

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FABRICIA DE ARRUDA ROQUE

**Enzimas exógenas para poedeiras comerciais**

---

**Pirassununga**

**2018**

FABRICIA DE ARRUDA ROQUE

**Enzimas exógenas para poedeiras comerciais**

**VERSÃO CORRIGIDA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino de Araújo

---

**Pirassununga**

**2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo  
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Arruda Roque, Fabricia  
dR786 Enzimas exógenas para poedeiras comerciais /  
Fabricia de Arruda Roque ; orientador Profº Drº  
Lúcio Francelino Araújo. -- Pirassununga, 2018.  
70 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e  
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Carboidrase. 2. Carboidrato. 3. Fitase. 4.  
Fósforo. 5. Valorização de nutrientes. I. Francelino  
Araújo, Profº Drº Lúcio, orient. II. Título.

FABRICIA DE ARRUDA ROQUE

**Enzimas exógenas para poedeiras comerciais**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Data de aprovação: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Banca Examinadora**

Prof.Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof.Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof.Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais, Hermes Roque e  
Marta Maria de Arruda Roque que sempre me  
Apoiaram e acreditaram em mim.  
Aos meus queridos avós Raimunda Luiza de Arruda  
in memoriam,  
Raimundo Batista de Menezes in memoriam e  
Sebastião Macário Roque in memoriam,  
e Edina Sabrina Roque  
E ao João Paulo Vargas de Souza que amo muito.  
E toda minha família e amigos.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força e coragem durante toda esta caminhada.

Aos meus pais, minha querida e amada mãe Marta Maria de Arruda Roque e ao meu pai meu porto seguro, Hermes Roque, que sempre me deu força para chegar até aqui, mesmo com a dificuldade da vida e longe de casa, sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

Ao meu amado João Paulo Vargas de Souza que sempre acreditou em mim mesmo quando eu mesma não acreditava, me dando força e apoio fazendo com que eu pudesse concluir mais uma etapa, sendo um dos principais responsáveis por esta conquista.

A minha família, o meu sincero “muito obrigado” por toda a alegria, apoio incondicional e estímulo que sempre injetaram em minha vida. E a minha segunda família, Sandra Vargas, João Luiz de Souza, Alessandro Vargas de Souza pelo carinho e apoio.

A todos meus amigos que me acompanham desde a graduação, com uma palavra de conforto, carinho e coragem a Marcela Gouveia, Thuanny Pereira, Joyce de Paula, Lidiane Staub e Mirian Garcia. Aos amigos que conheci no mestrado e que participaram incondicionalmente na realização desse experimento, onde criamos uma grande família Priscila Zorzetto, Brunna Garcia, Carlos Granguelli, Paulo Pelessari, Rafael Nascimento, André Murcio, André Carmêlo, Sara Mariane, Mariana, Vinicius, Patrícia. Aos funcionários do aviário: Edinho, China, Diego, Pedro e Paulo. E da fábrica de ração Cláudio, Zé, Ioneo, Maicon.

Aos colaboradores da secretária da pós-graduação que me ajudaram em todo o momento dessa caminhada agradeço imensamente ao Gilson, Érica, Isabela Kefilin e Maria Cecilia.

À Faculdade de Zootecnia de Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo e ao departamento de Qualidade e Produtividade Animal.

À capes pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço a todos os Professores do Departamento de Zootecnia, FZEA/FMVZ, por esses dois anos de transmissão segura e paciente de conhecimento. Ao meu orientador Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo e sua esposa Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>

Cristiane Araújo, que me deram a oportunidade de realização do mestrado e execução do trabalho, que não mediram esforços na minha formação tanto profissional quanto pessoal. À banca de avaliadores, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Pizzolante, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Gomide e ao Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque que muito prontamente e com grande entusiasmo aceitaram fazer parte desse momento tão importante em minha vida.

**Muito obrigada!**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do balanço diário de cálcio e fósforo nas poedeiras comerciais .....	19
Figura 2 - Interação fitato com minerais e proteína .....	22



## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Conteúdo de fósforo total, fítico, disponível e digestível verdadeiro para aves do farelo de soja e milho.....	20
Tabela 2 - Proporção de polissacarídeos não amiláceos em grãos.....	30
<b>Capítulo I:</b> Valorização e suplementação de fitase para poedeiras comerciais	
Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais dos tratamentos com valorização de nutrientes e suplementação de fitase de acordo com a fase de postura.....	44
Tabela 2 - Produção de ovos (PO, %); consumo de ração (CR, g); peso do ovo (peso, g); massa de ovo (MO, g); conversão alimentar por dúzia de ovo (CA/dúzia); conversão alimentar por massa de ovo (CA/MO) das poedeiras comerciais alimentadas com valorização de nutrientes e suplementação de fitase.....	47
Tabela 3 - Altura de albúmen (AA, mm); unidade <i>Haugh</i> (UH); resistência da casca (RC, kgf), espessura da casca (EC, mm) e Porcentagem de casca (PC, %) de poedeiras comerciais com valorização de nutrientes e suplementação de fitase.....	49
Tabela 4 - Análise econômica da produção de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com valorização de nutrientes e suplementação de fitase	50
<b>Capítulo II:</b> Avaliação do uso de uma carboidrase na alimentação de poedeiras comerciais	
Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais dos tratamentos com nível energético e adicionado carboidrase de acordo com fases de postura.....	60
Tabela 2 - Produção de ovos (PO, %); consumo de ração (CR, g); peso do ovo (peso, g); massa de ovo (MO, g); conversão alimentar por dúzia de ovo (CA/dúzia); conversão alimentar por massa de ovo (CA/MO) das poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com níveis energéticos e suplementado ou não carboidrase.....	62
Tabela 3 - Interação para produção de ovos de poedeiras comerciais, de acordo com a presença ou não de carboidrase e dos níveis de energia metabolizável.....	63

Tabela 4 - Interação da massa de ovos de poedeiras comerciais, de acordo com a presença ou não de carboidratos e dos níveis de energia metabolizável..... 64

Tabela 5 - Altura de albumen (AA,mm); coloração da gema (Cor); unidade Haugh (UH); resistência da casca (RC, kgf) e espessura da casca (EC, mm) de poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com níveis energéticos e suplementado ou não carboidratos..... 65

...

## RESUMO

ROQUE, F. A. **Enzimas exógenas para poedeiras comerciais.** [Exogenous enzymes for commercial laying hens]. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

As enzimas exógenas são mecanismos de redução de custos e otimização da eficiência do uso de ingredientes aumentando a digestão e reduzindo a excreção de nutrientes ao ambiente. Desta forma, foram realizados dois experimentos para avaliar o efeito da adição de enzima exógena sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. O primeiro estudo teve como intuito avaliar os efeitos da dieta com nutrientes reduzidos e suplementados com fitase para poedeiras comerciais de 70 a 86 semanas de idade sobre as características de desempenho, qualidade do ovo e parâmetros econômicos. As poedeiras comerciais Novogen White® (n = 256) foram distribuídas de acordo com um delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos, com oito repetições de oito galinhas cada: controle positivo (CP): dieta convencional, não suplementada com fitase; dieta com níveis reduzidos de P (-0.12%), Ca (-0.10%) e ME (-14 kcal / kg) e suplementados com 300 FTU fitase / kg (CN300FTU); dieta com níveis reduzidos de P (-0,16%), Ca (-0,13%), ME (-18 kcal / kg), CP (-18%), aminoácidos sintéticos (-0,01%) e suplementados com 600 FTU fitase / kg (RN600FTU); e dieta com níveis reduzidos de P (-0.18% P), Ca (-0.15%), ME (-20 kcal / kg), CP (-20%), aminoácidos sintéticos (-0,01%) e suplementados com 900 FTU fitase / kg (CN900FTU). Durante o experimento foi coletado os dados desempenho, a qualidade dos ovos e os dados de análise econômica. As poedeiras alimentadas com a dieta CN300FTU apresentaram uma produção de ovos 2,68% maior que as alimentadas com a dieta CP. As poedeiras alimentadas com CP tiveram os ovos mais pesados (66,80 g). A massa de ovos produzida por poedeiras alimentadas com CP e CN300FTU foi estatisticamente similar. As características de qualidade dos ovos não foram influenciadas pelos tratamentos dietéticos, com exceção da espessura da casca do ovo, cujo maior valor foi obtido nas poedeiras alimentadas por CP. O custo da ração da dieta CN900FTU foi aproximadamente 9% menor do que o da dieta CP. Este estudo mostrou que as poedeiras alimentadas com uma dieta de nutrientes reduzidos e suplementados com fitase de 300FTU produziram o melhor desempenho e

resultados econômicos. No segundo experimento, foi avaliado os efeitos dos níveis de energia metabolizável e suplementadas com complexo enzimático para poedeiras comerciais, de segundo ciclo, de 84 a 100 semanas de idade em seu desempenho, qualidade do ovo e parâmetros econômicos. As poedeiras comerciais Hy-line White ® (n = 224) foram distribuídas de acordo com um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 X 2, dois níveis de energia metabolizável (2.626, 2.776 Kcal de energia metabolizável) e com e sem suplementação de carboidrase (5g/t), totalizando quatro tratamentos com sete repetições. Houve interação entre o nível de energia e o complexo enzimático para produção e massa de ovo. Sendo, maior produtividade e massa de ovos foi para as poedeiras alimentadas com maior nível de energia e a suplementada com o complexo enzimático. Conclui-se que a suplementação de enzimas exógenas (fitase e carboidrase) para poedeiras comerciais nos dois experimentos apresentou efeitos satisfatórios para as características zootécnicas e econômicas.

**Palavras-chave:** Carboidrase. Carboidrato. Fitase. Fósforo. Valorização de nutrientes.

## ABSTRACT

ROQUE, F. A. **Exogenous enzymes for commercial laying hens**. 2017.80 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

The exogenous enzymes are mechanisms for cost reduction and optimization of the efficiency of the use of ingredients enhancing digestion and reducing the excretion of nutrients. In this way, two independent experiments were performed to evaluate the effect the addition of exogenous enzyme on egg production and quality characteristics of the egg of laying hens. The first study, the objective of this study was to evaluate the effects of feeding reduced-nutrient diets supplemented with phytase to commercial laying hens from 70 to 86 weeks of age on their performance, egg quality, and economic parameters. Novogen White® commercial laying hens (n=256) were distributed according to a completely randomized design into four treatments, with eight replicates of eight hens each: Positive control: conventional diet, not supplemented with phytase; diet with reduced levels of P (-0.12%), Ca (-0.10%), and ME (-14 kcal/kg), and supplemented with 300 FTU phytase/kg (RN300FTU); diet with reduced levels of P (-0.16%), Ca (-0.13%), ME (-18 kcal/kg), CP (-18%), synthetic amino acids (-0,01%), and supplemented with 600 FTU phytase/kg (RN600FTU); and diet with reduced levels of P (-0.18% P), Ca (-0.15%), ME (-20 kcal/kg), CP (-20%), synthetic amino acids (-0,01%), and supplemented with 900 FTU phytase/kg (RN900FTU). Performance, egg quality, and economic parameters data were collected during the experiment. The layers fed the RN300FTU diet presented 2.68% higher egg production than those fed the PC diet. PC-fed hens laid the heaviest eggs (66.80g). Egg mass produced by PC- and RN300FTU-fed hens were statistically similar. Egg quality traits were not influenced by the dietary treatments, except for eggshell thickness, which highest value was obtained in the PC-fed hens. The feeding cost of the RN900FTU diet was approximately 9% lower compared with that of the PC diet. This study showed that feeding layers with a reduced-nutrient diet supplemented with 300FTU phytase yielded the best performance and economic results. In the second experiment, study was to evaluate the effects of feeding levels of metabolizable energy diets supplemented with enzymatic complex to commercial laying hens, second cycle, from 84 to 100 weeks of age on their performance, egg quality, and economic parameters.

