sua importância fisiológica, é um elemento que requer atenção especial na sua suplementação. O consumo de quantidades inadequadas desse elemento provoca problemas de anormalidades, redução no tamanho e produção de ovos e má qualidade da casca do ovo, com altos índices de quebra, entre outros (CALDERON; JENSEN, 1990; JUNQUEIRA, 1993). A suplementação do fósforo nas rações, necessária para completar as necessidades nutricionais das aves, geralmente, é realizada utilizando-se o Pi proveniente do fosfato bicálcico ou farinhas de carne e ossos. As farinhas têm sérios problemas de contaminação microbiológica e níveis de cálcio (Ca) e P muito variáveis. E o fosfato bicálcico que, em geral é oneroso, está presente nas dietas em quantidades acima das exigências dos animais, como consequência, o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade, juntamente com o excesso de Pi adicionado às rações, é eliminado nas fezes dos animais. O excesso desse nutriente no solo traz sérios problemas para o meio ambiente, dada à ocorrência dos processos de eutroficação e nitrificação, que provocam uma diminuição da quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios e lagos, além de contaminarem o solo e águas subterrâneas (COSTA et al., 2004; AUGUSPURGER et al., 2007). Em muitos países, as recentes restrições ambientais fizeram com que os nutricionistas se voltassem para um cuidadoso manejo da nutrição protéica e mineral para a obtenção de níveis mais baixos de excreção de nitrogênio e minerais, sem, contudo prejudicar o desempenho dos animais (KESHAVARZ, 2000).

Uma das maneiras de se prevenir os efeitos ambientais provocados pelo excesso de P na excreta dos animais, com a vantagem de aumentar a disponibilidade do fósforo de fontes vegetais, é o uso da enzima fitase, a qual já é produzida comercialmente a partir de fungos do gênero *Aspergillus ssp.*, seus mutantes e recombinantes (FIREMAN; FIREMAN, 1998).

O uso nas rações da enzima fitase com a finalidade de aumentar o aproveitamento do fósforo orgânico, que está na forma de fitato nos ingredientes de origem vegetal, vem sendo pesquisado com a finalidade de reduzir o custo da adição do Pi na ração (BORMANN et al., 2001, COSTA et al., 2004), pois, apesar dos avanços na criação de codornas, as exigências nutricionais dessas aves ainda não estão bem definidas. As rações utilizadas nas criações são formuladas com base nas exigências nutricionais de galinhas de postura ou em dados descritos na literatura internacional, pouco condizentes com as condições brasileiras, o que compromete, às vezes, a produtividade (MURAKAMI; FURLAN, 2002).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 COTURNICULTURA

As codornas são originárias do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencendo à família dos Fasianídeos (*Fasianidae*) e da subfamília dos *Perdicionidae*, sendo, portanto, da mesma família das galinhas e perdizes (PINTO et al., 2002).

A *Coturnix coturnix coturnix*, ou codorna européia, foi introduzida no Japão, no século XI, a partir da China, via Coréia. Os primeiros escritos a respeito dessa ave datam do século XII, e registram que elas eram criadas em função do seu canto. Os japoneses, a partir de 1910, iniciaram estudos e cruzamentos entre as codornas, provindas da Europa, e espécies selvagens, obtendo-se, assim, um tipo domesticado, que passou a se chamar *Coturnix coturnix japonica*, ou codorna doméstica. A partir de então, iniciou-se a sua exploração, visando à produção de carne e ovos (REIS¹, 1980, apud PINTO et al., 2002). A codorna japonesa tem sido intensivamente domesticada por mais de cem anos no Japão, e tem sido criada em cativeiro nos Estados Unidos por muitas décadas (OTTINGER; BATTFNER², 1999, apud GARCIA et al., 2000).

Atualmente, os produtores dispõem de três tipos de codornas para exploração industrial: a codorna européia (*Coturnix coturnix coturnix*), a codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) e a codorna americana conhecida como Bobwhite Quail (*Colinus virginianus*). Essas aves possuem diferentes características de tamanho, de peso, de precocidade, de coloração da casca do ovo (branco ou pintado), da taxa de postura e da coloração das penas, denominando, assim, a aptidão de cada uma para carne ou para ovos. Dentre elas, a codorna japonesa é a mais difundida mundialmente, em virtude da sua grande precocidade e da elevada produção de ovos (ALBINO; BARRETO, 2003).

No Brasil, a codorna japonesa foi introduzida na década de 50, e embora elas se pareçam com as codornas selvagens, aqui existentes, não pertencem à mesma família, pois a *Nothura boraquira* (do Nordeste), *Nothura minor* (mineira ou buraqueira) e a *Nothura maculosa* (comum ou perdizinho) pertencem à família dos tinamídeos (PINTO et al., 2002).

¹ REIS, L.F.S.D. **Codornizes, criação e exploração**. Lisboa: Agros, 10, 1980. 222 p.

² Ottinger, M.A.; Battner, B.A. Husbandry and care o quail. **Poultry Avi. Biol. Rev.**, v. 10, n. 2, p. 117-120, 1999.

Sua criação teve grande destaque nos anos de 1986 a 1988, quando houve superprodução de ovos, ocasionando prejuízos a produtores, com consideráveis perdas na produção e exploração dessas aves (COSTA et al., 2007).

A criação de codornas japonesas tem crescido principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. Na década de 90, houve grande crescimento na produção, como consequência do consumo de ovos (até então restrito ao mercado atacadista e aos supermercados) pelas indústrias beneficiadoras, que passaram a consumí-los e fornecê-los para o mercado consumidor de ovos processados, originando os ovos descascados ou em conserva, muito utilizados em churrascarias, restaurantes, bares e lanchonetes (FUJIKURA, 2002; BARRETO et al.; COSTA et al., 2007).

Embora sem informações estatísticas oficiais, os representantes das agroindústrias da cadeia produtiva de codornas afirmam que o consumo de ovos de codorna tem aumentado vertiginosamente nos últimos anos, como resultado de mudanças nos hábitos de alimentação do homem moderno, que tem procurado cada vez mais restaurantes tipo *self-service* e, do aumento no número de refeições preparadas em estabelecimentos institucionais. Esse aumento tem se mantido com a maior oferta do produto, garantida pela maior produtividade do segmento coturnícola com a adaptação e modernização dos criatórios tradicionais (BRESSAN; ROSA, 2002). Nos anos de 1999 e 2000, houve aumento de quase 17% no plantel de codornas, com aumento de 27% na produção de ovos. Em 2008 o número efetivo de codornas no país era de 8.978.316 aves e a produção de 157.781 mil dúzias de ovos (IBGE, 2010).

A criação de codornas para fins de produção destaca-se na avicultura como um produto alternativo (carne e ovos) de alta qualidade e de fácil manejo. Fatores como tamanho corporal, pequena exigência de espaço, baixo consumo de ração, pequeno intervalo de geração (três a quatro em um ano), maturidade sexual precoce (seis a sete semanas de idade), alta produtividade (média 300 ovos/ano), grande longevidade em alta produção (14 a 18 meses), a elevada densidade de criação (90 a 106 aves/m²) e alta taxa de crescimento inicial favorecem a caracterização da codorna como uma ave excelente, tanto para instituições de pesquisa como para produção em diferentes regiões (PINTO et al., 2002; ARAÚJO et al.; COSTA et al., 2007). E tem despertado grande interesse de produtores, empresas e pesquisadores, por exigir investimentos e mão-de-obra menores que outras culturas (MÓRI et al., 2005).

A coturnicultura inicia uma nova fase no país, superando o período de amadorismo e solidificando-se como uma exploração industrial. A sua expansão merece destaque devido à

geração de empregos, ao uso de pequenas áreas, ao baixo investimento, ao rápido retorno do capital e como fonte de proteína animal para a população (LEANDRO et al., 2005). Além disso, a facilidade de manejo e o baixo investimento inicial estimulam a criação de codornas como uma fonte de renda alternativa para famílias rurais (RIZZO et al., 2008).

Embora a produção em escala tenha aumentando nos últimos anos, pouco se conhece sobre o manejo correto e a nutrição adequada de codornas. Dessa forma, para viabilizar a exploração racional, é necessária a realização de pesquisas objetivando a adoção de programas corretos de alimentação e práticas de manejo e sanidade. Além disso, as formulações de rações para essas aves se baseiam muitas vezes em dados pouco coerentes com as condições brasileiras, o que compromete dados de produtividade, em razão da escassez de trabalhos nacionais (COSTA et al., 2007). Na área da nutrição, pesquisas têm sido realizadas na busca de alternativas que possibilitem a formulação de rações mais eficientes e econômicas, visto que a alimentação constitui o item de maior custo na produção animal (STRADA et al., 2005). Na alimentação de codornas, a ração representa cerca de 65 a 70% do custo de produção (RIBEIRO et al., 2003). Mas, entre os estudos dos níveis nutricionais, pouco se pesquisa sobre os minerais, nutrientes essenciais na formação do esqueleto e da composição da casca dos ovos e que exercem outras funções bioquímicas importantes no organismo (COSTA et al., 2007). Para formulação de rações para codornas, são utilizadas normalmente tabelas de exigências nutricionais de outros países, como NRC (1994), não sendo estas ideais para as condições tropicais. Além disso, os dados utilizados são muito antigos e escassos (PINTO et al., 2002). O próprio NRC (1994) cita que, desde 1984, não se têm novas informações a respeito de exigências para codornas, demonstrando desde então uma grande defasagem de informações.

2.2 FUNÇÕES E METABOLISMO DO FÓSFORO

Os minerais representam de 3 a 4% do peso vivo das aves variando conforme a raça, a espécie e a própria ave, sendo considerados elementos essenciais para uma boa nutrição, além de exercerem funções variadas no organismo, como a participação nas reações bioquímicas, por meio da ativação de sistemas enzimáticos, e nos processos de absorção e transporte de nutrientes (ARAÚJO et al., 2007). Os minerais são importantes na transferência da energia relacionada ao metabolismo celular (fósforo), na constituição do protoplasma e do tecido

ósseo (cálcio, fósforo e magnésio (Mg)) e contribuem para estabelecer e manter a pressão osmótica e o equilíbrio ácido-básico (sódio (Na), cloro (Cl) e potássio (K)) dos animais (MURAKAMI et al., 2006).

Assim como o Ca, cerca de 80% do total do P no organismo encontram-se presentes nos ossos e dentes. Os outros 20% se distribuem principalmente no interior das células sanguíneas, hepáticas e de outros órgãos, sendo baixos os níveis de P nos fluidos extracelulares. Além da sua participação na estrutura óssea, o fósforo participa, ainda, da estrutura bioquímica de grande número de moléculas, como os fosfolipídeos responsáveis pela metabolização de gorduras e enzimas. Outra função importante é a conservação e captura de energia no sistema biológico, armazenada sob a forma de ATP e gerada através da fosforilação oxidativa na cadeia respiratória dentro da mitocôndria (ORTOLANI, 1996).

O P está envolvido nas funções de crescimento e diferenciação celular, é um dos componentes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), está associado com lipídeos para a formação dos fosfolipídeos, principais componentes das membranas plasmáticas, é considerado um tampão e visa a manutenção do equilíbrio ácido básico e osmótico (ANDRIGUETTO et al., 2005). É fundamental verificar os níveis de Ca e de P na dieta quando o objetivo da criação é a produção de ovos, pois esses minerais estão diretamente relacionados ao desempenho das aves, a necessidade de cálcio está diretamente ligada à produção de ovos e ao consumo de ração e a de fósforo relacionada com a qualidade da casca dos ovos (SHIVASTAV, 2002; ANDRIGUETTO et al.; LAURENTIZ, 2005).

O fornecimento de P na dieta pode ser na forma inorgânica como mono, di ou trifosfato, ou na forma orgânica como fitatos, fosfolipídeos ou fosfoproteínas, sendo absorvidos no intestino delgado das aves na forma de ortofosfato (PO_4) por difusão simples seguindo gradiente de concentração ou transporte ativo na dependência de vitamina D e Na (PIZZOLANTE, 2000). Sua taxa de absorção depende de fatores como pH e viscosidade intestinal, nível de disponibilidade de P dietético, presença de vitamina D, relação Ca e P, presença de minerais como ferro (Fe), alumínio (Al), Mg e manganês (Mn), forma e grau de pureza das fontes minerais empregadas, idade das aves, nível de Ca dietético e consumo de lactose e gordura (RAVINDRAN et al., 1995; PIZZOLANTE, 2000).

Dietas com baixo P ocasionam alterações no metabolismo que permitem a secreção de substâncias que promovem a otimização da absorção do P intestinal. A vitamina D é uma das substâncias responsáveis e aumenta a absorção do P no intestino. Além da ação intestinal também proporciona a reabsorção do P nos túbulos renais como forma de adaptação à

escassez de P dietético. No entanto, a absorção não depende somente da presença na dieta e sim da disponibilidade do P ingerido (ROSOL; CAPEN, 1997).

Os benefícios decorrentes de uma dieta com baixos níveis de P são: a redução do fósforo plasmático, com conseqüente aumento da concentração do paratormônio, ativando o rim para hidroxilar mais vitamina D, aumentando a atividade do 1,25 (OH)₂D₃, o qual induz uma série de efeitos positivos, tais como aumento da absorção intestinal de Ca e de reabsorção óssea de Ca com conseqüente aumento da concentração de Ca para a formação da casca. Por outro lado, é necessário avaliar o período de tempo em que as aves suportariam uma dieta com baixo nível de fósforo sem induzir a osteoporose, considerando também outros fatores como estresse calórico, comprometimento renal e idade das aves (SCHEIDELER E ALBATSHAN, 1994).

A alimentação de aves baseia-se em ingredientes de origem vegetal, em especial o milho e o farelo de soja. Esses ingredientes apresentam cerca de dois terços do seu P complexado na molécula de ácido fítico, não podendo, portanto, ser utilizados pelos animais monogástricos porque estes não sintetizam a enzima fitase, necessária para hidrolisar o referido complexo (COSTA et al., 2004). Dentre os minerais utilizados nas formulações de rações para aves é o que mais onera o seu custo final. Entre os macrominerais, o P é considerado o primeiro em custo e o terceiro no âmbito global dos nutrientes ou atributo nutricional das rações, ficando atrás somente da energia e da proteína no custo da formulação de rações para aves e suínos (BORGES et al., 1997).

A suplementação do P nas rações, necessária para completar as necessidades nutricionais das aves, geralmente, é realizada utilizando-se o Pi proveniente do fosfato bicalcico ou farinhas de carne e ossos. Esta que também contribui fornecendo proteínas tem sérios problemas de contaminação microbiológica e níveis de Ca e P muito variáveis (BORMANN et al., 2001).

O National Research Council (NRC) (1994) sugere os níveis de 2,5% de Ca e 0,4% de P para codornas em produção, em dietas com 2.900 kcal EM/kg e 20% de proteína bruta. No entanto, existe um limite muito estreito entre a necessidade, a depleção e o excesso de P no que diz respeito às dietas de poedeiras. Além de ser um ingrediente caro, portanto de cuidadoso manuseio, se colocado a menos ou a mais na ração, o P pode apresentar efeitos adversos no desempenho das aves e, talvez, o aspecto mais importante, o P fítico, junto com o excesso de Pi adicionado às rações, é eliminado nas fezes destes animais, tornando-se um poluente de rios, lagos e córregos. Uma das maneiras de se prevenir os efeitos ambientais provocados pelo excesso de P na excreta dos animais, com a vantagem de aumentar a

disponibilidade do P de fontes vegetais, é o uso da enzima fitase, a qual já é produzida comercialmente a partir de fungos do gênero *Aspergillus* ssp. seus mutantes e recombinantes (FIREMAN; FIREMAN, 1998).

2.3 ASPECTOS NUTRICIONAIS DO FITATO

A molécula de fitato, conhecida também como fitina ou ácido fítico (Figura 1), é um composto orgânico de ocorrência natural que pode influenciar as propriedades nutricionais dos alimentos. O termo mais usado é fitato, que se refere a uma mistura de sais de ácido fítico, um composto de seis resíduos de ácido ortofosfórico que se encontram ligados ao inositol (mio-inositol (1, 2, 3, 4, 5, 6) hexafosfato, (IP6)), e que contém 28,16% de P. O seu grupo ortofosfato é altamente ionizado e se complexa com uma variedade de cátions e com fração protéica do alimento (Figura 2) (COSTA et al., 2004; NAKASHIRO, 2007). O ácido fítico é formado pela esterificação do álcool cíclico inositol com seis grupos de ácido fosfórico (FIREMAN; FIREMAN 1998) e o fitato é o duodeca-anion do ácido fítico, o qual é chamado quimicamente de ácido-inositol-hexafosfórico, ou, de acordo com Newman³ (1991), apud Fireman e Fireman (1998), mio-inositol-hexaquisfosfato, quando complexado com cátions bivalentes como Ca, Mn, Mg, Fe, zinco (Zn), etc..., o que também os torna indisponíveis para o animal. Um potencial poder quelante com proteínas a pH ácido e neutro foi atribuído por Kornegay (1996) aos fitatos, o que reduz a utilização de proteínas e aminoácidos. O segundo ainda ressaltou que o fitato, além de ter uma influência negativa na solubilidade das proteínas, prejudica a função das pepsinas por causa das ligações iônicas entre os grupos fosfato do ácido fítico e aminoácidos como lisina, histidina e arginina, sob condições ácidas. E sugere que, sob condições neutras, os grupos carboxil de alguns aminoácidos podem ligar-se ao fitato, usando elementos minerais bivalentes tais como o Ca, como ponte de ligação.

³ NEWMAN, K. Phytase: The enzyme, its origin and characteristics: impact and potential for increasing phosphorus availability. In: **Biotechnology of feed industry**. Proceedings of Alltech's seventh annual symposium. Edt. T. P. Lyons. Alltech Technical Publication , Nicholasville, Kentucky, p. 169 – 177, 1991.

Fonte: www.educared.net/.../images/C/2026/felix.htm

Figura 1 – Molécula de fitato

Fonte: www.engormix.com/uso_enzimas_termoestables_al...

Figura 2 – Molécula de fitato complexada com cátions e fração protéica

Esses fatores incluem o fitato como um fator antinutricional, pois diminui a disponibilidade dos minerais (Ca, P, Zn, Mn e Mg) e também a das proteínas e moléculas de glicose conjugadas. A molécula de fitato apresenta alto teor de P (28,2%) com alto potencial de quelação (COSTA et al., 2004).

O papel do fitato é se ligar e armazenar P, para ser usado pelo embrião da planta em desenvolvimento e, se ligar com cátions bivalentes para serem liberados após a germinação (REMUS, 2007). A localização do fitato nas sementes é variável. Nos grãos pequenos está principalmente localizada na parte externa da semente (camada de pericarpo, testa e aleuroma), no caso do milho está no germe, enquanto que nas sementes de leguminosas, encontra-se nos cotilédones. Nas rações o IP6 está na forma de complexos ligados a minerais, como Mg, Ca e K. O éster de IP6 é a forma dominante no milho, no farelo de arroz, no sorgo, no farelo de soja e no trigo (COSTA et al., 2004; NAGASHIRO et al., 2007).

O P fítico por ser muito pouco utilizado pelos não ruminantes, é eliminado em grande quantidade nas fezes. Além disso, por causa da baixa disponibilidade do P nos alimentos de origem vegetal, os nutricionistas têm, tradicionalmente, suplementado as dietas com P_i , para satisfazer as necessidades do animal, mas grande parte deste P também é eliminado nas excretas (FIREMAN; FIREMAN, 1998). O excesso desse nutriente no solo traz sérios problemas para o meio ambiente, dada à ocorrência dos processos de eutroficação e nitrificação, que provocam uma diminuição da quantidade de oxigênio existente nas águas dos rios e lagos, além de contaminarem o solo e águas subterrâneas (COSTA et al., 2004).