Novogen White ® commercial laying hens (n=256) were distributed according to a completely randomized design into four treatments, with eight replicates of eight hens each: Positive control: conventional diet, not supplemented with phytase. Hy-line White ® commercial laying hens (n= 224) were distributed according to a completely randomized design into factorial arrangement 2 X 2, two levels of metabolizable energy (2,626, 2,776 Kcal of metabolizable energy) and with and without supplementation carbohydrase (0, 5 / t), totaling four treatments with seven repetitions. There was interaction between the energy level and the enzymatic complex for production and egg mass. Being, greater productivity and egg mass was for layers that had the highest energy level and the inclusion of the enzyme complex. It was concluded that the supplementation of exogenous enzymes (phytase and carbohydrase) for commercial laying hens in both experiments presented satisfactory effects for the zootechnical and economic characteristics.

**Keywords:** Carbohydrate. Carbohydrase. Nutrient Reduction. Phosphorus. Phytase.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Revisão de literatura</b> .....	<b>16</b>
1.2.1	Fator antinutricional.....	16
1.2.2	Fósforo.....	17
1.2.3	Fósforo e seu metabolismo .....	18
1.2.4	Fitato.....	21
1.2.5	Fitase .....	23
1.2.6	Efeito da suplementação de fitase no desempenho e qualidade de ovos .....	25
1.2.7	Custo benefício da suplementação de fitase para poedeiras .....	26
1.2.8	Carboidrato .....	27
1.2.9	Carboidrato e seu metabolismo.....	28
1.2.10	Polissacarídeos não amiláceos .....	29
1.2.11	Carboidrase .....	31
1.2.12	Efeito da suplementação de carboidrase no desempenho e qualidade de ovos 31	
<b>1.3</b>	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>33</b>
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO I: Redução de nutrientes com a suplementação de fitase para poedeiras comerciais</b> .....	<b>39</b>
<b>2.2</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>41</b>
<b>2.3</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	<b>43</b>
<b>2.4</b>	<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>47</b>
<b>2.5</b>	<b>Conclusão</b> .....	<b>52</b>
<b>2.6</b>	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>53</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO II: Efeito do nível energético e complexo enzimático na alimentação de poedeiras comerciais</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>57</b>
<b>3.2</b>	<b>Material e Métodos</b> .....	<b>59</b>
<b>3.3</b>	<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>62</b>
<b>3.4</b>	<b>Conclusão</b> .....	<b>66</b>
<b>3.5</b>	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>ANEXO</b> .....	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

No cenário mundial o Brasil está na sétima posição entre os dez maiores produtores de ovos no mundo (FAO, 2015). De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2017) a produção brasileira foi de mais de 39 milhões de ovos em 2015 e com consumo per capita de 190 ovos/habitante.

Mesmo com esse aumento de produtividade, os profissionais da cadeia produtiva de proteína animal têm uma grande responsabilidade de fornecer produto para essa população mundial que está em franco desenvolvimento com projeções para o ano de 2016 com cerca de 7,2 bilhões de pessoa e mostram que deverá superar a marca de 9,6 bilhões em 2050 (FAO, 2013).

O ponto chave na alimentação para poedeiras é a alcançar a produção máxima de ovos de boa qualidade e a conservação do estado fisiológico da ave (ANDRIGUETTO et al., 2002). Sendo assim, a alimentação tem um papel fundamental, visto que, representa a maior parte dos custos totais da produção

Na composição da formulação de ração os ingredientes de origem vegetal representam a maior porção da ração, contudo, esses ingredientes possuem fatores antinutricionais. Estes, quando ingeridos reduzem o valor nutricional do ingrediente, assim como, interferem na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes (GRIFFITHS; BIRCH; HILLMAN, 1998).

O fitato é um componente que está presente em todos os ingredientes de origem vegetal e a principal forma de armazenamento do fósforo (P) em grãos de cereais, leguminosas e oleaginosas (FERREIRA et al., 2015; ZENG et al., 2014). Este é encontrado nos vegetais complexado a minerais de grande importância (cálcio, cobre, ferro, zinco), proteínas e energia, e o torna uma molécula indisponível para os animais monogástricos.

Logo, a suplementação da enzima fitase na dieta é uma alternativa para disponibilizar nutrientes, atuando na quebra do fitato, assim podendo promover a redução de P dietético na dieta, fornecido por fontes inorgânicas, de modo que, não põe em risco a saúde e a produtividade da ave. Por sua vez, isso resulta em uma menor excreção de P ao meio ambiente (VAN DER KLIS et al., 1997) e redução do custo de produção.

No que diz respeito, a ingredientes energéticos, na formulação de monogástrico o milho é o mais utilizado, devido sua alta digestibilidade e



fornecimento de energia, no entanto, a presença de fatores antinutricionais pode reduzir a disponibilidade energética, como é o caso dos polissacarídeos não amiláceos, considerados os polissacáridos da parede celular da planta tais como celulose, hemicelulose e pectina (COON, 2002) esses componentes, quando dissolvidos em água, produzem soluções viscosas que influenciam a digestão e a absorção do amido, dos lipídios e da proteína (LIMA et al., 2006).

Assim, a utilização de carboidrase na dieta de poedeiras tem como intuito reduzir os efeitos dos polissacarídeos não amiláceos, aumentar o desempenho, reduz a viscosidade da digesta e aumenta a produção de ovos e a coloração da gema (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010).

## **1.1 Objetivo geral**

O objetivo destes estudos foi avaliar o aproveitamento dos ingredientes, a partir da suplementação de enzimas (fitase e carboidrase) na alimentação das poedeiras e mostrar as possíveis aplicações das enzimas na nutrição de poedeiras comerciais, visando a melhoria do aproveitamento de ingredientes, produtividade e qualidade de ovos.

### **1.1.1 Objetivo específico**

Avaliar o efeito da dieta com níveis de valorização de nutrientes e suplementação de fitase em poedeiras comerciais sobre as características de desempenho (consumo de ração, percentagem de produção, peso e massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovo e de dúzia), características da qualidade interna (altura de albúmen, coloração de gema e unidade Haugh) e qualidade externa (espessura, resistência e percentagem de casca) do ovo e viabilidade econômica (custo total da ração, receita total por ave, margem bruta, relação custo total / receita total).

Avaliar o efeito da dieta com níveis energéticos e suplementação de uma carboidrase em poedeiras comerciais sobre as características de desempenho (consumo de ração, percentagem de produção, peso e massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovo e de dúzia), características da qualidade interna (altura de albúmen, coloração de gema e unidade Haugh) e qualidade externa (espessura e resistência) do ovo.

## 1.2 Revisão de literatura

### 1.2.1 Fator antinutricional

A dieta das aves é basicamente de origem vegetal, os ingredientes utilizados na formulação de rações são divididos em dois grandes grupos, os ingredientes proteicos e energéticos, na sua maioria, a base é constituída de farelo de soja e milho (SAKOMURA et al. 2014). Esses ingredientes apresentam alta digestibilidade, no entanto, a sua disponibilidade é variável, e um dos principais fatores que contribuem para essa variação é a presença de fatores antinutricionais de ocorrência natural (FANs). Os FANs afetam negativamente a biodisponibilidade dos nutrientes (NIKMARAM et al., 2017) para as aves, de forma que, reduz do valor nutricional dos ingredientes.

O conceito de fator antinutricional refere-se a uma classe ou compostos de classes presentes em ingredientes de origem vegetal, ao serem ingeridos, reduzem o valor nutritivo desses alimentos, de maneira que, interferem na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes (BENEVIDES et al., 2011).

Os ingredientes vegetais apresentam diversos FANs de ocorrência natural são: os inibidores de proteínas (tripsina, quimiotripsina), oxalatos (oxalato de cálcio), taninos (polifenóis), nitrito (NO<sub>3</sub>-), nitrato (NO<sub>2</sub>-), o fitato (ácido fítico) (BENEVIDES et al., 2011) e polissacarídeos não amiláceos.

Já se sabe que, os FANs podem ser inativados ou reduzidos, mais usualmente, pelo processo de aquecimento. Mas, também a outros procedimentos como métodos químicos: aplicação de enzimas, imersão, germinação, irradiação, fermentação; métodos mecânicos: descascamento e moagem, e técnicas como processamento a alta pressão, aquecimento e extrusão (NIKMARAM et al., 2017).

Por outro lado, ao utilizar o procedimento de aquecimento podem ocorrer um superaquecimento do farelo de soja, e o aparecimento da reação de Maillard, e o sub aquecimento também é prejudicial não inativa os FANs de ocorrência natural, e outras reações podem acontecer, formas oxidadas de aminoácidos de enxofre, D-aminoácidos e lisina-alanina (GILANI; COCKELL; SEPEHR, 2005).

O fitato é um FANs que está presente nos cereais. Ele representa a principal fonte de estoque de fosfato da planta e possui em sua estrutura ácidos

hexafosfato mio-inositol que são altamente ionizáveis, os quais estão carregados por cátions como o cálcio, zinco, cobre, magnésio e ferro, no trato gastrointestinal, e formam complexos insolúveis (SOHAIL; ROLAND, 1999).

Outro tipo de FAN para monogástricos são os polissacarídeos não amiláceos, que representa um grupo de carboidratos que compreende de substâncias pécica, celulose e hemicelulose, que juntas compõem uma fração analítica de fibra total determinada nos ingredientes (SILVA, 2002). E estes podem estar presente na forma insolúvel e solúvel em água, o que pode afetar negativamente no intestino delgado das aves, com o aumento da viscosidade e redução da absorção de nutrientes (LIMA et al., 2017).

Desta maneira, os FANs podem interferir com a digestão, resultando em redução da produção de carne ou ovos e menor efetividade alimentar, e pode desencadear perturbações digestivas. As enzimas exógenas são usadas como o intuito de aumentar a disponibilidade de amido, proteína, aminoácidos e minerais, como o fósforo e cálcio a partir de ingredientes na dieta (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010).

### 1.2.2 Fósforo

Fósforo é um elemento químico não-metálico, de símbolo P e número atômico 15, incluído no grupo 5A do sistema periódico e com e peso atômico 30,97 (PESSOA NETO, 2006). O P é classificado como segundo mineral mais abundante na composição dos tecidos animais, sendo que 80% está dentro dos ossos, principalmente como hidroxapatita, e 20% nas células, membranas celulares e fluidos corporais (BREVES; SCHRODER, 1991).

O P é considerado o 1º em custo entre os nutrientes e o 3º no contexto global dos nutrientes. Está presente no ambiente em forma de rocha fosfática, sendo essas rochas finitas (HUMER; SCHWARZ; SCHEDLE, 2015) e insubstituível, cujas reservas conhecidas e de exploração economicamente viável podem se esgotar num prazo de 60 a 100 anos, se for mantido o ritmo atual de crescimento do consumo mundial (OSAKA, 2011).

De acordo com o relatório técnico (KULAIF, 2009), do montante de rocha fosfática internacionalmente comercializada, estima-se que aproximadamente 90% sejam consumidos na indústria de fertilizantes. Deste total, 65% destinam-

se à produção de ácido fosfórico e os restantes 35% são consumidos diretamente na produção de fertilizantes de fosfatados simples. E 6% são utilizados na fabricação de uma ampla gama de produtos, e 4% são consumidos por suplementos minerais para ração animal.

Na nutrição de aves, utiliza-se fósforo inorgânico, oriundo das rocha fosfática, devido ao P presentes nas plantas ter sua disponibilidade limitada, assim, faz o uso desse produto (HUMER; SCHWARZ; SCHEDLE, 2015). Mesmo que, ao alimentar-se uma poedeira consuma 6 gramas de P entorno de 80% do que ingeriu será excretado (LEESON; SUMMERS, 2008).

Assim, a acumulação de P nos solos se torna um grande impacto ambiental se não for administrado adequadamente. O P é uma ameaça na qualidade da água superficial devido sua presença no cursos de água causa processo de eutrofização, de maneira que, novas abordagens devem ser pautadas para uma produção sustentável no âmbito de otimizar a redução de excreção de P no ambiente (HUMER; SCHWARZ; SCHEDLE, 2015).