De acordo com Syers et al.⁴ (1973), apud Fireman e Fireman (1998), o P e o nitrogênio (N) são considerados elementos limitantes para o crescimento de plantas aquáticas. Quando encontrados em excesso nos afluentes, provocam a aceleração do processo natural de eutroficação, resultando em marcada deterioração da qualidade da água fresca. As aves, segundo Cromwell et al. (1995), contribuem com 6,8 milhões de toneladas de fezes, que representam 6,1% do total de fezes eliminadas pelos animais domésticos dos EUA e contêm cerca de 1,2 a 1,8% P. Grande parte deste resíduo é utilizado para adubações, mas a quantidade fornecida ao solo geralmente excede às necessidades das plantas. Este excesso passa segundo Paik et al. (1996), de fertilizante do solo a contaminante de rios, lagos e córregos. No Brasil, Perdomo (1996) registrou alto índice de poluição das águas em cidades ao sul do Estado de Santa Catarina, onde existem grandes criações de suínos e aves. De maneira que, cada vez mais, isto se torna uma preocupação mundial.

Em muitos países, as recentes restrições ambientais fizeram com que os nutricionistas se voltassem para um cuidadoso manejo da nutrição protéica e mineral para a obtenção de níveis mais baixos de excreção de N e minerais, sem, contudo prejudicar o desempenho dos animais (COSTA et al., 2004).

2.4 FITASE

Enzimas existem praticamente em todos os lugares. Elas ocorrem naturalmente e são produzidas por todos os organismos vivos, são catalisadores naturais, aceleram as reações químicas que permitem que todos os seres vivos funcionem, desde simples organismos

⁴ SYERS, K. J.; HARRIS, R. F.; ARMSTRONG, D. E. Phosphate chemistry in lake sediments. **Journal Env. Qual.** v. 2, n. 1, p. 1 -14. 1973.

unicelulares, até as plantas, insetos e os seres humanos (BEDFORD; PARTRIDGE, 2001). A manutenção da vida celular depende da contínua ocorrência de um conjunto de reações químicas, que devem atender duas exigências fundamentais: precisam ser altamente específicas, de modo a gerar produtos definidos, e devem ocorrer a velocidades adequadas à fisiologia celular. Para que estas reações ocorram, atendendo todas as exigências orgânicas, as enzimas são fundamentais (ARAÚJO; SILVA, 2008).

A razão principal para o uso da tecnologia enzimática é para melhorar o valor nutritivo dos alimentos. Todos os animais utilizam de enzimas na digestão dos alimentos, tanto as produzidas pelos animais em si ou as produzidas pelos microrganismos presentes no trato digestivo. No entanto, o processo do aparelho digestivo está longe de ser 100% eficiente. Portanto, a suplementação de rações com enzimas para aumentar a eficiência da digestão pode ser visto como uma extensão do próprio processo digestivo do animal.

Simplificando, há quatro razões principais para uso de enzimas na alimentação animal:

1. Para quebrar fatores anti-nutricionais que estão presentes em muitos ingredientes de dietas. Estas substâncias, muitas das quais não são suscetíveis à digestão por enzimas endógenas animal, podem interferir com a digestão normal, causando um pior desempenho e distúrbios digestivos.

2. Aumentar a disponibilidade de amido, proteínas e minerais, não tão acessíveis para as próprias enzimas digestivas do animal, ou ligadas em uma forma química que o animal é incapaz de digerir (por exemplo, o P como o ácido fítico).

3. Para quebrar ligações químicas específicas em matérias-primas que não são normalmente quebradas pelas enzimas do próprio animal, liberando assim mais nutrientes.

4. Para complementar as enzimas produzidas por animais jovens, onde, por causa da imaturidade de seu próprio sistema digestivo, a produção da enzima endógena pode ser inadequada (BEDFORD; PARTRIDGE, 2001).

O decreto lei nº. 76.896 de 06 de janeiro de 1976, atualmente em vigor, define como aditivo alimentar toda a substância intencionalmente adicionada ao alimento com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar as suas propriedades, desde que não prejudique o seu valor nutricional. Os aditivos enzimáticos não possuem função nutricional direta, mas auxiliam o processo digestivo melhorando a digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta (CAMPESTRINI et al., 2005).

A utilização de enzimas em rações animais tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido aos benefícios que podem trazer com relação ao aspecto econômico,

meio ambiente e a busca do maior aproveitamento das matérias-primas tradicionais e dos ingredientes alternativos (NUNES et al., 2001).

No Brasil, o uso de enzimas foi relacionado principalmente ao custo elevado das fontes de P com a utilização de fitases, e posteriormente, visualizando reduções no custo de formulações com a melhor disponibilização de nutrientes (proteases e carboidrases). Quando corretamente empregadas e avaliadas, as enzimas não apresentam desvantagens. O principal objetivo da utilização de enzimas, senão o único, é o aumento da rentabilidade da produção animal, seja ele em função da redução do custo de formulação ou através dos resultados zootécnicos adequados, proporcionados tecnicamente pelo aumento da digestibilidade dos nutrientes, redução dos fatores anti-nutricionais e além de efeito conseqüente, de benefícios da saúde intestinal com a redução do substrato para microflora patogênica. E, no aspecto ambiental, com a redução da excreção de nutrientes (GONÇALVES et al., 2001).

Fitase, segundo Newman⁵ (1991), apud Fireman e Fireman (1998), é o nome dado a um grupo de enzimas em cuja presença se processa a hidrólise do ácido fítico em mio-inositol e Pi. Bioquimicamente conhecida como 3-fitase, a fitase, que hoje é utilizada em maior escala nas rações animais, tem como nome sistemático mio-inositol hexa-quisfosfato 3-fosfohidrolase e classificada pela “Enzyme Commission” sob o no 3.1.3.8. (WEBB et al.⁶, 1992, apud Fireman e Fireman, 1998). Mesmo apresentando diferentes fontes de fitase, estudos têm comprovado que as mais promissoras comercialmente ainda são as microbianas como as provenientes das bactérias *Bacillus sp*, *Enterobacter sp.*, *Escherichia coli*, de leveduras como *Arxula adenivorans* e *Hansenula polymorpha* e fungos como *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* e *Talaromyces thermophilus* (PANDEY et al., 2001). Em geral, o substrato mais utilizado para o *A. niger*, *A. terreus* e *E. coli* é o ácido fítico (WYSS et al., 1999).

Uma unidade de fitase (UF ou FTU) é definida, segundo Engelen et al. (1994) como a quantidade de enzima que libera 1 micromol (mmol) de Pi por minuto, proveniente do fitato de sódio 0.0015 mol.L-1 a pH 5,5 e temperatura de 37°C (COSTA et al., 2004).

Desde 1968, com o primeiro trabalho usando fitase, que essa enzima tem atraído a atenção dos nutricionistas, e artigos foram publicados, indicando que a disponibilidade do P fítico pode ser significativamente melhorada com a adição de fitase nas dietas. No entanto,

⁵ NEWMAN, K. Phytase: The enzyme, its origin and characteristics: impact and potential for increasing phosphorus availability. In: **Biotechnology of feed industry**. Proceedings of Alltech's seventh annual symposium. Edt. T. P. Lyons. Alltech Technical Publication, Nicholasville, Kentucky, p. 169 – 177, 1991.

⁶ WEBB, E. C. **Enzyme Nomenclature**. Recommendations of Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (NCIUBMB) Academic Press, INC., 1992. p. 318 – 321.

naquele tempo, o custo da produção da enzima era um obstáculo para seu uso. A produção comercial de fitase é facilmente atingida com culturas microbianas, mas, para que se processe a enzima em escala comercial, é necessário que o microrganismo a produza extracelularmente (FIREMAN, 1998).

A enzima fitase produzida pelo *Aspergillus niger* tem sido utilizada com sucesso nas rações de aves, com a função de liberar parte do P complexado na forma de fitato e melhorar a digestibilidade da proteína bruta e dos aminoácidos e a absorção de minerais (COSTA et al., 2004). Ela catalisa o desdobramento do ácido fosfórico de inositol liberando deste modo o ortofosfato para ser absorvido. O uso nas rações da enzima fitase com a finalidade de aumentar o aproveitamento do P orgânico, que está na forma de fitato nos ingredientes de origem vegetal, vem sendo pesquisado com a finalidade de reduzir o custo da adição do Pi na ração (BORMANN, 2001).

A eficácia da fitase microbiana é afetada por fatores como a temperatura, pH, umidade, vitaminas, minerais, relação Ca: P da dieta, metais pesados e por agentes oxidantes, a maioria encontrada nos suplementos minerais e vitamínicos. O Ca tanto pode exercer uma ação inibidora como ativadora dessa enzima. Em pH 6,0 elevadas quantidades de cálcio (> 7 g/kg) formam o fitato de cálcio, que se precipita e, portanto, não pode ser hidrolisado pela fitase. Portanto, para se obter um bom efeito da fitase é preciso limitar a suplementação de P e Ca a uma quantidade necessária (LIGEIRO, 2007).

2.5 USO DA FITASE NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

Os primeiros pesquisadores a adicionar fitase a uma ração líquida de soja foram Nelson et al.⁷ (1968), apud Pereira (2009) ao fornecer essa ração à pintos de um dia de idade. As aves mostraram considerável aumento na percentagem de cinzas dos ossos, concluindo que as mesmas utilizaram o fósforo do fitato também como o Pi. Peter (1992) relatou que galinhas alimentadas com uma ração de baixo fósforo disponível (Pd) e inclusão de fitase apresentam, peso de ovos significativamente mais altos que aquelas que consomem a mesma dieta sem fitase. Já Gordon e Roland (1997), conduzindo um estudo para determinar a influência da suplementação de fitase no desempenho de poedeiras alimentadas com vários

⁷ NELSON, T. S. et al. The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with a mold phytase. **Poultry Science**, v. 47, p. 1842 – 1848. 1968.

níveis de suplementação de fosfato inorgânico, observaram um aumento no peso e densidade do ovo e diminuição da mortalidade de poedeiras, consumindo 0,1% Pd e fitase na ração.

Neste sentido, Lim et al. (2003) ao desenvolver um experimento para determinar os efeitos da fitase microbiana na produção de ovos, qualidade de casca e excreção de P de poedeiras comerciais Isa Brown alimentadas com diferentes níveis de Ca e P não fítico, concluíram que a suplementação de 300FTU de fitase por kg de ração pode melhorar a produção de ovos, diminuir a taxa de ocorrência de ovos quebrados e de casca mole, além de reduzir significativamente a excreção de P, indicando que os efeitos da suplementação com fitase é significativamente afetada pelos níveis de Ca e P não fítico das rações.

A adição de fitase exógena às dietas de poedeiras tem demonstrado uma melhora no ganho de peso, na retenção mineral e na digestibilidade de aminoácidos (AUGSPURGER et al., 2003; COWIESON; ADEOLA, 2005). Fitase também reduz a excreção de fósforo fítico, especialmente em dietas que foram formuladas com uma baixa concentração de Pd (ZHANG et al., 1999; AHMAD et al., 2000). Devido à complexidade de componentes em dietas, é impossível caracterizar com clareza o que a suplementação de fitase na dieta afeta as melhorias produzidas ou mudanças observadas (COWIESON et al., 2006). Pesquisas anteriores mostraram a viabilidade de reduzir a concentração de P dietético em dietas suplementadas com fitase microbiana, sem comprometer o desempenho e permitindo a redução da suplementação de compostos de Pi e a excreção de P (FRANCESCH et al., 2005).

Diversas pesquisas sobre o uso de fitase foram desenvolvidas com frangos de corte e galinhas poedeiras. Não se encontra na literatura dados a respeito do uso de fitase na dieta de codornas e, a extrapolação dos resultados obtidos com outras categorias de aves para essa sub-espécie pode não resultar em índices zootécnicos satisfatórios. Portanto, torna-se necessário avaliar o efeito da suplementação dietética de fitase sobre o desempenho, a qualidade dos ovos e o aproveitamento dos nutrientes da ração de codornas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e as metodologias utilizadas nesse trabalho estão descritos nos itens que se seguem.

3.1 LOCAL E EXECUÇÃO

O experimento foi realizado nos meses de novembro de 2008 a fevereiro de 2009 no setor de avicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, sediado no município de Pirassununga estado de São Paulo. O período experimental foi de 84 dias que corresponderam ao período de 50 a 134 dias de idades das aves.

3.2 ANIMAIS E TRATAMENTOS

Foram utilizadas 320 codornas japonesas com 50 dias de idade na data de início do experimento. As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado (Fotografia 1) fornecendo área de 115 cm²/ave (4 aves por gaiola), providas de comedouro tipo calha de chapa galvanizada e bebedouros tipo nipple (Fotografias 2 e 3).

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008

Fotografia 1 – Gaiolas de arame galvanizado onde os animais ficaram alojados durante o período experimental

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 2 – Gaiolas providas de comedouro tipo calha (seta)

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 3 – Gaiolas providas de bebedouro tipo nipple (seta)

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado constituído de 8 tratamentos com 5 repetições de 8 aves totalizando 40 aves por tratamento, os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 4 x 2, sendo 4 níveis de fósforo (0,106%; 0,210%; 0,315%; 0,385%) e a presença ou não da enzima fitase (Natuphos®) (0 ou 600 FTU/kg) com medidas repetidas no tempo, referentes aos ciclos de vida da ave, conforme o esquema a seguir. A composição percentual e os níveis nutricionais das dietas estão demonstradas na tabela 1.

- Tratamento 1 – 0,106% P sem fitase
- Tratamento 2 – 0,210% P sem fitase
- Tratamento 3 – 0,315% P sem fitase
- Tratamento 4 – 0,385% P sem fitase
- Tratamento 5 – 0,106% P com fitase
- Tratamento 6 – 0,210% P com fitase
- Tratamento 7 – 0,315% P com fitase
- Tratamento 8 – 0,385% P com fitase

Tabela 1 – Composição percentual e níveis nutricionais das rações experimentais

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Milho	60,654	60,26	59,872	59,677	60,643	60,249	59,861	59,687
Óleo de soja	1,642	1,782	1,92	2	1,646	1,786	1,924	2
Farelo de soja 45%	30,513	30,557	30,6	30,575	30,514	30,558	30,602	30,557
Sal	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332
Fosfato bicálcico	0	0,577	1,146	1,526	0	0,577	1,146	1,526
Calcáreo	6,272	5,904	5,541	5,299	6,272	5,904	5,541	5,299
Metionina	0,164	0,165	0,166	0,167	0,165	0,165	0,166	0,167
Lisina	0,096	0,095	0,095	0,096	0,096	0,095	0,095	0,097
Treonina	0,096	0,097	0,097	0,098	0,096	0,097	0,097	0,098
Colina	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Premix	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fitase	0	0	0	0	0,006	0,006	0,006	0,006
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Composição calculada								
Proteína	19,1167	19,1045	19,0925	19,061	19,1163	19,1042	19,0922	19,0609
Cálcio	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Fósforo total	0,3073	0,4134	0,5179	0,5875	0,3073	0,4134	0,5179	0,5875
Fósforo disponível	0,106	0,21	0,315	0,385	0,106	0,21	0,315	0,385
Energia metabolizável	2.900,0	2.900,0	2.900,0	2.900,0	2.900,0	2.900,0	2.900,0	2.900,0
Lisina digestível	1	1	1	1	1	1	1	1
Metionina+cistina	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Treonina digestível	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Triptofano digestível	0,21	0,21	0,21	0,2096	0,21	0,21	0,21	0,2096
Sódio	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

As aves receberam no período da 50 a 134 dias de idade uma mesma dieta para postura, a base de milho e soja. A dieta base foi formulada de modo a satisfazer as recomendações do NRC (1994), e está relacionada na tabela 2.

Tabela 2 – Recomendação segundo NRC, 1994 para codornas japonesas em postura

Nutriente	Valor
Energia	2.800 kcal ME/kg
Proteína	15 %
Lisina	0,68%
Metionina + cistina	0,6%
Cálcio	2,5%
Fósforo disponível	0,4%
Sódio	0,15%

3.3 CARACTERÍSTICAS A SEREM AVALIADAS

Foram realizadas as seguintes análises das características qualitativas (Percentagem de Casca (PcC), Percentagem de Gema (PcG), Percentagem de Albúmen (PcA) e Gravidade Específica (GE)), essas análises foram realizadas a cada ciclo de 21 dias. Foram coletados quatro ovos de cada repetição da produção do dia da análise durante três dias consecutivos.

Os parâmetros quantitativos foram coletados diariamente com exceção do consumo de ração (CR) que foi realizado semanalmente. Ao final de cada semana eram calculadas as médias de cada repetição e posteriormente eram calculadas as médias para cada 21 dias, ou seja, um ciclo de postura.

3.3.1 Características quantitativas

As características quantitativas são relacionadas aos dados de produção das aves que são normalmente calculados em criações comerciais.

3.3.1.1 Consumo de ração

Os baldes referentes a cada repetição foram abastecidos com as rações no primeiro dia de experimento, já descontada a tara de cada balde (Fotografia 4). O controle do CR foi realizado uma vez por semana durante a fase experimental. Era feita a pesagem das sobras dos baldes mais as sobras dos comedouros (Fotografia 5). O consumo foi calculado pela diferença de pesos entre a quantidade fornecida e as sobras existentes no final do período sendo o resultado dividido pelo número de aves existentes em cada tratamento e pelo período de sete dias. Os resultados obtidos foram expressos em quilogramas de ração por ave por dia (kg/ave dia).

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008

Fotografia 4 – Baldes etiquetados de acordo com o tratamento, contendo as rações experimentais

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008

Fotografia 5 – Pesagem das sobras das rações

3.3.1.2 Produção de ovos

Os ovos foram coletados diariamente às 16:00 horas. A produção média de ovos (PdO) no período foi obtida computando-se diariamente o número de ovos produzidos, incluindo os quebrados, os trincados e os sem casca, e foi expressa em número de ovos por aves por dia (ovo/ave/dia). Também foi calculado o número médio de ovos comercializáveis (ovos

comercializáveis/ave/dia) (POC) durante o período experimental, que foi obtido descontando-se os quebrados, os trincados e os sem casca do total de ovos (Fotografias 6 e 7).

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008

Fotografia 6 – Ovos comercializáveis coletados diariamente

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008

Fotografia 7 – Ovos descartados (fora do padrão).

Da esquerda para a direita: ovo com coloração escura, sem casca, pequeno, grande, branco e padrão

3.3.1.3 Peso dos ovos

A cada ciclo de 21 dias 4 ovos de cada repetição eram coletados e pesados juntos em uma balança digital com graduação de 0,02 gramas, o peso médio (PO) de cada ovo era então calculado pela divisão de peso dos ovos por quatro, sendo seu resultado expresso em gramas (Fotografia 8).

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 8 – Pesagem dos ovos (4
ovos/ repetição)

3.3.1.4 Massa de ovos

A massa de ovos (MO) foi obtida pela multiplicação do peso médio dos ovos de cada repetição pelo número de ovos obtidos no período e o resultado obtido foi dividido pela multiplicação do número de aves da repetição e o número de dias do período. No final do ciclo de postura era calculada a média de 21 dias.

3.3.1.5 Conversão Alimentar

A conversão alimentar (CADZ) foi calculada semanalmente dividindo o peso total da ração de cada repetição em quilogramas pela sua respectiva produção de ovos semanal expressa em dúzias. O resultado final era dado em quilogramas por dúzia de ovos.