### 1.2.3 Fósforo e seu metabolismo

O fósforo (P) é um mineral essencial no organismo, devido está presente nas funções metabólicas, como na formação de fosfolipídios, ácidos nucleicos, na manutenção osmótica, balanço acidobásico, metabolismo energético (ATP – adenosina trifosfato), metabolismo de aminoácidos e produção de proteínas e um componente ativador de vários sistemas enzimáticos (COON; LESKE; SEO, 2002) na composição dos ossos.

Na fase de desenvolvimento das aves o P está, principalmente, relacionado com a qualidade de casca de ovo. De forma, que a casca de ovo representa em média 10% do peso médio do ovo, e ela é constituída de carbonato de cálcio (92,5% do peso da casca), carbonato de magnésio (1%), fosfato de cálcio (1%), e cerca de 4% de substancias orgânicas e sais inorgânicos (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

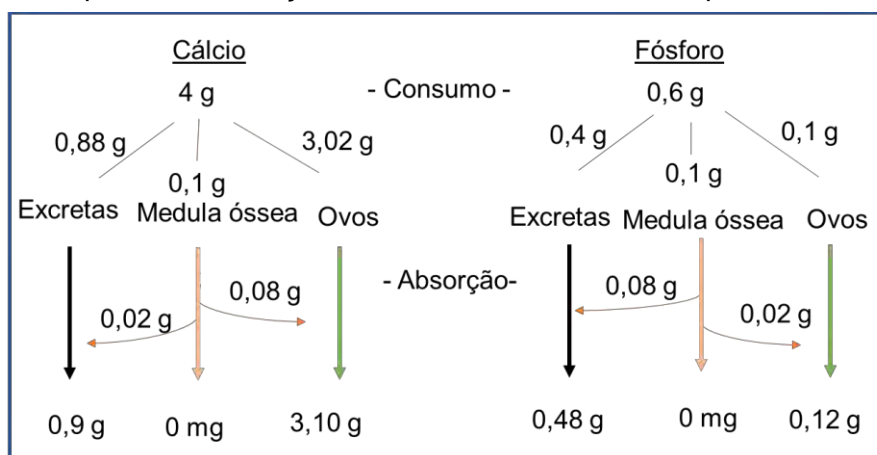
O P não é apenas importante na composição do ovo, mas também no momento da formação, em termos de nível sérico de cálcio (Ca) e P, onde suas concentrações são imprescindíveis em dois períodos. O primeiro momento é durante às primeiras 18 horas, o Ca e P serão removidos dos ossos para a

formação da casca do ovo. O segundo momento, é para a mineralização do osso, em que esse é subdivididos em dois períodos, o primeiro começa de 2 a 3 horas antes da ovoposição e o segundo é de 3 a 4 horas após ovoposição (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Importante frisar, que na maior parte da formação de casca acontece de noite, quando a ave não está consumindo, dependendo assim, da mobilização de óssea, seus níveis séricos de P é mais alto, ocasionam a redução da acidose sanguínea, pois sua concentração sanguínea se eleva, provocando aumento da excreção de fosfato pelos rins. Nesta situação, o fosfato carrega íons H+, auxiliando na manutenção do nível de bicarbonato, reduzindo assim a acidose (BERTECHINI, 2013a).

Para que aconteça absorção de P, há a necessidade de um equilíbrio entre os íons Ca e P (figura 1), esse equilíbrio é chamado de relação Ca: P (ANDRIGUETTO et al., 2002). A relação é imprescindível devido ao excesso de cálcio afetar no consumo de ração e a qualidade de casca, de forma que, o aumento de cálcio dietético reduz a taxa de absorção ao nível intestinal (BERTECHINI, 2013a). O excesso de fósforo afeta negativamente a qualidade da casca (SILVERSIDES et al., 2006), no período de formação, com o aumento da quantidade de fósforo na circulação absorve mais cálcio dos ossos como tampão, de maneira que, reduz a resistência de casca e o peso específico dos ovos (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013).

Figura 1 - Esquema do balanço diário de cálcio e fósforo nas poedeiras comerciais



Fonte: Adaptado de: LESSON, S.; SUMMERS, J. D. (**Commercial poultry nutrition**. 3. ed. Nottingham: Nottingham University, 2008, p. 195).

Assim, é imprescindível a presença do P no organismo em quantidade adequada, devido a sua deficiência em poedeiras pode causar perda de apetite, raquitismo, osteomalácia, crescimento retardado, baixa fertilidade, deformação na casca (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2013), problemas de casca ou fadiga (NRC, 1994).

Por outro lado, a absorção também depende da fonte de P, que porventura são diversas utilizadas pelo mundo. Nos grãos de cereais, cerca de 1/3 do P está disponível, o resto ligado ao fitato (Tabela 1). O fitato é a principal fonte de estocagem de P na planta, esse está rigidamente quelatado a minerais de carga positiva, proteína e energia) que se apresenta para a ave de forma insolúvel e indisponível (VAN DER KLIS et al., 1997).

Tabela 1 - Conteúdo de fósforo total, fítico, disponível e digestível verdadeiro para aves do farelo de soja e milho

Ingrediente	Fósforo		
	Total %	Fítico%	Disponível %
Milho	0,25	0,19	0,06
Farelo de Soja (45%)	0,56	0,34	0,22
Farelo de Trigo	0,97	0,64	0,33

Fonte: Adaptado de ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2011.

Deste modo, a quantidade de P oriunda das plantas não são suficientes para suprir as exigências das aves, assim, a necessidade de suplementação de P a partir de fonte de origem inorgânica, comumente, utiliza-se o fosfato bicálcico ou fonte de proteica animal (por exemplo: farinha de carne e ossos), estes ingredientes são apresentados com 100% de P disponível (BERTECHINI, 2013a).

Embora, ao alcançarem o trato gastrointestinal os minerais começam a ser solubilizados para liberação de íons e serem absorvidos. No entanto, na forma iônica os minerais podem se complexar com outros componentes da dieta, dificultando a absorção ou, se completamente complexado, tornando-os indisponíveis aos animais. Além disso, os níveis de minerais fornecidos nas dietas são superiores aos mínimos exigidos para otimizar o desempenho, resultando em excesso de fornecimento (ARAUJO et al., 2008).

Uma estratégia para melhorar a disponibilidade de P ao animal é o uso da enzima fitase que atua na quebra da molécula do fitato e causa a liberação, principalmente, de P, e do que estiver ligado, com o caso de minerais (cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, zinco), proteínas e energia, o que permite ao animal uma maior utilização dos nutrientes (FUKAYAMA et al., 2008).

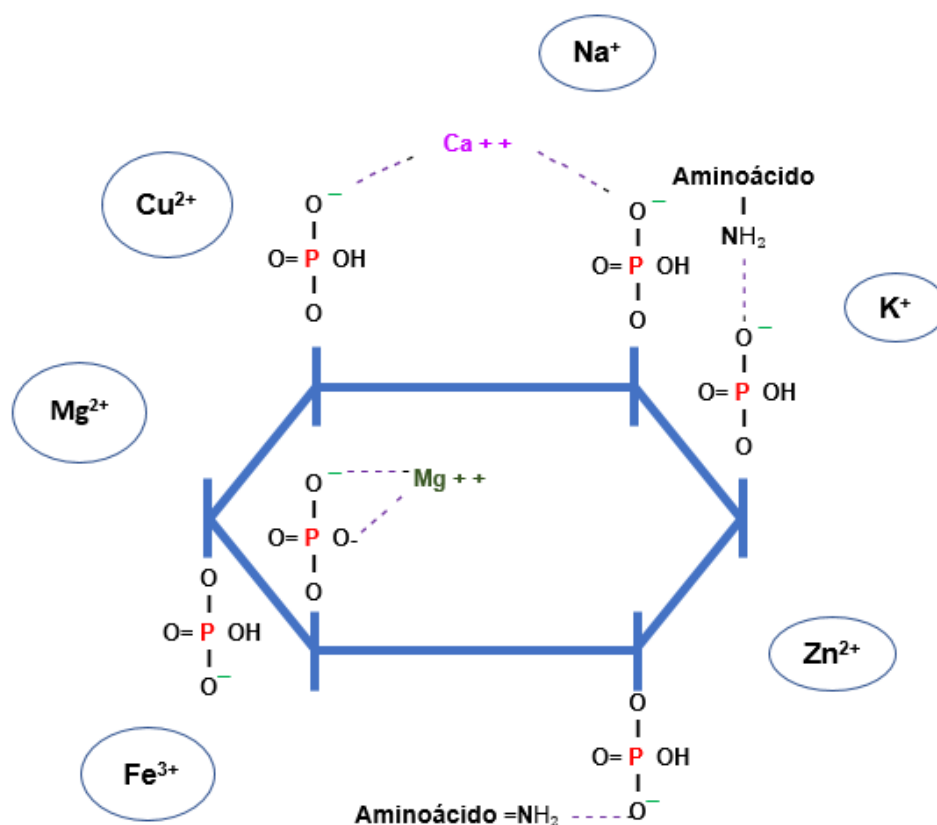
#### 1.2.4 Fitato

O fitato é a principal forma de armazenamento do fósforo (P) nos grãos de cereais, leguminosas e oleaginosas (FERREIRA et al., 2015). “Fitato é uma mistura de sais de ácido fítico (hexafosfato de mioinositol, IP<sub>6</sub>), tem peso molecular de 660, uma concentração de P de 282 g/kg que consiste em seis grupos fosfatos ligados à um anel de carbono (C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub>)” (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010, p. 162).

A estrutura química, o fitato (figura 2) é uma molécula polianiônica, na sua maioria é encontrado complexado em minerais de carga positiva como: (cálcio (Ca<sup>2+</sup>), cobre (Cu<sup>2+</sup>), ferro (Fe<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e zinco (Zn<sup>2+</sup>) e aminoácidos, esta capacidade torna um fator antinutricional para o animal, de tal modo que, estes nutrientes fica indigestível (SWICK; IVEY, 1992). Isto ocorre, pois em condição amena, os seis grupamentos fosfato da molécula de fitato expõem suas 12 cargas negativas, por apresentarem 12 hidrogênios dissociáveis, favorecendo a complexação direta ou indireta desta 13 molécula com cátions bivalentes (Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>), e, proteínas e energia (PALLAUF; RIMBACH, 1997).



Figura 2 - Interação fitato com minerais e proteína



Fonte: Adaptado de: IUPAC (Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry. **Journal biochemistry**. Numbering of atoms in myo-inositol: recommendations 1988, p. 1).

O fósforo do fitato é pouco disponível para os monogástricos em que podem produzir um déficit na absorção dos minerais, devido estarem presos a molécula de fitato, assim reduz a digestibilidade de outros nutrientes e o desempenho animal (DERSJANT-LI et al., 2015). Assim, o uso de fitase exógena é uma estratégia para disponibilizar nutrientes, já que, as aves não possuem ou em quantidades insuficientes de fitase endógena no intestino delgado (PALLAUF; RIMBACH, 1997).

Quando mal hidrolisado, o fitato se complexa a nutrientes dietéticos reduzindo assim sua digestibilidade. Esta redução implica uma menor eficiência de utilização dos ingredientes e uma maior descarga dos nutrientes não absorvidos para o ambiente. De forma que, ocorre o aumento de perdas de nutrientes endógenos pelo trato gastrointestinal, por causa do aumento da

necessidade de manutenção dos nutrientes perdidos e da energia gasta na secreção (WOYENGO; NYACHOTI, 2013).

Assim, pesquisas no âmbito de entender o funcionamento da molécula de fitato levou à realização de novas fitase que apresente além de benefícios além de, reduzir os efeitos antinutricionais do fitato, em liberar o fósforo, mas também que tenha capacidade de aumentar disponibilidade de nutrientes e redução do custos da produção (GWENDOLYN, 2014).

#### 1.2.5 Fitase

A incorporação da enzima na alimentação de animal tem como intuito atender a demanda de produtos acessível, boa qualidade e seguros (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010). Suas propriedades catalíticas foram verdadeiramente reconhecidas no cenário da nutrição animal por meio do Dr. Jokichi Takamine que patenteou a primeira enzima em 1894 no Estados Unidos, em um estudo com suínos, e observou uma melhora na digestibilidade.