3.3.2 Características Qualitativas

Os ovos para realização das características qualitativas foram coletados ao final de cada período de 21 dias ou um ciclo de postura. Foram coletados 4 ovos de cada repetição, esses eram colocados em caixas numeradas de acordo com a unidade experimental que pertenciam, era feita a pesagem coletiva dos quatro ovos e então se procedia as análises de qualidade dos ovos. Foram utilizados os seguintes fatores para se analisar a qualidade dos ovos:

3.3.2.1 Gravidade Específica

O primeiro parâmetro a ser analisado foi a gravidade específica (GE) (Fotografias 9 e 10). Os ovos depois de realizada a pesagem eram mergulhados em solução salina com diferentes densidades, essas densidades variavam de $1,060\text{g/cm}^3$ até $1,090\text{g/cm}^3$ com intervalo de $0,005\text{g/cm}^3$. As soluções salinas foram preparadas no início do experimento conforme recomendações feitas por Hamilton (1982). As densidades dos baldes contendo as soluções eram conferidas antes de cada análise de qualidade dos ovos com densímetro de petróleo cujas as densidades variavam de 1,050 a 1,102.

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 9 – Baldes com as soluções salinas

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 10 – Mensuração da gravidade específica

3.3.2.2 Componentes dos ovos

Para avaliação dos componentes dos ovos foram analisados os pesos da gema (PG), do albúmen (PA) e da casca (PC) em relação ao peso do ovo, durante os 3 últimos dias de cada ciclo de produção, para obtenção das porcentagens dos componentes dos ovos. Para isso, em cada dia, foram utilizados aleatoriamente quatro ovos de cada unidade experimental. Eles foram pesados coletivamente em balança de precisão. A gema e o albúmen dos ovos foram pesados separadamente e registrados, e a respectiva casca, foi lavada e seca ao ar por 3 dias, para obtenção do peso da casca (Fotografias 11 – 17).

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 11 – Corte da casca do ovo

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 12 – Quatro ovos/ repetição, usados para avaliação da qualidade

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 13 – Separação dos componentes dos ovos, albúmen e gema

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 14 – Pesagem das gemas

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 15 – Pesagem dos albúmens

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 16 – Secagem das cascas dos ovos

Fonte: GARCIA, P. D. S. R., 2008
Fotografia 17 – Pesagem das cascas dos ovos

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 2001). Os dados originais ou transformados, quando este último procedimento foi necessário, foram submetidos à análise de variância que separou como fontes de variação o efeito de fitase, efeito de fósforo e efeito da interação entre fitase e fósforo. O efeito principal de fitase foi separado pelo teste T de student. O efeito principal de fósforo foi separado pelo uso de regressão polinomial. Para os casos de interações significativas, foram realizadas análises de regressão para os estudos dos níveis de fósforo dentro da presença ou não de fitase, seguindo o princípio da metodologia de comparação de retas. Foi utilizado um nível de significância de 5% para todos os testes realizados.

Nestas análises, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + Fo_i + Fi_j + FoFi_{ij} + e_{ijk}$$

em que,

Y_{ijk} = valor observado para a variável em estudo na repetição k, do nível de fósforo i e da presença ou não de fitase j;

μ = constante inerente a todas as observações (média);

Fo_i = efeito da i-ésima fonte de fósforo, sendo i=1(0,106), 2(0,210), 3(0,315) e 4(0,385);

Fi_j = efeito da j-ésima dose de fitase, sendo j=1(0) e 2(600);

$Fo Fi_{ij}$ = efeito da interação do nível de fósforo i com a presença ou não de fitase j;

e_{ijk} = erro experimental associado à variável em estudo, na repetição k, do nível de fósforo i e da presença ou não de fitase j, suposto NID (0, σ^2);

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máxima, mínima verificadas diariamente durante o experimento são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Valores de temperaturas máximas e mínimas verificadas no interior da instalação experimental

Horário	Temperatura (°C)	
	Máxima	Mínima
8:00	28,7	20,1
13:00	29,4	21,6
17:00	30,0	21,6

Na fase adulta, a faixa de conforto térmico ou zona termoneutra das codornas está compreendida entre 18 e 22°C e, a umidade relativa do ar, está entre 65 e 70% (Oliveira, 2004). Dessa forma, conforme os valores registrados pelos termômetros, observa-se que em parte do período experimental, as codornas ficaram em ligeiras condições de estresse por calor.

Os dados coletados e analisados foram organizados e separados por características de qualidade e produção e estão apresentados a seguir.

5.1 DESEMPENHO DAS AVES

5.1.1 Consumo de ração

Os valores médios referentes ao consumo médio diário de ração (g/dia) no período experimental são apresentados na tabela 4 de acordo com os diferentes níveis de fósforo (0,106; 0,210; 0,315 e 0,385%) e os níveis de fitase (0 e 600 FTU).

Não foi observado interação entre os níveis de fósforo e a presença ou não de fitase para a variável consumo de ração. As médias para o CR por níveis de P (0,106; 0,210; 0,315; 0,385%) foram respectivamente 0,0228; 0,0207; 0,0220; 0,0231 g/dia e as médias por níveis de fitase (0 e 600 FTU) foram respectivamente 0,0222 e 0,0221, não havendo diferenças

significativas ($P > 0,05$) entre estas. Mostrando assim que a dieta com o menor nível de fósforo (0,106%) e sem adição de fitase, conseguiu suprir as necessidades nutricionais das aves, não precisando que elas ingerissem uma maior quantidade de ração para isso.

O consumo de dietas com menor nível de P é muito importante quando considerada a excreção de P, que vai ser automaticamente reduzida. Melhorando assim a poluição ambiental com P proveniente das excretas das aves.

Tabela 4 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre o consumo de ração (kg/ave/dia)

Fitase (FTU)					Probabilidades			
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS	Linear	Quadr	Desvio
0,106	0,0214	0,0241	0,0228	Fósforo		NS	NS	NS
0,210	0,0212	0,0202	0,0207	Fit*Fósf		NS	NS	NS
0,315	0,0225	0,0215	0,0220					
0,385	0,0237	0,0225	0,0231					
Média	0,0222	0,0221	0,0221					
EPM	0,0011	0,0016						

(EPM: Erro Padrão da Média)

Augspurger et al. (2007) em seu experimento com poedeiras, utilizando uma ração com deficiência de fósforo (0,28% fósforo total (Pt)), também não observaram diferenças no consumo de ração ($P = 0,33$) entre as aves que receberam dietas com suplementação de fitase (250, 500, 1000 e 10000 FTU/kg) e as que receberam uma dieta contendo 0,10% de fósforo inorgânico. Assim como Beutler (2009), que trabalhou com poedeiras e utilizou dietas com 3 níveis de fósforo disponível (0,35; 0,25; 0,15%) e 3 níveis de fitase (200, 400, 600 FTU/kg), também não observou resultados significativos ($P > 0,05$) quanto ao consumo de ração das aves. Ceylan et al. (2003) também encontraram resultados não significativos para o CR, quando compararam dietas com diferentes níveis de fósforo disponível (0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20%), embora numericamente seus resultados mostrem que o CR diminuiu conforme os níveis de fósforo disponível foram diminuindo, assim como foi observado nesse experimento nos tratamentos que não receberam suplementação de fitase. Lima (2008), em experimento com codornas japonesas, ao trabalhar com dietas com 0,13 % Pd e diferentes níveis de fitase (0, 200, 400, 600 FTU/kg) obteve o mesmo resultado que o referido experimento, não observou alteração no CR das aves.

Já Ciftci et al. (2005), observaram resultados que discordam do presente estudo, poedeiras alimentadas com dietas contendo 600 FTU/kg apresentaram um maior CR do que as aves alimentadas com 300 FTU/kg ou sem suplementação.

5.1.2 Conversão por dúzia de ovos

Os valores médios referentes à conversão média por dúzia de ovos (g/dz ovos) podem ser observados na tabela 5.

Não foi observado interação entre os níveis de fósforo e a presença ou não de fitase na conversão por dúzia de ovos. As médias gerais por níveis de P (0,106; 0,210; 0,315; 0,385%) foram respectivamente 0,0378; 0,0366; 0,0388; 0,0390; 0,0380, não diferindo significativamente ($P>0,05$). E as médias gerais por níveis de fitase (0 e 600 FTU) foram respectivamente 0,0381 e 0,0380, não apresentando também diferença significativa ($P>0,05$).

Tabela 5 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a conversão por dúzia de ovos (kg/dz)

Fitase (FTU)					Probabilidades		
					Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS		
0,106	0,0371	0,0384	0,0378	Fósforo	NS	NS	NS
0,210	0,0375	0,0357	0,0366	Fit*Fósf	NS	NS	NS
0,315	0,0387	0,0389	0,0388				
0,385	0,0389	0,0391	0,0390				
Média	0,0381	0,0380	0,0380				
EPM	0,0009	0,0016					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Lima (2008), discordando desse estudo, ao trabalhar também com codornas japonesas, encontrou efeito quadrático para a CDZO, onde o melhor resultado foi observado com o nível de 400 FTU/kg.

Esse resultado mostra que a CDZO não foi influenciada negativamente pelas dietas contendo níveis menores de Pd do que o recomendado pela literatura, como a CR também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, conclui-se que o nível de Pd das dietas para codornas japonesas pode ser diminuído até o nível de 0,106%, sem adição de fitase, sem prejuízo para o desempenho das aves com relação as variáveis citadas acima.

5.1.3 Produção de ovos

Na tabela 6 são apresentados os resultados de produção de ovos (nº ovos/dia/ave).

As médias gerais para PdO por níveis de P foram, respectivamente, 0,8782; 0,8352; 0,8650; 0,8922 e para os níveis de fitase foram, 0,8696; 0,8677. Apresentando resultado significativo ($P=0,056$) para a interação fitase x fósforo linear. Quando desmembrado, o efeito significativo aparece na interação fósforo x fitase 0 ($P = 0,0074$), seguindo os moldes da equação $y = 0,8111 + 0,2305 x$, $R^2 = 0,08$, conforme demonstrado no gráfico 1. A maior produção foi observada na dieta com 0,385% P sem suplementação de fitase (0,9190 ovos/dia ave), mostrando que o uso de fitase não afetou positivamente a PdO, e que o nível de fósforo recomendado pelo NRC para codornas japonesas de postura pode ser reduzido para 0,385%.

Tabela 6 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase nas dietas sobre a produção de ovos (nº ovos/dia ave)

Fitase (FTU)					Probabilidades		
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS	Linear	Quadr
0,106	0,8585	0,8980	0,8782	Fósforo	NS	0,0025	NS
0,210	0,8265	0,8440	0,8352	Fit*Fósf	0,0056	NS	NS
0,315	0,8745	0,8555	0,8650				
0,385	0,9190	0,8655	0,8922				
Média	0,8696	0,8657	0,8677				
EPM	0,0385	0,0232					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 1 – Produção de ovos/ dia ave em função dos níveis de fósforo e fitase nas dietas (nº ovos/dia ave)

Augspurger et al. (2007), ao utilizar dietas deficientes em fósforo (0,28% Pt), suplementadas com fitase (250, 500, 1000, 10000 FTU/kg) ou com fósforo inorgânico (0,10%), em poedeiras de segundo ciclo, não encontraram diferença significativa ($P = 0,77$) para a produção de ovos durante as 8 semanas de experimento, diferindo do encontrado no presente experimento.

O mesmo foi observado por Boling et al. (2000) nas primeiras 8 semanas de experimento, ao trabalhar com dietas contendo 0,10% Pd suplementadas com fitase (100, 200, 250 e 300 FTU/kg). Porém, esses mesmos autores observaram uma queda da produção de ovos pelas aves que receberam dieta sem suplementação de fitase, em comparação as aves que receberam as dietas suplementadas.

Ceylan et al. (2003), ao trabalhar com poedeiras de 20 a 40 semanas de idade, também não encontraram resultados significativos para a PO utilizando dietas com diferentes níveis de Pd (0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20%) e suplementadas com fitase (300 FTU/kg). Porém quando foi usada nas dietas uma variedade de milho contendo 0,17% Pd ao invés de 0,05% Pd, que contém a variedade de milho normalmente usada, observaram uma queda da PO nas dietas com níveis de 0,25 e 0,30% de Pd.

De acordo com o experimento de Ciftci et al. (2005), a produção de ovos de poedeiras alimentadas com fitase foi maior do que em poedeiras que receberam uma dieta basal, sendo que a PO foi aumentando conforme se aumentou a quantidade de fitase incluída nas dietas.

No trabalho de Lima (2008) pode-se observar que as codornas japonesas apresentaram um aumento linear na produção de ovos conforme os níveis de fitase na dieta foram aumentando, chegando ao ápice no valor de 335 FTU/kg. Ao contrário do que foi observado nesse experimento, que apresentou uma crescente produção com as dietas sem suplementação e uma decrescente produção com as dietas com suplementação de fitase.

5.1.4 Produção de ovos comercializáveis

Os valores da produção de ovos comercializáveis podem ser encontrados na tabela 7 de acordo com os níveis de fósforo e fitase.

Houve efeito apenas para a interação fitase x fósforo linear, que quando desmembrada se observa uma tendência linear entre fitase 0 e fósforo, apresentada no gráfico 2, que segue os padrões da equação $y = 0,7908 + 0,2320x$, $R^2 = 0,07$ com $P = 0,0151$. Acompanhando

assim o que foi observado na produção de ovos totais. Os níveis de P e a suplementação de fitase não influenciaram a produção de ovos comercializáveis.

Tabela 7 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre a produção de ovos comercializáveis (nº ovos com./dia ave)

Condições de crescimento (n. ovos com/dia ave)					Probabilidades			
Fitase (FTU)					Linear	Quadr	Desvio	
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS			
0,106	0,8400	0,8865	0,8632	Fósforo	NS	0,0030	NS	
0,210	0,8095	0,8230	0,8162	Fit*Fósf	0,0028	NS	NS	
0,315	0,8410	0,8455	0,8432					
0,385	0,9085	0,8335	0,8710					
Média	0,8497	0,8471	0,8484					
EPM	0,4181	0,0278						

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 2 – Produção de ovos comercializáveis (nº ovos com./ dia ave) em função dos níveis de fósforo e fitase

Lima (2008) também observou aumento na POC, mas diferente do atual experimento, o acréscimo foi influenciado pelo aumento da inclusão de fitase na dieta, ao invés do aumento do nível de fósforo.

5.1.5 Peso dos ovos

Na tabela 8 podem ser vistos os resultados do peso dos ovos (g). Houve resultado significativo para a interação fitase x fósforo, apresentando efeito de desvio da quadrática ($P = 0,0255$). Com o desdobramento dessa interação, obteve-se efeito significativo de desvio da quadrática dentro da fitase 0 ($P = 0,0441$), seguindo os padrões da equação $y = 9,22 + 37,97x - 181,21x^2 + 251,3x^3$, $R^2 = 0,13$, como demonstrado no gráfico 3.

Pode ser observado na tabela 8 que o peso dos ovos foi maior com a suplementação de fitase nas dietas independente dos níveis de fósforo utilizados, porém não apresentaram diferença estatística, pois os valores entre os tratamentos são muito próximos. No entanto, nos tratamentos sem a utilização de fitase foi observado resultado significativo, sendo que, o maior PO foi observado no tratamento com 0,210% Pd, podendo assim usar um menor nível de Pd na dieta de codornas japonesas do que o recomendado pelo NRC (1994).

Tabela 8 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre o peso dos ovos

Fitase (FTU)						Probabilidades		
						Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS			
0,106	11,5099	11,2949	11,3996	Fósforo		NS	NS	NS
0,210	11,5318	11,0892	11,3162	Fit*Fósf		0,0093	NS	0,0255
0,315	11,0571	11,4227	11,2399					
0,385	11,3223	11,5387	11,4305					
Média	11,3533	11,3395	11,3464					
EPM	0,2199	0,1926						

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 3 – Peso dos ovos (g) em função dos níveis de fósforo e nível 0 de fitase nas dietas

Segundo Beutler (2009), que trabalhou com dietas para poedeiras contendo diferentes níveis de fósforo (0,35; 0,25; 0,15%) e de fitase (200, 400, 600 FTU/kg), não houve diferença significativa entre os tratamentos para peso de ovos, discordando do presente trabalho, onde foi observado maior peso dos ovos para a dieta contendo 0,210% Pd sem adição da enzima fitase. Noebauer (2006) também não observou diferença nos resultados, em trabalho com poedeiras marrons alimentadas com dietas contendo 0,30% Pd e 0 ou 300 FTU.

Já Ceylan et al. (2003) observaram que houve uma queda no PO nas dietas contendo níveis de fósforo disponível menores que 0,35% (0,30; 0,25; 0,25%), diferindo do resultado observado nesse experimento, que apresentou o maior PO nas dietas com 0,210% Pd. E a suplementação com a fitase mostrou que os pesos dos ovos das dietas com milho 0,05% foram semelhantes aos pesos das dietas com milho 0,17% sem suplementação.

5.1.6 Massa dos ovos

Os valores médios referentes a massa de ovos estão apresentados na tabela 9. Foi observado resultado significativo na interação fitase x fósforo. Apresentando efeito de desvio da quadrática entre a fitase 0 e o fósforo ($P = 0,0459$), seguindo os padrões da equação $y = 0,22 + 0,90x - 4,29x^2 + 5,95x^3$, $R^2 = 0,13$, demonstrado no gráfico 4. Podendo observar que a maior MO foi encontrada nas dietas com nível de P de 0,210% sem adição de fitase.

Mostrando que para o melhor desempenho da variável citada o nível de fósforo que deve ser usado é o de 0,210% Pd, e que a suplementação de fitase não foi positiva para a melhoria dos resultados.

Tabela 9 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre a massa dos ovos

Fósforo (%)	Fitase (FTU)			Fitase	NS	Probabilidades		
	0	600	Médias			Linear	Quadr	Desvio
0,106	0,2740	0,2689	0,2714	Fósforo		NS	NS	NS
0,210	0,2745	0,2653	0,2701	Fit*Fósf		0,0104	NS	0,0396
0,315	0,2632	0,2720	0,2676					
0,385	0,2695	0,2747	0,2721					
Média	0,2703	0,2704	0,2703					
EPM	0,0053	0,0040						

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 4 – Massa de ovos em função dos níveis de fósforo e nível 0 de fitase nas dietas

Segundo Ceylan et al. (2003), em experimento com poedeiras de 20 a 40 semanas de idade alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fósforo disponível (0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20%) suplementadas ou não com fitase (0, 300 FTU), houve uma queda na massa dos ovos com o decréscimo dos níveis de P, sendo superada com a suplementação de fitase na dieta com o menor nível de P.

Lima (2008) ao trabalhar com codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fitase (0, 200, 400, 600 FTU/kg), observou um aumento linear na MO à medida que os níveis da enzima foi elevado na dieta.

5.2 QUALIDADE DOS OVOS

5.2.1 Gravidade Específica

Na tabela 10 podem ser vistos os resultados de gravidade específica dos ovos (g/cm^3). Apresentando efeito significativo apenas para a interação fitase x fósforo desvio da quadrática. Quando efetuado o desmembramento dessa interação foi observado efeito linear ($P = 0,0039$) para fitase 0 e efeito de desvio da quadrática ($P = 0,0189$) para a fitase 600, seguindo os padrões das respectivas equações, $y = 1,07 + 0,0072x$, $R^2 = 0,079$ e $y = 1,06 + 0,17x - 0,85x^2 + 1,21x^3$, $R^2 = 0,12$, como pode ser observado no gráfico 5. Resultados que discordam de Ceylan et al. (2003), que não observaram resultado significativo para a densidade específica entre os tratamentos em seu experimento com poedeiras comerciais.