Embora, só início da década 80, na Holanda, a sua utilização nutrição animal foi introduzida. Devido à pressão por limitação da quantidade de fósforo (P) excretado no meio ambiente, os produtores agrícolas foram confrontados a otimizar a produção, e adicionaram fitase na ração dos animais e observaram uma melhora na disponibilidade de P e a menor excreção ambiental de P (PLUMSTEAD, 2008).

Recentemente, o mercado mundial de fitase é estimado em aproximadamente US\$ 350 milhões de dólares anuais, na indústria de aves especulam mais 90% de utilização. O crescimento do mercado de fitase tem sido impulsionado por dois fatores: a necessidade de substituir os fosfatos inorgânicos em dietas animais devido seu alto custos e ser uma fonte finita e preocupações sobre o impacto da produção animal no ambiente, ou seja, minimizar o desperdício de fósforo (GWENDOLYN, 2014).

A enzima fitase é uma fosfatase e atua na degradação do fitato (hexafosfato mio-inositol, IP<sub>6</sub>) para a liberação, principalmente, de P (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010). Seu papel fundamental na dieta é a disponibilização de nutrientes.

As enzimas são catalisadores biológicos e atuam em condição de reação amenas (pH neutro, temperatura ambiente), além de apresentar alta

especificidade e eficiência catalítica. Sua utilização na dieta, envolve a seleção de enzimas apropriadas para converter o substrato em moléculas/alvo (KOBBLITZ, 2013). Esse sistema se assemelha a um sistema “chave-fechadura” que inicia quando a enzima se liga ao substrato. Em sequência é formado um complexo enzima-substrato, instável, que logo se rompe, liberando os produtos para ser absorvidos no organismo.

Ou seja, a fitase (enzima) atua na quebra do fitato (substrato), libera principalmente o P e o que estiver complexado com minerais (cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, zinco) proteínas e energia (SWICK; IVEY, 1992). Na literatura e comercialmente a atividade de fitase é expressa por unidade FTU (unidade de fitase ativa) ou simplesmente U, definida como a quantidade de enzima necessária para liberar um  $\mu\text{mol}$  de fósforo inorgânico por minuto em condição de temperatura de  $37^{\circ}$ , pH 5,5, em substrato de sódio (FUKAYAMA et al., 2008; SAKOMURA, 2014).

As aves possuem fitase endógena, mas não são capazes de degradar fitato de forma eficaz, assim, a necessidade de suplementação na dieta (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010; BERTECHINI, 2013a). A fitase usada para suplementar a dieta, é denominada de fitase exógena e essa pode ser extraída de diferentes fontes, sendo vegetal, bacteriana e fúngica (FIREMAN; FIREMAN, 1998). A vegetal, é comumente extraída do trigo e subproduto do trigo, devido seu alto teor de fitase, mais de 10,000FTU/kg, contudo, essa fitase tem ação limitada no trato digestivo, devido ser efetiva em pH 5 (LEESON; SUMMERS, 2008). A fitase fúngica, apresenta vantagens sobre a de origem vegetal, ou seja, maior estabilidade e rapidez no processo de extração da fitase em escala comercial, já que para extrair fitase vegetal necessita de um longo período de germinação. Enquanto a fitase de origem microbiana é a enzima exógena mais utilizada na alimentação de monogástricos, devido ter uma espectro de atuação maior, em pH 3 a 7, e um amplo limite de temperatura até  $60^{\circ}\text{C}$  (FIREMAN; FIREMAN, 1998).

Recentemente, um novo conceito está sendo estudado é o uso de superdosagem de fitase. A utilização de altas dose de fitase, irá aumentar a disponibilidade de P, além dos outros nutrientes (SHIRLEY; EDWARDS, 2003). Cowieson et al. (2011) relataram que o aumento de fitase no organismo, irá

degradar toda a molécula de fitato (IP3 e IP2) e reduzi-la a inositol (IP1), fórmula de molécula que o animal consegue degradar com facilidade.

#### 1.2.6 Efeito da suplementação de fitase no desempenho e qualidade de ovos

Alguns trabalhos evidenciam que a enzima promove desempenho e qualidade dos ovos satisfatório para as poedeiras no pico de postura. Silva et al. (2012) avaliaram a valorização dos nutrientes e suplementação de carboidrase e fitase em dietas de poedeiras semipesadas, observaram que a valorização e a associação das enzimas não causaram efeitos deletérios para as características de produção e de qualidade de ovo,

Viana et al. (2009) utilizaram 360 poedeiras comerciais Bovans Goldline<sup>®</sup>, submetidas a cinco tratamentos que consistiram em: controle positivo; controle negativo (CN) com 0,15% de fósforo disponível; CN + 200 UFT de fitase; CN + 400 FTU de fitase; CN + 600 FTU de fitase e concluíram que a redução dos níveis nutricionais e a suplementação de fitase permitiu que o desempenho de poedeiras e a qualidade dos ovos não fossem influenciados pelos tratamentos. Entretanto, para a característica de peso da casca houve um aumento nas dietas com suplementação de fitase.

A redução dos níveis de fósforo disponível e suplementação de fósforo na dieta de poedeiras melhoram a conversão alimentar por ave. Como foi observado por Costa et al. (2004) que realizaram um estudo com níveis decrescentes de fósforo (0,375%; 0,305% e 0,235%) e crescente de fitase (0; 500 e 1000 FTU/kg de ração), que apresentou uma melhor conversão alimentar (kg/kg) para as poedeiras que receberam o maior nível (1000 FTU/kg de ração) de fitase e o menor nível (0,235%) de fósforo disponível.

Em contraste, Ferreira et al. (2015) observaram uma melhora para a característica de conversão por massa de ovo, para as poedeiras que receberam a dieta suplementada com o complexo enzimático (100 g.t<sup>-1</sup> de carboidrases e 30 g.t<sup>-1</sup> de fitase) e sem valorização dos nutrientes em comparação as poedeiras que receberam a dieta com o complexo enzimático e a valorização de proteína, energia e aminoácidos.

Silva et al. (2008) observou que poedeiras semipesadas receberam dietas contendo relação cálcio : fósforo disponível de 14:1 (4,2% de Ca e 0,3% de P

disponível), sem suplementação de fitase, ou com relação cálcio: fósforo disponível de 12:1 (3,5% de Ca e 0,3% de P disponível) com suplementação de fitase (300 FTU), promovem desempenho satisfatório no primeiro ciclo de postura e dieta contendo relação cálcio: fósforo disponível de 11:1 (4,2% de Ca e 0,38% de P disponível) apresentam desempenho satisfatório no segundo ciclo de postura.

#### 1.2.7 Custo benefício da suplementação de fitase para poedeiras

A suplementação de fitase na dieta de poedeiras oferece benefícios econômicos através da sua capacidade de disponibilizar nutrientes ao animal, para tal, possam reduzir o uso da adição de fonte inorgânico. Uma questão que deve ser considerada é que a quantidade de fitase necessária para liberar um  $\mu\text{mol}$  de P inorgânico em um minuto, num substrato de sódio-fitato, sob temperatura de 37°C e pH 5,5 (SAKOMURA, 2014).

Ao considerar, a suplementação de 300 FTU/kg de ração, isso corresponde a 0,12% P para poedeiras comerciais, isso significa que a redução de aproximadamente 6,4 kg fosfato bicálcico (18,5% P) para 1 tonelada de ração. Em estudos como frango de corte que mostram o uso econômico da fitase exógena como fonte de fosfato geralmente é de aproximadamente 500 FTU / kg (WALK et al., 2013; PLUMSTEAD, 2008) citam que a dose econômica de fitase para poedeiras é 600 FTU/kg de ração se reduzir 30% de fosfato bicálcico na ração.

Com o crescimento da atividade gera outro fato importante, como o aumento da produção de dejetos. Supondo que o peso médio de uma poedeira seja de 1,3 kg, a produção diária de esterco de 0,055 kg/ave e o conteúdo médio de P no esterco de 24 g/kg/ave, estima-se uma quantidade de 1,8 milhões de toneladas de fósforo nos estercos de poedeiras, produzidas no Brasil em 2014. Assim, a adição da enzima fitase proporcionará a redução do nível de P total na ração, da excreção de P nas fezes e conseqüentemente a redução da poluição ambiental (Costa et al., 2004).

### 1.2.8 Carboidrato

Na natureza, os compostos mais abundantes são os carboidratos (SAKOMURA et al., 2014). Esses são nutrientes, aos serem absorvidos, representam a principal fonte de energia das células no corpo animal. De forma que, a energia é um produto resultante da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo, em que será liberada na forma de calor ou armazenada para uso dos processos metabólicos do organismo animal (NRC, 1994).

Os carboidratos são definidos pelo seu grupo funcional aldeídos e cetonas (BERTECHINI, 2013b). E estes formados fundamentalmente por carbono, hidrogênio e oxigênio, originalmente associado a fórmula geral  $C_n(H_2O)_m$ .

Há uma grande variedade de carboidratos que pode ser encontrado na natureza, com diferentes perfis de fermentação e digestão (LIMA et al., 2006). A disponibilidade de energia a partir do carboidrato irá depender do ingrediente fornecido na dieta. Sendo que a sua disponibilidade irá depender de vários fatores: a contribuição energética, natureza do ingrediente, espécie e idade do animal, além disso, o perfil nutricional dos ingredientes pode ser alterado em função de sua origem, processamento e condições de armazenagem (MAZZUCO et al., 2002).

Na formulação de ração para aves, o nível de energia da dieta representa o ponto de partida, sendo que as rações são constituídas de dois grandes grupos de cereais (milho e farelo de soja), e estes têm mais de 80% de carboidratos na sua composição, dos quais 70% a 80% são constituídos por amido, 10% a 30% são polissacarídeos não amiláceos (PNA) e 1% a 3% são açúcares simples (SILVA, 2002).

O milho é o principal ingrediente e a fonte de energia de uma dieta, apresenta em média 28% de amilase e 72% de amilopectina (PENZ JUNIOR, 1998; BERTECHINI, 2013b), baixo conteúdo proteico, entorno de 20% de proteína, mesmo assim, representar 10% de lisina e 25% dos aminoácidos sulfurados (metionina e cistina). No entanto, variações significativas são encontradas na composição química e no valor nutricional deste grão, ocasionando menor precisão das dietas (VIEIRA et al., 2007).

Estes autores, realizaram um estudo para observar a composição química e os valores energéticos de 45 híbridos de milho para uso em dietas para frangos

de corte, seus dados mostram uma grande variação da proteína bruta de 7,79 a 11,45% na matéria seca, em que os resultados foram bem próximos aos recomendados por Rostagno (2011) que apresentam valores médios de 7,88% na matéria seca de proteína bruta.

#### 1.2.9 Carboidrato e seu metabolismo

O carboidrato no metabolismo das aves tem grande importância, pois, este representa a fonte primária de energia para o organismo. Este fornece energia, em forma de glicose um monossacarídeo responsável por todas as reações do nosso corpo. Ou seja, é uma energia imprescindível para a manutenção do animal. E a energia excedente é armazenada, em forma de reserva energética, ou direcionada para as funções produtivas, no caso das poedeiras para a produção do ovo.

A maior proporção da dieta das aves consiste em grãos cereais e a principal componente energético da dieta é o amido que está contido no grão. As aves têm habilidade de digerir amido com sua produção endógena de amilase pancreática. A amilase quebra o amido que está dentro de polímero chamado de dextrina e de carboidrato que promove a hidrólise de maltase, isomaltase e glicose (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Alguns oligossacarídeos (estaquiose e rafinose) do grão de soja e os  $\beta$ -glucanos da cevada não são completamente digeridos e podem afetar a digestão do alimento, devido ao aumento de viscosidade intestinal. Ou seja, devido o grão apresentar estrutura física das paredes celulares do endosperma e impedir o acesso do amido pelas enzimas digestivas, assim afeta a digestão de todos os componentes da ração, além de alterar a taxa de passagem e, em alguns casos aumentar a viscosidade e diminuir a eficiência da atividade enzimática (SAKOMURA, 2014).

Ou seja, os açúcares e o amido são facilmente digeridos pelas aves e apresentam um elevado teor energético. Por sua vez, a celulose e outros carboidratos complexos são digeridos com mais dificuldade ou nem são absorvidos, implicando muito com o desperdício de energia (ANDRIGUETTO et al., 2002), além de produção de ácidos graxos de cadeia curta e na perda de energia que correspondida para a produção de ovos.

Uma vez que, os carboidratos podem estar conjugados a moléculas de lipídeos ou proteínas, tem diferentes funções como: ribose na molécula de DNA, glicerol nos triacilgliceróis e fosfolipídios, a glicose, galactose e oligossacarídeos nos glicolipídios, glicoproteínas e a camada de polissacarídeos e peptidoglicanos das paredes celulares de bactérias (SAKOMURA, 2014).

#### 1.2.10 Polissacarídeos não amiláceos

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) estão em maior abundância na fração da parede celular das plantas, constituída por celulose, hemicelulose e pectina. E em menor porção, frutanos, glumananos e galactomananos que representam os polissacarídeos de reservas (MOURINHO, 2006).

A parede celular é composta primariamente de carboidratos, sendo que 90% é constituído de PNA, deste podem ser definidos como insolúveis e solúveis.

Os insolúveis são a celulose, lignina e algumas hemicelulose, desta fração, em sua maioria constitui as miofibrilas de celulose que são insolúveis e nutricionalmente inertes, estes reduzem a digestibilidade de carboidrato, ou seja, aumenta a quantidade de fibra total da dieta (TAVERNARI et al., 2008), sendo que as aves são ineficientes na hidrólise de carboidrato.

Já os solúveis são compostos por pectina, goma e principalmente hemicelulose, sendo a hemicelulose dividida de arabinoxilanos,  $\beta$ -glucanos, D-xilanos, D-mananos, xiloglucanos, entre outros, estes são solúveis na digestão e ocasionam uma maior viscosidade da digesta (TAVERNARI et al., 2008), pois esses componentes, quando dissolvidos em água, produzem soluções viscosas que influenciam a digestão e a absorção do amido, dos lipídios e da proteína (LIMA et al., 2006), crescimento microbiano no intestino delgado, tempo de passagem da digesta e baixa produtividade.

Assim, os PNAs agem como fator antinutricional na digesta de quatro formas: 1 - nutrientes como amido e proteína estão apreendidos nas paredes celulares insolúveis, sendo que os monogástricos são incapazes de acessar esses nutrientes, pois não produzem enzimas suficientes para a quebra das paredes celulares. 2 - as fibras solúveis se dissolvem no intestino das aves, formando um gel viscosos que atrapalham os nutrientes e diminuíram as taxas



de digestão e passagem da alimentação através do intestino 3 - a fibra pode armazenar água e absorver nutrientes solúveis em água 4 - a fibra gera volume no intestino, o que retarda o movimento do bolo alimentar, reduzindo a ingestão de alimentos e o crescimento subsequente (BEDFORD; PARTRIDGE, 2010).

Os grãos tem diferentes proporções de polissacarídeos, como por exemplo, o farelo de soja (Tabela 2) tem em sua composição 30,3% de PNAs e o milho 8,10% predomina os arabinosilanos (TAVERNARI et al., 2008) em torno de 5% (LEESON; SUMMERS, 2008). Essa diferença dificulta a absorção de PNA, já que quando a ave ao ingerir essa quantidade de PNAs, ela não irá digerir em sua totalidade, assim a microflora intestinal irá fermentar ocasionando a formação de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato) no processo de fermentação anaeróbica dos PNAs, em que não apresenta importância aos monogástricos, ao contrário tem ação antinutricional, devido esses agregarem componentes nutritivos digestíveis (TAVERNARI et al., 2008).

Tabela 2 - Proporção de polissacarídeos não amiláceos em grãos

Ingrediente	Polissacarídeos não amiláceos			
	Celulose	Arabinosilanos	Pectina	B-glucanos
Milho	2,5	5,0	0,1	-
Farelo de Soja	5,0	0,5	12,0	-
Trigo	2,5	6,0	0,1	1,0
Cevada	4,8	7,0	0,2	4,0 – 5,0

Fonte: Adaptado de: LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. Nottingham: Nottingham University, 2008. p. 93.

Deste modo, algumas alternativas podem ser utilizadas, devido a digestibilidade de nutrientes e energia de alimentos para plantas por poedeiras ser limitada pela proporção de seus componentes para os quais não há secreções digestivas endógenas correspondente (STEFANELLO et al., 2015).

Como é o caso do uso de carboidrase, enzimas que catalisam a degradação de carboidratos, isto é, hidrolisam as ligações glicosídicas entre os monossacarídeos formadores de oligossacarídeos e polissacarídeos (KOBBLITZ, 2013).

### 1.2.11 Carboidrase

A utilização de enzimas exógenas tem como intuito ser uma alternativa para aumentar o valor nutritivo de ingredientes que possuem baixos coeficientes de digestibilidade e apresentam significativa fração de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) estruturais e/ou fatores antinutricionais.

As carboidrases, são as enzimas que catalisam a degradação de carboidratos (KOBLOITZ, 2013), sua incorporação na indústria avícola é em rações com ingredientes de elevadas quantidade de polissacáridos não amiláceos (ROMERO et al., 2013). Em dietas com alta digestibilidade, que tem a base de milho e farelo de soja (FERNANDES et al., 2013; FERREIRA et al., 2015; FREITAS; FUENTES; ESPÍNDOLA, 2000; JACKSON; FODGE; HSIAO, 1999) acreditava que não precisaria do uso de complexo enzimático, embora, o grão apresentar uma estrutura física das paredes celulares do endosperma que podem impedir o acesso ao seu conteúdo por enzimas digestivas. Portanto, adição das enzimas permite uma digestão precisa e rápida (SAKOMURA, 2014).

Além de seu uso promover o aumento do desempenho, redução a viscosidade da digesta e aumenta a produção de ovos e a coloração da gema (BEDFORD; PATRIDGE, 2010). Embora, pode ocasionar a competição do acesso das enzimas endógenas aos nutrientes que se encontram no interior das células, dificultando sua degradação, provocar a formação de gel que dificulta ou reduz a digestão e absorção de nutrientes e aumenta a viscosidade do bolo alimentar, diminuição a velocidade de trânsito da digesta pelo intestino, consequentemente exercendo efeito negativo sobre o consumo do alimento (CABRAL et al., 2013)

### 1.2.12 Efeito da suplementação de carboidrase no desempenho e qualidade de ovos

Evidenciam que a suplementação de complexo enzimático para poedeiras aumentam o peso do ovo, como foi observado por (ARAUJO et al., 2008) que utilizaram 288 poedeiras Lohmann Brown® com quatro níveis de farelo de trigo (0, 3, 6 e 9%) e da suplementação ou não de complexo de enzimático (0 e 100 g/100 kg de ração) e observou um aumento ( $P < 0,05$ ) de aproximadamente 2,45% do peso do ovo das poedeiras que receberam a dieta com a

suplementação do complexo enzimático comparado ao grupo de aves que em sua dieta não receberam o complexo enzimático.

Bobeck et al. (2014) utilizaram 432 poedeiras distribuídas em um fatorial 3 X 2, três níveis de energia (C: -77 kcal / kg, e C - 154 kcal / kg) e suplementação ou não de xilanase, em que observaram uma melhora na produção de ovos para as poedeiras que receberam a suplementação de xilanase em comparação aos que não receberam, no período de 31 a 40 semanas de idade.

Viana et al. (2009) avaliaram o efeito da adição da enzima xilanase sobre o desempenho de 288 poedeiras, submetidas a dois níveis de energia metabolizável (2.900 e 2.755 kcal/kg) e a suplementação ou não de xilanase (37,5 g/t de ração) e observaram que suplementação de xilanase não causou efeito deletério sobre o desempenho das poedeiras.

Jackson, Fodge e Hsiao (1999) utilizando poedeiras de segundo ciclo com dietas à base de farinha de milho e soja e suplementação de  $\beta$ -mananase com níveis de energia variando em 120 kcal kg<sup>-1</sup>, e os resultados foram significativos para conversão alimentar por massa de ovo de 4,4% (P <0,001) em função da enzima, isto demonstra uma melhora na eficiência da produção de ovos em galinhas poedeiras de segundo ciclo com a adição de  $\beta$ -mananase na dieta.

Silva et al. (2012) realizaram um experimento com a associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras comerciais. Os tratamentos consistiam em controle positivo: 2800 kcal EM/kg, 16,175% PB, 3,70% de cálcio (Ca), 0,35% de fósforo disponível (Pd), sem enzimas e valorização dos nutrientes; controle negativo 1: (2770 kcal EM/kg, 15,935% PB, 3,55% de Ca, 0,24% de Pd) valorização em 1,5 e 6% a EMA (kcal kg<sup>-1</sup>), do milho e o farelo de soja, respectivamente, e redução nos níveis nutricionais conforme a matriz nutricional para a fitase; controle negativo 2: (2.800 kcal EM/kg, 16,175% PB, 3,55% de Ca) 0,24% de Pd, valorização da EMA do milho e o farelo de soja e redução nos níveis de cálcio e fósforo conforme matriz nutricional da fitase; controle negativo 1 + suplementação de 100 g/t de carboidrases e 30 g/t de fitase; controle negativo 2 + suplementação de 100 g/t de carboidrases e 30 g/t de fitase, verificaram que não houve efeito significativo sobre as características de desempenho avaliadas, de modo que, as reduções nutricionais foram satisfatórias devido não causarem efeitos deletérios sobre as características avaliadas.

### 1.3 Referências Bibliográficas

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal: as bases e fundamentos da nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

ARAUJO, D. de M. et al. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de frangas de reposição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1960-1967, 2008.

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.). **Enzymes in farm animal nutrition**. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2010.

BENEVIDES, C. M. J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo dos minerais. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013a. p. 207-255.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo energético. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013b. p. 107-126.

BOBECK, E. A. et al. Effects of xylanase supplementation of corn-soybean meal-dried distiller's grain diets on performance, metabolizable energy, and body composition when fed to first-cycle laying hens. **The Journal of Applied Poultry Research**, Cary, v. 23, n. 2, p. 174-180, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução normativa 13/2004, de 01 de dezembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf/view>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BREVES, G.; SCHRODER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 4, n. 1, p. 125-140, 1991.

CABRAL, N. de O. et al. Aproveitamento dos PNA's presentes na cana-de-açúcar com adição de enzimas para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 2209–2216, 2013.

COON, C.; LESKE, K.; SEO, S. The availability of calcium and phosphorus in feedstuffs. In: McNAB, J. M.; BOORMAN, K. N. (Ed.). **Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value**. Wallingford: CABI, 2002. chap. 10, p. 151-179.

COON, C. N. Major feed ingredients: feed management and analysis. In: BELL, D. D.; WEAVER, W. D. (Ed.). **Commercial chicken meat and egg production**. Norwell Mass: Klumer Academic Publishers, 2002. p. 215-241.

COSTA, F. G. P. et al. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, Goiania, v. 5, n. 2, p. 73-81, 2004.

COWIESON AJ, WILCOCK P, BEDFORD MR. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **World's Poultry Science J.** 2011;67:225–236.

DERSJANT-LI Y, AWATI A, SCHULZE H, PARTRIDGE G. “Phytase in Non-Ruminant Animal Nutrition: A Critical Review on Phytase Activities in the Gastrointestinal Tract and Influencing Factors.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95.5 (2015): 878–896. PMC. Web. 7 Apr. 2018.

FERNANDES, J. I. M. et al. **Efeito da adição de enzimas em dietas a base de milho e soja para frangos de corte.** 2013. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/avicultura/artigos/efeito-adicao-enzimas-dietas-t38303.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

FERREIRA, C. B. et al. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 1, p. 249-254, 2015.

FIREMAN, A. K. B. A. T.; FIREMAN, F. A. T. Fitase na alimentação de poedeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 10384786, p. 529-534, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Dietary carbohydrate composition.** Disponível em: <[www.fao.org/docrep/w8079e/w8079e0h.htm](http://www.fao.org/docrep/w8079e/w8079e0h.htm)>. Acesso em: 15 Apr. 2017.