Tabela 10 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre a gravidade específica dos ovos (g/cm^3)

Fitase (FTU)				Probabilidades			
				Linear	Quadr	Desvio	
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS		
0,106	1,0696	1,0720	1,0708	Fósforo	NS	NS	NS
0,210	1,0707	1,0718	1,0712	Fit*Fósf	0,0012	NS	0,0321
0,315	1,0719	1,0696	1,0708				
0,385	1,0714	1,0712	1,0712				
Média	1,0709	1,0711	1,0710				
EPM	0,0010	0,0011					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 5 – Gravidade específica (g/cm³) dos ovos em função dos níveis de fósforo e de fitase nas dietas

Já Beutler (2009) concorda com o resultado obtido nesse trabalho, observou resultados significativos ($P < 0,05$) para a gravidade específica dos ovos, quando utilizou dietas contendo 0,35 e 0,25% Pd e com adição de fitase (200, 400, 600 FTU/kg). Porém, quando utilizada uma dieta com apenas 0,15% Pd não foi observada diferença ($P > 0,05$). Noebauer (2006) também encontrou resultados positivos para GE, observando que essa aumenta significativamente com a inclusão de fitase na dieta.

O melhor resultado para GE foi observado para o nível de 0,106% Pd com adição de fitase, mostrando que a adição da enzima foi significativa para a melhoria da qualidade da casca dos ovos e que o nível de fósforo recomendado na literatura pode ser reduzido para 0,106% Pd sem interferir nessa qualidade.

5.2.2 Peso dos componentes dos ovos (albúmen, gema e casca)

Os valores de peso de gema, peso de albúmen e peso da casca podem ser visualizados nas tabelas 11, 12 e 13. Os valores estão expressos em gramas de acordo com os níveis de fósforo e de fitase.

Os níveis de fósforo e a presença da fitase não alteraram os pesos dos componentes dos ovos. Diferindo de Lima (2008), que observou, em trabalho com codornas japonesas, um aumento linear no PG quando os níveis de inclusão de fitase aumentaram até o nível de 180 FTU na dieta. Já nos demais parâmetros foram observados iguais resultados.

Tabela 11 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre o peso da gema dos ovos (g)

Fitase (FTU)					Probabilidades		
					Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS		
0,106	3,5823	3,5015	3,5419	Fósforo	NS	NS	NS
0,210	3,5747	3,4013	3,4880	Fit*Fósf	NS	NS	NS
0,315	3,5078	3,6065	3,5571				
0,385	3,3944	3,4605	3,4274				
Média	3,5148	3,4925	3,5036				
EPM	0,0870	0,0864					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Tabela 12 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre o peso do albúmen dos ovos (g)

Fitase (FTU)					Probabilidades		
					Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS		
0,106	6,2590	6,0585	6,1588	Fósforo	NS	NS	NS
0,210	6,3229	6,1267	6,2248	Fit*Fósf	NS	NS	NS
0,315	6,1814	6,2018	6,1916				
0,385	6,1794	6,2049	6,1922				
Média	6,2357	6,1480	6,1919				
EPM	0,0690	0,0698					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Tabela 13 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre o peso da casca dos ovos (g)

Fitase (FTU)					Probabilidades		
					Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS		
0,106	0,9364	0,9289	0,9327	Fósforo	NS	NS	NS
0,210	0,9443	0,9161	0,9302	Fit*Fósf	NS	NS	NS
0,315	0,9271	0,9129	0,9200				
0,385	0,9361	0,9393	0,9377				
Média	0,9360	0,9242	0,9302				
EPM	0,0070	0,0122					

(EPM: Erro Padrão da Média)

5.2.3 Porcentagem dos componentes dos ovos (albúmen, gema e casca)

Os resultados referentes aos valores de porcentagem de albúmen podem ser vistos na tabela 14. Não houve alteração significativa nos valores de porcentagem de albúmen de acordo com os níveis de fósforo e de fitase.

Tabela 14 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre a porcentagem de albúmen nos ovos (%)

urbanos nos ovos (%)					Probabilidades		
Fitase (FTU)					Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS		
0,106	54,9961	54,7478	54,8686	Fósforo	NS	NS	NS
0,210	54,8351	54,9044	54,8688	Fit*Fósf	NS	NS	NS
0,315	54,8895	54,5785	54,5785				
0,385	54,5795	54,4784	54,4784				
Média	54,8198	54,5742	54,6978				
EPM	0,1768	0,1878					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Os valores de porcentagem de casca estão apresentados na tabela 15, de acordo com os níveis de fósforo e a presença ou ausência de fitase. Pode-se observar que houve efeito significativo para a interação fitase x fósforo linear ($P = 0,0087$), e quando desmembrado, observa-se uma tendência linear para a interação fitase 600 e fósforo, seguindo os moldes da equação $y = 8,32 - 0,70x$ ($R^2 = 0,06$) ($P = 0,0387$), demonstrado no gráfico 6.

Tabela 15 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre a porcentagem de casca

Fitase (FTU)				Probabilidades				
						Linear	Quadr	Desvio
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS			
0,106	8,1289	8,2689	8,1989	Fósforo		NS	NS	NS
0,210	8,1880	8,2000	8,1938	Fit*Fósf		0,0087	NS	NS
0,315	8,2489	8,9930	8,1177					
0,385	8,2645	8,1350	8,1997					
Média	8,2081	8,1470	8,1775					
EPM	0,0620	0,3996						

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 6 – Porcentagem de casca dos ovos em função dos níveis de fósforo e fitase das dietas

Os valores de porcentagem de gema são apresentados nas tabelas 16, de acordo com os níveis de fósforo (0,106; 0,210; 0,315; 0,385%) e de fitase (0 e 600 FTU).

Para a porcentagem de gema observou-se efeito de desvio da quadrática para os níveis de fósforo ($P = 0,043$), seguindo os padrões da equação $y = 39,61 - 141,80x + 680,33x^2 - 983,44x^3$, $R^2 = 0,044$, demonstrado no gráfico 7.

Tabela 16 – Efeito da concentração de fósforo e suplementação de fitase sobre a porcentagem de gema

Fitase (FTU)				Probabilidades			
Fósforo (%)	0	600	Médias	Fitase	NS	Linear	Quadr
0,106	31,0962	31,0224	31,0584	Fósforo Fit*Fósf	NS	NS	0,0435
0,210	30,9524	30,5031	30,7336				
0,315	31,8306	31,6042	31,7174				
0,385	29,4214	30,0513	29,7444				
Média	30,8397	30,7989	30,8192				
EPM	1,0118	0,6695					

(EPM: Erro Padrão da Média)

Gráfico 7 – Porcentagem de gema dos ovos em função dos níveis de fósforo e do nível 0 de fitase das dietas

De acordo com Ceylan et al. (2003), ao trabalhar com dietas para poedeiras, contendo diferentes níveis de fósforo disponível (0,40; 0,35; 0,30; 0,25; 0,20%) e fitase (0 e 300 FTU), a porcentagem de casca dos ovos aumenta conforme o nível de Pd diminui ($P < 0,02$), o que não foi observado no referido experimento. E as porcentagens de albúmen e gema não sofrem alterações segundo os autores citados.

Conforme ocorreu no presente experimento, com exceção para a porcentagem de gema, Costa et al. (2004), ao trabalhar com dietas com variados níveis de fósforo disponível (0,375; 0,305; 0,235%) e de fitase (0, 500, 1000 FTU/kg), não encontraram resultados significativos para as porcentagens dos componentes dos ovos, mesmo os valores de porcentagem de casca terem apresentado um ligeiro decréscimo conforme os níveis de fitase foram aumentados.

6 CONCLUSÃO

Pode-se diminuir o nível de 0,106% de fósforo disponível em dietas para codornas japonesas em postura, sem alteração no consumo de ração, conversão alimentar por dúzia de ovos, pesos dos componentes dos ovos e porcentagem de albúmen. Já para o peso e a massa dos ovos essa restrição de fósforo disponível pode ser feita somente até o nível de 0,210%.

Para a produção de ovos totais, produção de ovos comercializáveis e porcentagem de gema, os níveis de fósforo disponível não devem ser reduzidos a menos de 0,385%.

A suplementação com 600 U de fitase na dieta com 0,106% de codornas japonesas em postura melhora a qualidade da casca dos ovos, observada através da gravidade específica e da porcentagem de casca nos ovos.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T.; RASOOL, S.; SARWAR, M.; HAQ, A.; HASAN, Z Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. **Animal Feed Science Technology**. v. 83, p. 103–114. 2000.

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

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; FLEMMING, J. S.; GEMAEL, A.; SOUZA, G. A. de; BONA FILHO, A. **Nutrição Animal**. São Paulo: Nobel, 2005, vol. 1 e 2.

ARAÚJO, M. S. de; BARRETO, S. L. T.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; UMIGI, T.; OLIVEIRA, W. P. de; BALBINO, E. M.; ASSIS, A. P. de; MAIA, G. V. C. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 584-588, 2007.

ARAÚJO, D. M. e SILVA, J. H. V. Enzimas exógenas em dietas contendo farelo de trigo e outros alimentos alternativos para aves: revisão. **PUBVET**, Londrina, v. 2, n. 47, p. 453, Nov, 2008. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=346. Acesso em: 06 de Maio de 2010.

AUGSPURGER, N. R.; WEBEL, D. M.; LEI, X. G.; BAKER, D. H. Efficacy of an *E. coli* phytase expressed in yeast for releasing phytate-bound phosphorus in young chicks and pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 474–483, 2003.

AUGSPURGER, N. R.; WEBEL, D. M.; BAKER, D. H. An *Escherichia coli* phytase expressed in yeast effectively replaces inorganic phosphorus for finishing pigs and laying hens. **Journal of Animal Science**, v. 85, 1192-1199, 2007.

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

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. London: CAB Publishing, 2001. 412 p.

BEUTLER, A. L. The efficacy of QuantumTM phytase in laying hens fed corn – soybean meal based diets. Saskatoon: University of Saskatchewan, 2009. 118 f.

BOLING, S. D.; DOUGLAS, M. W.; SHIRLEY, R. B.; PARSON, C. M.; KOELKEBECK, K. W. The Effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 535–538, 2000.