\_\_\_\_\_. **FAO Statistical pocketbook World food and agriculture.** Rome: FAO, 2015.

\_\_\_\_\_. **FAO UNITED NATIONS - ONU. World population projected to reach 9.6 billion by 2050.** New York: ONU, 2013.

FREITAS, E.; FUENTES, M.; ESPÍNDOLA, G. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho / farelo de soja sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1103-1109, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982000000400022&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982000000400022&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 jan. 2017.

FUKAYAMA, E. H. et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 629-635, 2008.

GILANI, G.; COCKELL, K. A.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. **Journal of AOAC**

**International**, Arlington, v. 88, n. 3, p. 967-987, 2005.

GRIFFITHS, D. W.; BIRCH, A. N. E.; HILLMAN, J. R. Antinutritional compounds in the *Brassicaceae*: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Invergowrie, v. 73, n. 1, p. 1-18, 1998.

GWENDOLYN, J. How to select the best hybrid cloud provider for your firm. **Feed Management**, Rockford, v. 4, n. 10, p. 17-20, 2014. Disponível em: <<http://www.computerweekly.com/feature/How-to-select-the-best-hybrid-cloud-provider-for-your-firm>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

HUMER, E.; SCHWARZ, C.; SCHEDULE, K. Phytate in pig and poultry nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 99, n. 4, p. 605-625, 2015.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry. **Journal biochemistry**. Numbering of atoms in myo-inositol: recommendations 1988, p. 1

JACKSON, M. E.; FODGE, D. W.; HSIAO, H. Y. Effects of Beta-mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. **Poultry Science**, Cary, v. 78, n. 12, p. 1737-41, Dec. 1999.

KOBLITZ, M. G. B. Carboidrases. In: \_\_\_\_\_. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogna, 2013. p. 19-74.

KULAIF, Y. **Perfil da mineração do fosfato**. Relatório técnico n. 53 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia - Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIIRD, 2009. 55 p. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29\\_RT53\\_Perfil\\_do\\_Fosfato.pdf/48caf3fe-b399-4032-9337-d63ce39b218d](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29_RT53_Perfil_do_Fosfato.pdf/48caf3fe-b399-4032-9337-d63ce39b218d)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. Nottingham: Nottingham University, 2008.

LIMA, M. R. de et al. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasileira**, Mossoro, v. 1, n. 14, p. 99-110, 2007. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/avb/article/viewFile/7716/7938>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

LIMA, R. F. de et al. Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 215-221, 2006.

MAZZUCO, H. et al. Composição química e energética do milho com diversos níveis de umidade na colheita e diferentes temperaturas de secagem para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2216-2220, 2002.

MOURINHO, F. L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche**. 2006. 42 f. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9th rev. ed. Washington: National Academy Press, 1994.

NIKMARAM, N. et al. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: an overview. **Food Control**, Kidlington, v. 79, p. 62-73, 2017.

OLIVEIRA, B. L.; OLIVEIRA, D. D. **Qualidade e tecnologia de ovos**. Lavras: UFLA, 2013.

OSAKA, M. **Agricultura diante da grave escassez de fósforo**. [s.l: s.n.], 2011.

PALLAUF, J.; RIMBACH, G. Nutritional significance of phytic acid and phytase. **Archiv für Tierernaehrung**, Reading, v. 50, n. 4, p. 301-319, Aug. 1997.

PENZ JUNIOR, A. M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: SIMPÓSIO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 165-178.

PESSOA NETO, O. D. **Determinação de fósforo em tônicos fortificantes por fotometria de chama usando um titulador fluxo-batelada**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em: <[http://security.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2006/Dissertacao\\_Osmundo\\_D\\_P\\_Neto.pdf](http://security.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2006/Dissertacao_Osmundo_D_P_Neto.pdf)>. Acesso em: 7 jul. 2017.

PLUMSTEAD, P. W. A fitase ajuda reduzir custo com alta de preço do fósforo. 2008. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/a-fitase-ajuda-reduzir-custo-com-alta-de-preco-do-fosforo/20080902-093908-3066>>. Acesso em: 9 maio. 2017.

ROMERO, L. F. et al. Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and amen in young broilers. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 181, n. 1-4, p. 35-44, 2013.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2011.

SAKOMURA, N. K. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funpe, 2014. p. 466-484.

SHIRLEY R.B; EDWARDS H.M Jr. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance **Poultry Science**, 82:671-680, 2003.

SILVA, L. M. et al. Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringa, v. 34, n. 3, p. 253-258, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126511005>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

SILVA, J. H. V. da et al. Influência da interação fósforo disponível x fitase da dieta sobre o desempenho, os níveis plasmáticos de fósforo e os parâmetros ósseos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 12, p. 2157-2165, 2008.

SILVA, L. P. da. **Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos**. 2002. 188 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SILVERSIDES, F. G. et al. A Study on the Interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens 1. **Poultry Science**, Cary, v. 85, p. 297-305, 2006.

SOHAIL, S.; ROLAND, D. Influence of supplemental phytase on performance of broilers four to six weeks of age. **Poultry Science**, Cary, v. 78, n. 4, p. 550-555, Apr. 1999.

STEFANELLO, C. et al. Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-soybean basal diets supplemented with enzymes. **Poultry Science**, Cary, v. 94, n. 10, p. 2472-2479, Oct. 2015.

SWICK, R. A.; IVEY, F. J. Phytase: the value of improving phosphorus retention. **Feed Management**, Rockford, v. 43, p. 8-17, 1992.

TAVERNARI, F. de C. et al. Polissacarídeo não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 5, p. 673-689, 2008.

VAN DER KLIS, J. D. et al. The efficacy of phytase in corn-soybean meal-based diets for laying hens. **Poultry Science**, Cary, v. 76, p. 1535-1542, 1997.

VIANA, M. T. S. et al. Efeito da suplementação de enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1074-1080, 2009. Disponível em: <<<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000600015>>. Acesso em: 12 de jul. 2017.

VIEIRA, R. de O. et al. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 832-838, Aug. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982007000400012&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000400012&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 12 jul. 2017.



WALK, C. L. et al. Extra-phosphoric effects of superdoses of a novel microbial phytase. **Poultry Science**, Cary, v. 92, n. 3, p. 719-725, 2013.

WOYENGO, T. A.; NYACHOTI, C. M. Review: anti-nutritional effects of phytic acid in diets for pigs and poultry – current knowledge and directions for future research. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 93, n. 1, p. 9-21, 2013. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/cjas2012-017>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

ZENG, Z. K. et al. Effects of adding super dose phytase to the phosphorus-deficient diets of young pigs on growth performance, bone quality, minerals and amino acids digestibilities. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 27, p. 237-246, 2014.

## 2 **CAPITULO I:** Redução de nutrientes com a suplementação de fitase para poedeiras comerciais

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da redução de nutrientes na dieta com a suplementação de fitase em poedeiras comerciais com 70 a 86 semanas de idade sobre o desempenho, qualidade de ovo e análise econômica. Foram utilizadas 256 poedeiras comerciais Novogen White®, debicadas, e distribuídas em delineamento em inteiramente casualizado submetidas a quatro tratamentos: CP (controle positivo): dieta convencional e não suplementada com fitase; dieta com níveis reduzidos de P (-0,12), Ca (-0,10%) e EM (-14kcal/kg) e suplementada com 300 FTU fitase/kg (CN300FTU); dieta com níveis reduzidos de P (-0,16), Ca (-0,13%), EM (-18 kcal/kg), CP (-18%), aminoácidos sintéticos (-0,01%) e suplementada com 600 FTU fitase/kg (CN600FTU); dieta com níveis reduzidos de P (-0,18), Ca (-0,15%), EM (-20 kcal/kg), CP (-20%), aminoácidos sintéticos (-0,01%) e suplementada com 900 FTU fitase/kg (CN900FTU). Durante o experimento foram colhidos os dados de desempenho, qualidade de ovo e análise econômica. As poedeiras que receberam ração CN300FTU apresentaram aumento na produção de ovos de 2,68% quando comparado ao CP. Para peso de ovo o CP apresentou o maior peso de ovo (66,80g) em comparação aos demais tratamentos. E massa de ovo, as galinhas que receberam as dietas com CP e CN300FTU foram estatisticamente iguais. Para qualidade de ovo não houve diferença significativa entre as características avaliadas, exceto, para espessura de casca apresentou melhores resultados ao CP. Para as poedeiras que receberam o tratamento CN900FTU obtiveram uma redução de 9% ao custo da ração CP. Conclui-se a valorização de nutrientes e a suplementação de 300 FTU apresentaram os melhores resultados zootécnicos e econômicos.

**Palavra-chave:** Cálcio. Enzima. Fator Antinutricional. Fósforo.

## **Chapter II:** Reduced-nutrient diets supplemented with phytase to commercial laying hens

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effects of feeding reduced-nutrient diets supplemented with phytase to commercial laying hens from 70 to 86 weeks of age on their performance, egg quality, and economic parameters. Debeaked Novogen White ® commercial laying hens (n=256) were distributed according to a completely randomized design into four treatments, with eight replicates of eight hens each: PC (positive control): conventional diet, not supplemented with phytase; diet with reduced levels of P (-0.12%), Ca (-0.10%), and ME (-14 kcal/kg), and supplemented with 300 FTU phytase/kg (RN300FTU); diet with reduced levels of P (-0.16%), Ca (-0.13%), ME (-18 kcal/kg), CP (-18%), synthetic amino acids (-0,01%), and supplemented with 600 FTU phytase/kg (RN600FTU); and diet with reduced levels of P (-0.18% P), Ca (-0.15%), ME (-20 kcal/kg), CP (-20%), synthetic amino acids (-0,01%), and supplemented with 900 FTU phytase/kg (RN900FTU). Performance, egg quality, and economic parameters data were collected during the experiment. The layers fed the RN300FTU diet presented 2.68% higher egg production than those fed the PC diet. PC-fed hens laid the heaviest eggs (66.80g). Egg mass produced by PC- and RN300FTU-fed hens were statistically similar. Egg quality traits were not influenced by the dietary treatments, except for eggshell thickness, which highest value was obtained in the PC-fed hens. The feeding cost of the RN900FTU diet was approximately 9% lower compared with that of the PC diet. This study showed that feeding layers with a reduced-nutrient diet supplemented with 300 FTU phytase yielded the best performance and economic results.

**Keywords:** Calcium. Enzyme. Antinutritional Factor. Phosphorus.

## 2.1 Introdução

Existe uma elevada demanda, pelas indústrias avícolas, quanto ao uso de aditivos na formulação de rações, por contribuir com um grande fator de impacto na produção que é a redução de custos. Neste contexto, destacam-se as enzimas, aditivos zootécnicos que auxiliam no processo de digestão, com atuação na reorganização de moléculas, disponibilização de nutrientes, produção de energia, eliminação de produtos residuais e regulação de diversas funções metabólicas (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005).

Para a suplementação enzimática, há necessidade do conhecimento sobre o substrato de ação das enzimas e, para tal, o uso de enzimas exógenas promove a redução da ação de fatores antinutricionais com melhora evidente na disponibilidade de nutrientes, como é o caso da molécula de fitato (substrato), que tem alto teor de fósforo (P, 28,2%) e, uma vez que a maior parte da dieta de poedeiras consiste de ingredientes vegetais, o P do fitato assume considerável importância nutricional (OLIVEIRA et al., 2009).

As aves têm capacidade reduzida de absorver o P presente nos vegetais, devido apresentarem quantidades insuficientes ou ausência de secreção de fitase endógena (WU et al., 2004). Assim, a fitase exógena (enzima) pode ser uma alternativa para redução desse fator antinutricional, de forma que, ela é uma fosfatase e atua na catalisação do desdobramento do radical fosfatado do inositol, que libera P para ser absorvido (BORRMANN et al., 2001; FUKAYAMA et al., 2008).

O fitato geralmente não é encontrado na sua forma isolada, mas sim quelatado a minerais catiônicos (cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, zinco), proteínas e energia, devido ser uma molécula polianiónica, o que o torna uma molécula de difícil absorção.

Deste modo, a suplementação de fitase em dietas de monogástricos além de promover a redução de P na dieta, permite economia significativa no custo final de produção (VIANA et al., 2009). Como verificado por Ferreira et al. (2015) que realizaram um estudo com poedeiras comerciais recebendo dietas suplementadas com a associação de carboidrase e fitase e valorização de fósforo, cálcio, energia metabolizável, aminoácidos, e observaram que o desempenho das aves não foi prejudicado com a valorização. Englmaierová et

al. (2015) relataram que poedeiras alimentadas com uma dieta com baixo de nível fósforo disponível (1,8 g/kg) e suplementado com 350 FTU, apresentaram um aumento sobre a qualidade da casca em relação as aves que consumiram a dieta com alto nível de fósforo disponível (2.1 g/kg) e não suplementadas com fitase.

Assim como, Costa et al. (2004), que realizaram um estudo com níveis decrescentes de fósforo (0,375%; 0,305% e 0,235%) e crescente de fitase (0; 500 e 1000 FTU /kg de ração), que apresentou uma melhor conversão alimentar (kg/kg) para as poedeiras que receberam o maior nível (1000 FTU/kg de ração) de fitase e o menor nível (0,235%) de fósforo disponível.

No que se refere a estudos sobre a eficiência da fitase, a literatura é rica em informações sobre a sua utilização em frangos de corte e poedeiras comerciais com resultados demonstrando melhoria do desempenho. Embora, recentemente um novo conceito está sendo estudado é o uso de superdosagem de fitase. A utilização de altas dose de fitase, irá aumentar a disponibilidade de P, além dos outros nutrientes (SHIRLEY; EDWARDS,2003). Cowieson et al., (2011) relataram que o aumento de fitase no organismo, irá degradar toda a molécula de fitato e reduzi-la a inositol, molécula que o animal consegue degradar com facilidade.

Diante do exposto, necessário se faz a realização de pesquisas para que se possa estabelecer relações entre a nutrição e a produção a fim de se remodelar os nutrientes da dieta, desta maneira, reduzir o custo da ração. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito dos níveis de valorização de nutrientes e a suplementação de fitase em poedeiras sobre as características de desempenho, qualidade do ovo e análise econômica.

## 2.2 Material e Métodos

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados e revisados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da FZEA/USP (protocolo nº 8091070617).

As aves foram criadas em galpão de alvenaria, equipado com gaiolas metálicas de postura convencionais de dimensões de 1,0 m x 0,45 m x 0,45 m, dispostas em duas fileiras sobrepostas (sistema piramidal). Cada gaiola tinha um bebedouro tipo *nipple* (taça) e o comedouro tipo calha frontal externo.

Foram utilizados 256 poedeiras, da linhagem Novogen White®, debicadas, no período de 70 a 86 semanas, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado de quatro tratamentos em que foram distribuídos aleatoriamente em 32 gaiolas, sendo oito repetições por parcela experimental.

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) e seguiram as recomendações (ROSTAGNO, 2011) para atender as exigências nutricionais das poedeiras leves referente a fase de produção. As dietas consistiam: CP (controle positivo): dieta convencional e não suplementada com fitase; dieta com níveis reduzidos de P (-0,12), Ca (-0,10%) e EM (-14kcal/kg) e suplementada com 300 FTU fitase/kg (CN300FTU); dieta com níveis reduzidos de P (-0,16), Ca (-0,13%), EM (-18 kcal/kg), CP (-18%), aminoácidos sintéticos (-0,01%) e suplementada com 600 FTU fitase/kg (CN600FTU); dieta com níveis reduzidos de P (-0,18), Ca (-0,15%), EM (-20 kcal/kg), CP (-20%), aminoácidos sintéticos (-0,01%) e suplementada com 900 FTU fitase/kg (CN900FTU).

A enzima utilizada foi fitase comercial, foi desenvolvida por meio do microorganismo *Pichia pastoris* através da bactéria *Escherichia coli* com atividade máxima em pH 4,5 a temperatura até 60°C.

O manejo das aves, como o programa de luz, temperatura e umidade relativa foram preconizados de acordo com o manual da linhagem Novogen (NOVOGEN, 2015). O fornecimento de ração e água foram ad libitum.

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais para as quatro fases de postura de acordo com os tratamentos experimentais

Ingredientes	Tratamentos			
	CP	CN300FTU	CN600FTU	CN900FTU
<b>Milho (8,8% PB)</b>	68,24	68,33	68,36	68,38
<b>Farelo de Soja (45% PB)</b>	20,13	19,38	19,22	19,1
<b>Calcário Calcítico (Fino)</b>	4,29	4,37	4,405	4,415
<b>Calcário Calcítico (Grosso)</b>	4,29	4,37	4,405	4,415
<b>Fosfato Bicálcico</b>	1,36	0,72	0,5	0,39
<b>Farelo de Trigo</b>	0,85	2,02	2,34	2,53
<b>Sal Comum</b>	0,44	0,42	0,42	0,42
<b>DL-Metionina (99%)</b>	0,16	0,16	0,15	0,15
<b>L - Lisina HCl (78,4%)</b>	0,03	0,03	0,02	0,02
<b>Premix Vitamínico e Mineral<sup>1</sup></b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Areia (Inerte)</b>	0,018	0,012	0,006	0
<b>Fitase comercial<sup>2</sup></b>	0	0,006	0,012	0,018
<b>Total</b>	100	100	100	100
<b>Níveis nutricionais</b>				
<b>Energia metabolizável (kcal/kg)</b>	2800	2786	2782	2780
<b>Proteína Bruta (%)</b>	15,28	15,14	15,1	15,08
<b>Cálcio (%)</b>	3,72	3,62	3,59	3,57
<b>Fósforo disponível (%)</b>	0,35	0,23	0,19	0,17
<b>Lisina (%)</b>	0,67	0,66	0,65	0,65
<b>Aminoácidos sulfurados (%)</b>	0,61	0,6	0,59	0,59
<b>Sódio (%)</b>	0,21	0,21	0,21	0,21
<b>Treonina (%)</b>	0,44	0,43	0,43	0,42
<b>Valina (%)</b>	0,68	0,67	0,67	0,66

<sup>2</sup>Premix vitamínico e mineral para aves de postura. Níveis de garantia de nutrientes: Vitamina A 7.500.000,00 UI/kg; Vitamina D3 2.000.000,00 UI/kg; Vitamina E 6.000,00 UI/kg; Vitamina K3 900,00 mg/kg; Vitamina B1 350 mg/kg; Vitamina B2 4.000 mg/kg; Vitamina B6 2.500 mg/kg; Vitamina B12: 8.000,00 mg/kg; Niacina:15,00g/kg; tiamina: 700,00 mg/kg; Ácido Pantatênico: 4.000,00 mg/kg; Ácido Fólico: 300,00 mg/kg; Biotina: 30,00mg/kg; Cobre: 6.000,00 mg/kg; Ferro (min) 30,00 g/kg; Manganês: 60,00 g/kg; Zinco: 50,00 g/kg; Iodo: 800 mg/kg; Selênio: 200,00 mg/kg.(1Kg de produto por 1 tonelada de ração produzida).

<sup>3</sup>Fitase comercial: 5000 FTU/g de produto.

Para a obtenção dos dados de desempenho considerou quatro ciclos de 28 dias cada, que constituiu 16 semanas de avaliação. No final de cada ciclo foram realizadas as mensurações para obtenção dos dados de características de desempenho: consumo de ração, porcentagem de ovos produzidos, peso e massa do ovo, conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo.

**Porcentagem de ovos produzidos:** A produção de ovos foi registrada diariamente para a obtenção do número de ovos colhidos na parcela

experimental e foi obtida dividindo-se o número total de ovos postos por gaiola pelo número de médio da parcela, multiplicado por 112 em dias (período total), o resultado foi multiplicado por 100 para obter a porcentagem de ovos produzidos por ave.

**Consumo de ração:** o consumo de ração foi determinado através diferença entre a ração fornecida e a sobra no final do experimento. O resultado foi dividido pelo número médio de aves da parcela e expresso em gramas por aves por dia.

**Massa de ovos:** A massa de ovo foi expressa pela multiplicação da porcentagem de ovos produzidos pelo peso médio do ovo. O valor obtido é expresso em gramas de ovos por ave dia.

**Conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos:** a conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos foi calculada dividindo-se o consumo de ração, expresso em gramas, pela porcentagem de ovos. O resultado foi multiplicado por 12 (dúzia de ovos) e dividido por 1000.

**Conversão alimentar por massa de ovos produzidos:** a conversão alimentar por massa de ovos produzidos foi calculada dividindo-se o consumo de ração, expresso em gramas, pela massa de ovos.

Para a obtenção dos dados de qualidade dos ovos considerou quatro ciclos de 28 dias cada, que constituiu 16 semanas de avaliação. A cada final de ciclo nos últimos três dias foram coletados três ovos de cada parcela experimental. Para a obtenção dos dados de qualidade interna e externa dos ovos foram determinadas usando a Egg Tester (DET6000, Nabel, Japan) para as características de peso do ovo (g), altura de albúmen (mm), unidade Haugh (UH), resistência de casca (kgf) e espessura da casca (mm).

Posteriormente as cascas dos ovos foram lavadas cuidadosamente para a retirada do conteúdo interno do ovo, sem retirar a membrana da casca, após o processo de lavagem as cascas foram secas à temperatura ambiente durante sete dias e foram pesadas em um balança (Shimadzu ®) com precisão de 0,01g. Tais dados foram obtidos para realização da porcentagem da casca, a partir dos dados de peso da casca seca divide pelo peso do ovo, o resultado multiplica por 100 para obter a porcentagem de casca.

Para a obtenção dos dados de análise econômica utilizou os dados experimentais da produção de ovos obtidos no experimento. Apenas os custos



variáveis de arraçamento foram considerados, uma vez que os custos fixos foram iguais para todos os tratamentos. As variáveis calculadas foram custo total da ração por ave, margem bruta de comercialização, da receita total de cada tratamento (GAMEIRO, 2009).

Custo da ração por ave (1 - CTi) foi calculado a partir da soma do custo da ração (CRi) e o custo da debicagem por ave (CDi). Para a obtenção dos custos das rações foram considerados os preços médios mensais históricos pelo período de 10 anos dos ingredientes utilizados para formulação das rações. Os preços mensais dos produtos foram deflacionados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IBGE, 2017), no período fevereiro de 2006 a março de 2016. Para obter o preço da debicagem por ave foi estipulado através do valor pago para um profissional e o custo por duas debicagem e o preço pago por caixa de ovo foi considerado o período final do estudo R\$77,82.

Para receita total por ave (2 - RTi) foi calculado número de ovos produzidos por ave (NOi, dados de produção de ovos de todos os períodos) e multiplicou pelo preço pago por caixa de ovos (PCAi) e posteriormente dividido por 360 para obtenção do preço por ovo do tratamento. Margem bruta (3 - MBi) é a divisão da receita total por ave (RTi) sobre o custo de ração por ave CTi. E para a relação à RT/CT (4), quando mais próxima a 1, menos eficiente é o tratamento.

$$CTi=CRi+CDi \quad (1)$$

$$RTi=(NOi) \times PCAi \div 360 \quad (2)$$

$$MBi=RTi-CTi \quad (3)$$

$$MBi=RTi/CTi \quad (4)$$

Os dados de desempenho, qualidade dos ovos e análise econômica foram avaliados por meio do programa Statistical Analysis System (SAS, 2012). Primeiramente foi testada a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro - Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett . Posteriormente, foi realizada análise de variância (ANOVA), quando significativas, foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

### 2.3 Resultados e Discussão

Os resultados das características de desempenho obtidos no presente estudo estão mostrados na Tabela 2.

Consumo de ração e conversão alimentar por dúzia de ovos e massa de ovos não teve influência entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Esses resultados indicam que as aves alimentadas com dietas com níveis nutricionais reduzidos e suplementadas com fitase mantiveram a consumo de ração e atingiram a mesma conversão alimentar que os alimentados com dieta com níveis nutricionais regulares. Em um estudo avaliando dietas com P disponível reduzido (0,15%) suplementado com fitase FTU 200-600, não foram observadas diferenças na ingestão alimentar (Viana et al. 2009).