BORGES, F. M. O; FURTADO, M. A. O; VELOSO, J. A. F; BAIÃO, N. C. Disponibilidade de fósforo de fontes inorgânicas para frangos de corte **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 49, n. 5, p. 639-647, Out. 1997.

BORRMANN, M. S. L.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; OLIVEIRA, B. L. de Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 181-187, Jan./Fev. 2001.

BRESSAN, M. C.; ROSA, F. C. Processamento e industrialização de ovos de codornas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 68-69.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. da; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, Nov./dez. 2005.

CALDERON, V. M.; JENSEN, L. S. The requirement for sulfur amino acid by laying hens as influenced by the protein concentration. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 934-944, June. 1990.

CEYLAN, N.; SCHEIDELER, S. E.; STILBOM, H. L. High available phosphorus corn and phytase in layer diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 789–795. 2003.

CIFTCI, M.; DALKILIC, B.; ALI AZMAN, M. Effects of microbial phytase supplementation on feed consumption and egg production of laying hens. **Poultry Science**, v. 4, n. 10, p. 758-760, 2005.

COSTA, F. G. P.; JÁCOME, I. M. T. D.; SILVA, J. H. V. da; ARAÚJO, M. J. de; CAMPOS, K. M. F. de; BARBOSA, J. G.; PEIXOTO, J. P. N.; SILVA, J. C. A. da; NASCIMENTO, G. A. J. do; CLEMENTINO, R. H. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, Goiás, v. 5, n. 2, p. 73-81, Abr./Jun. 2004.

COSTA, C. H. R.; BARRETO, S. L. T.; MOURA, W. C. O.; REIS, R. S.; LEITE, C. D. S.; MAIA, G. V. C. Níveis de fósforo e cálcio em dietas para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2037-2046. 2007. Suplemento.

COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrase, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **Poultry Science**, v. 84, p. 1860–1867. 2005.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Phytic Acid and Phytase: Implications for Protein Utilization by Poultry. **Poultry Science**, v. 85, p. 878-885, 2006.

CROMWELL, G. L.; COFFEY, R. D.; PARKER, G. R.; MONEGUE, H. J.; RANDOLPH, J. H. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2000-2008, 1995.

FREITAS, A. C. de; FUENTES, M. de F. F.; FREITAS, E. R.; SUCUPIRA, F. S.; OLIVEIRA, B. C. M. de. Efeito de Níveis de Proteína Bruta e de Energia Metabolizável na Dieta sobre o Desempenho de Codornas de Postura 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 838-846, 2005.

FIREMAN, A. K. B. A. T.; FIREMAN, F. A. T. Fitase na alimentação de poedeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 529-534, 1998.

FRANCESCH, M.; BROZ, J.; BRUFAU, J. Effects of an experimental phytase on performance, egg quality, tibia ash content and phosphorus bioavailability in laying hens fed on maize- or barley-based diets. **British Poultry Science**, v. 46, n. 3, p. 340 – 348, 2005.

FUJIKURA, W. S. Situação e perspectivas da coturnicultura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 1-10.

GARCIA, J.; MURAKAMI, A. E.; MARTINS, E. N.; FURLAN, A. C. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 3, p. 733-739, 2000.

GONÇALVES, F. M.; GENTILINI, F. P.; ANCIUTI, M. A.; NUNES, P. M.; SILVA, R. A. G. da; RUTZ, F.; ZANUSSO, J. T. Qualidade de ovos de poedeiras suplementadas com complexo enzimático nas dietas. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2001, Pelotas **Anais...** Pelotas, 2001.

GORDON, R.W.; ROLAND D.A. Performance of commercial laying hens fed various phosphorus levels, with and without supplemental phytase. **Poultry Science**, v.76, p. 1172-1177, 1997.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v. 61, p. 2022-2039, 1982.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 06 abr. 2010.

JUNQUEIRA, O.M. Avanços recentes nas exigências de fósforo para poedeiras. In: CONFERÊNCIA APINCO 1993 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 1993. p. 167-175.

KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 144–153, Jan. 1993.

KESHAVARZ, K. Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p. 748–763, 2000.

KORNEGAY, E. T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity, In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. London: CAB Publishing, 2001. p. 237.

LAURENTIZ, A. C. **Manejo nutricional das dietas de frangos de corte na tentativa de reduzir a excreção de alguns minerais de importância ambiental**. 2005. 131 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

LEANDRO, N. S. M.; VIEIRA, N. S.; MATOS, M. S.; CAFÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H.; SANTOS, D. A. Desempenho produtivo de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) submetidas a diferentes densidades e tipos de debicagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 129-135, Jan./March. 2005.

LIM, H. S. et al. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. **Poultry Science**, v.82, p.92-99, 2003.

LIMA, H. J. D. **Uso da enzima fitase em ração para codornas japonesas em postura.** 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade de Viçosa, Viçosa, 2008.

MÓRI, C.; GARCIA, E. A.; PAVAN, A. C.; PICCININ, A.; SCHERER, M. R.; PIZZOLANTE, C. C. Desempenho e qualidade dos ovos de codornas de quatro grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 864-869, 2005.

MURAKAMI, A. E.; FURLAN, A. C. Pesquisas na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 113-120.

MURAKAMI, A. E.; SAKAMOTO, M. I.; SOUZA, L. M. G. de; FRANCO, J. R. G.; MITUO, M. A. O. DeTerminação do melhor nível de sal comum para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2333-2337, 2006.

NAGASHIRO, C. Enzimas na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2007 De Ciência E Tecnologia Avícolas, 2007, Santos. **Anais...** Santos, São Paulo: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007. p. 309 – 327.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of poultry** 9. ed. Washington DC: National Academy Press. 155 p.

NOEBAUER, M. R. **Efeitos das diferentes relações cálcio:** fósforo disponível e fitase sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo de poedeiras de ovos de casca marrom. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NUNES, J. K.; ROSSI, P.; RIBEIRO, E. M.; DALLMANN, H. M.; ROCHA, A. A.; GONÇALVES, F. M.; BOURSCHIEDT, D.; ANCIUTI, M. A., MAIER, J. C.; RUTZ, F. Avaliação da valorização energética do complexo enzimático sobre a qualidade dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo farinha de carne e osso In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 16., 2001, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2001.

ORTOLANI, E. L. Macro e micro elementos. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária.** 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1996. p. 545.

PAIK, I. K.; BLAIR, R.; JACOB, J. Strategies to reduce environmental pollution from animal manure: principles and nutritional management – a review. **Asian – Australasian Journal of Animal Science**, v. 9, n. 6, p. 615-635, 1996.

PANDEY, A.; SZAKACS, G.; SOCCOL, C. R.; RODRIGUEZ-LEON, J. A.; SOCCOL, V. T. Production, purification and properties of microbial phytases. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 203 – 214, 2001.

PERDOMO, C. C. Impacto da suinocultura sobre o meio ambiente. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA A TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS. SUINOTEC, 2., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: CTC – ITAL, 1996. p. 269.

PEREIRA, A. A. **Fitase em rações formuladas com níveis decrescentes de proteína bruta e fósforo para poedeiras comerciais**. 2009. 87 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2009.

PETER, W. Investigations on the use of phytase in the feeding of laying hens. In: WORD'S POULTRY CONGRESS, 19, 1992, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: BASF, 1992.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; VARGAS JUNIOR, J. G. de Níveis de Proteína e Energia para Codornas Japonesas em Postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1761-1770, 2002

PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte**. 2000. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

RAVINDRAN, V. et al. Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry and Avian Biology Reviews**, v.6, p.125-143, 1995.

REMUS, J. A Avicultura e o meio ambiente colhem os benefícios da nova geração de fitases. **AveWorld**. n 29. p 56-62. 2007.

RIBEIRO, M. L. G.; SILVA, J. H. V. da; DANTAS, M. O.; COSTA, F. G. P.; OLIVEIRA, S. F. de; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, E. L. da Exigências Nutricionais de Lisina para Codornas durante a Fase de Postura, em Função do Nível de Proteína da Ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 156-161, 2003.

RIZZO, P. V.; GUANDOLINI, G. C.; AMOROSO, L.; MALHEIROS, R. D.; MORAES, V. M. B. Triptofano na alimentação de codornas japonesas nas fases de recria e Postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1017-1022, 2008.

ROSOL, T. J.; CAPEN, C. C. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorus, magnesium) metabolism. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5th ed. San Diego, CA: Academic Press, 1997. p. 619–702.

SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS user's guide**: statistics. Version 5. Cary: SAS, 2001.

SHRIVASTAV, A. K. Recentes avanços na nutrição de codornas japonesas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA – NOVOS CONCEITOS APLICADOS À PRODUÇÃO DE CODORNAS, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p. 116-117.

STRADA, E. S. O.; ABREU, R. D.; OLIVEIRA, G.J.C.; COSTA, M. C. M. M.; CARVALHO, J. L.; FRANCA, A. S.; CLARTON, L.; AZEVEDO, J. L. M. Uso de Enzimas na Alimentação de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2369-2375, 2005.

VIEIRA, R. S. A.; BERTEQUINI, A. G.; FIALHO, E. T.; SANTOS, C. D. dos; TEXEIRA, A. S. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com rações contendo fitase. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1413-1422, Nov./Dez. 2001.

WYSS, M.; BRUGGER, R.; KRONENBERGER, A.; RE´MY, R.; FIMBEL, R.; OESTERHELT, G.; LEHMANN, M.; VAN LOON, A. P. G. M. Biochemical characterization of Fungal Phytases (*myo*-Inositol Hexakisphosphate Phosphohydrolases): Catalytic Properties, **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 2, p. 367–373, Fev. 1999.

ZHANG, X.; ROLAND, D. A.; MCDANIEL, G. R.; RAO, S. K. Effect of Natuphos phytase supplementation to feed on performance and ileal digestibility of protein and amino acids of broilers. **Poultry Science**, v. 78, p. 1567–1572, 1999