Tabela 2 - Produção de ovos (PO, %); consumo de ração (CR, g); peso do ovo (peso, g); massa de ovo (MO, g); conversão alimentar por dúzia de ovo (CA/dúzia); conversão alimentar por massa de ovo (CA/MO) das poedeiras comerciais alimentadas com valorização de nutrientes e suplementação de fitase

Características	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P
	CP	CN300FTU	CN600FTU	CN900FTU		
PO, %	84,42 <sup>b</sup>	86,68 <sup>a</sup>	85,78 <sup>b</sup>	82,21 <sup>c</sup>	0,54	0,045
CR, g/dia	120,00	118,00	121,00	114,00	2	0,667
PO, g	66,80 <sup>a</sup>	65,75 <sup>b</sup>	64,88 <sup>d</sup>	65,49 <sup>c</sup>	0,19	0,024
MO, g	57,06 <sup>a</sup>	56,97 <sup>a</sup>	55,59 <sup>b</sup>	53,85 <sup>c</sup>	0,37	0,018
CA /dúzia	1,693	1,644	1,701	1,67	0,024	0,951
CA/MO	2,12	2,08	2,19	2,13	0,031	0,885

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

Letras diferentes (a, b, c, d) na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste F (0,05).

O aumento produção de ovos ( $P \leq 0,05$ ) foi observado nas poedeiras alimentadas com dietas de redução de nutrientes e suplementadas com 300FTU (CN300FTU), que foi 2,68% maior em comparação com aqueles alimentados com a dieta CP. As poedeiras alimentadas com dieta com nutrientes reduzidos com 600 FTU fitase (RN600FTU) apresentaram produção de ovos estatisticamente similar à da dieta CP e a menor produção de ovos foi obtida com dieta com nutrientes reduzidos com 900 FTU fitase (RN900FTU). Esses resultados sugerem, como relatado anteriormente FERREIRA et al., 2015; FUKAYAMA et al., 2008, que a fitase aumentou a disponibilidade de P, bem como outros nutrientes, incluindo cátions ligados ao fitato (ferro, magnésio e

zinco), energia e aminoácidos. No estudo de Borrmann et al. (2001) que avaliou poedeiras comerciais alimentadas com dieta suplementadas com fitase (300FTU/kg de ração) e redução de nível P (0,18% P disponível) apresentaram um aumento na produção de ovos comparado com àquelas alimentados com 0,30% e 0,36% de P disponível.

A menor produção de ovos foi obtida com a dieta com redução de nutrientes (-0,18% P, -0,15% Ca, -20 kcal EM / kg, -20% de proteína e -0,01% aminoácidos sintéticos) e suplementado com 900 FTU (CN900FTU), enquanto a dieta com redução de nutrientes (-0,16% P, -0,13% Ca, -18 kcal EM / kg de MS, -18% de proteína e -0,01% de aminoácidos sintéticos) e suplementados com 600 FTU fitase (CN600FTU) resultaram em produção de ovos estatisticamente similar à da dieta para CP. Esses resultados sugerem a nível de valorização de nutrientes foram insuficientes para otimizar produção de ovos, assim necessitaria de mais estudos no âmbito neste sentido, uma vez que, ainda não há consenso quanto à amplitude da ação da fitase quanto a disponibilidade de outros nutrientes, já que os estudos de digestibilidade de aminoácidos após suplementação de fitase são variáveis e os mecanismos subjacentes não foram completamente compreendidos (SELLE et al., 2007).

Esses resultados indicam uma superestimação da liberação de nutrientes pela fitase nas dietas suplementadas com 600 FTU e 900 FTU, e sugerem que sejam necessárias mais pesquisas sobre os efeitos da fitase sobre a disponibilidade de nutrientes além fósforo. Estudos que avaliam a digestibilidade de aminoácidos em dietas suplementadas com fitase relatam resultados variáveis, e os mecanismos subjacentes de liberação de nutrientes por fitase não são totalmente elucidados (SELLE et al., 2007).

Os ovos mais pesados ( $p < 0,05$ ) foram obtidos pelas poedeiras alimentadas com CP (66,80g). Foi observado que o peso do ovo decresceu com a suplementação de fitase, com pesos de ovos de 65,75; 65,49 e 64,88 g, obtidos com as dietas CN300FTU, CN900FTU e CN600FTU, respectivamente. Esses resultados podem ser explicados devido redução dos níveis proteicos e de aminoácidos da dieta e a suplementação de fitase pode ter influenciado na redução de peso dos ovos.

A massa de ovos não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre as poedeiras alimentadas com o PC e as dietas CN300FTU, indicando que a redução de

nutrientes e a suplementação de fitase não apresentaram efeito deletério sobre a característica avaliada. No entanto, a massa de ovo diminuiu à medida que os nutrientes dietéticos foram ainda mais reduzidos nas dietas suplementadas com níveis mais elevados de fitase (CN600FTU e CN900FTU), o que sugere que a supressão da liberação de nutrientes por fitase foi superestimada. É importante ressaltar para que a suplementação de enzimas digestivas proporcione resposta positiva é necessário que tenha quantidade suficiente de substrato específico na dieta, dosagem correta de enzima, além de condições de pH e temperatura (COSTA et al., 2004; SAKOMURA, 2014).

Para a qualidade de ovo os resultados estão apresentados na Tabela 3. Os tratamentos dietéticos não afetaram as características da qualidade de ovo ( $P > 0,05$ ), exceto para espessura de casca, indicando que, apesar de terem reduzido os níveis de nutrientes, as dietas suplementadas com fitase forneceram os requisitos nutricionais para a altura da albumina, a unidade Haugh e a força e percentual da casca do ovo. Conforme Costa et al. (2004) não encontrou diferenças significativas nas características de qualidade do ovo quando as poedeiras semipesadas foram alimentadas com dietas com redução de P disponível e suplementadas com diferentes níveis de fitase.

Tabela 3 - Altura de albumen (AA, mm); unidade *Haugh* (UH); resistência da casca (RC, kgf), espessura da casca (EC, mm) e Porcentagem de casca (PC, %) de poedeiras comerciais com valorização de nutrientes e suplementação de fitase

Características	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P
	CP	CN300FTU	CN600FTU	CN900FTU		
AA, mm	7,41	7,37	7,31	7,43	0,03	0,097
UH	83,86	83,75	83,54	83,99	0,22	0,265
RC, kgf	3,56	3,63	3,65	3,54	0,03	0,546
EC, mm	0,394 <sup>a</sup>	0,392 <sup>b</sup>	0,386 <sup>c</sup>	0,383 <sup>d</sup>	0,001	0,02
PC, %	8,91	8,99	8,97	8,87	0,03	0,524

<sup>1</sup>Controle Positivo: sem valorização e sem enzima; Controle negativo (CN300FTU): com valorização nos níveis de 0,12% fósforo (P), 0,10% Cálcio (Ca) e 14kcal/kg de energia metabolizável (EM) + 300 FTU; CN600FTU: com valorização nos níveis de 0,16%P, 0,13%Ca, 18kcal/kg EM, 18% proteína e 0,01% aminoácidos sintéticos + 600 FTU; CN900FTU: com valorização nos níveis de 0,18%P, 0,15% Ca, 20 kcal/kg de energia metabolizável, 20% proteína e 0,01% aminoácidos sintéticos + 900 FTU;

<sup>2</sup>Erro Padrão da Média.

Letras diferentes (a, b, c, d) na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste F (0,05).

Por outro lado, a espessura de casca foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos dietéticos. O aumento da espessura de casca foi obtido as poedeiras que receberam a dieta CP. E gradualmente diminuiu à medida que os níveis de nutrientes alimentares foram reduzidos e o nível de fitase aumentou. Esses resultados são consistentes com Englmaierová et al. (2015) alimentou poedeiras com dietas contendo níveis crescentes de uma fitase produzida por *Aspergillus niger* (0, 150, 250 ou 350 FTU / kg) e redução de P disponível (1,8 ou 2,1 g / kg) e observou cascas de ovos mais finas quando as camadas eram alimentadas com a dieta com o menor nível de não-fitato e suplementado com fitase.

A análise econômica foi baseada na produção de ovos e na média histórica dos preços mensais dos alimentos durante um período de 10 anos (2006 a 2016). OS resultados estão mostrados na Tabela 4 e apresentados na moeda Brasileira real (BRL). O custo da ração por poedeira alimentada com a dieta CP foi significativamente maior ( $P> 0,05$ ) em comparação com aqueles calculados para as dietas com nutrientes reduzidos e suplementados com fitase. O custo de ração da dieta CN900FTU foi aproximadamente 9% menor em comparação com o da dieta CP devido à menor inclusão de alimentos caros, como o fosfato bicálcico. Este resultado demonstra que as dietas com redução de nutrientes e suplementadas com a produção de fitase diminuíram os custos de produção. De acordo com Plumstead (2008) a inclusão de 600 FTU fitase/kg e uma redução de 30% dos níveis de fosfato bicálcico em dietas em poedeiras permite a redução os custos da ração em aproximadamente 0,53 €/t. No presente estudo, o custo da dieta com 30% de redução do fosfato bicálcico e suplementado com 600 FTU fitase foi reduzido em BRL 0,353/100g em comparação com a dieta CP.

Tabela 4 - Análise econômica da produção de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com valorização de nutrientes e suplementação de fitase

Características	Tratamentos <sup>1</sup>				SEM	P
	CP	CN300FTU	CN600FTU	CN900FTU		
Custo total (CTi)	8,014 a	7,724 b	7,661 b	7,5 b	0,045	0,0053
Receita total (RTi)	20,68	20,98	20,76	19,9	0,187	0,337
Margem bruta (MBi)	12,55	13,15	12,98	12,48	0,191	0,765
CT/RT	0,655	0,602	0,618	0,599	0,012	0,648

<sup>1</sup>Controle Positivo: sem valorização e sem enzima; Controle negativo (CN300FTU): com valorização nos níveis de 0,12% fósforo (P), 0,10% Cálcio (Ca) e 14kcal/kg de energia

metabolizável (EM) + 300 FTU; CN600FTU: com valorização nos níveis de 0,16%P, 0,13%Ca, 18kcal/kg EM, 18% proteína e 0,01% aminoácidos sintéticos + 600 FTU; CN900FTU: com valorização nos níveis de 0,18%P, 0,15% Ca, 20 kcal/kg de energia metabolizável, 20% proteína e 0,01% aminoácidos sintéticos + 900 FTU;

2Erro Padrão da Média.

Letras diferentes (a, b, c, d) na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste F (0,05).

A receita total, a margem bruta e a relação da receita bruta e do custo total e (RTi / CTi) não foram significativamente diferentes entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Isso é explicado pelo preço pago por caso de ovo (BRL 77,82) durante o período estudado permitiu que os tratamentos com menor produção de ovos, mas menor custo total por galinha, para atingir margens brutas estatisticamente similares e relações / TR como a dieta do PC. A suplementação da fitase é uma prática comum na indústria avícola, pois permite diminuir a inclusão de fontes de fósforo inorgânico na dieta, conseqüentemente reduzindo a contaminação ambiental e contribuindo para a sustentabilidade desta indústria (SILVA et al., 2012).

## **2.4 Conclusão**

Nas condições em que o estudo foi realizado pode-se sugerir a utilização de uma dieta com redução de nutrientes e a suplementada com 300 FTU para poedeiras comerciais em final de ciclo de produção sem prejuízo econômica, desempenho e na qualidade de ovo.

Para os tratamentos com as valorizações dos nutrientes preconizadas e a suplementação de fitase (CN600FTU e CN900FTU), não foram suficientes para a melhora do desempenho, embora não tiveram efeitos deletérios para a qualidade dos ovos e dados positivos sobre a análise econômica.

## 2.5 Referências Bibliográficas

BORRMANN, M. S. L. et al. Efeitos da adição de fitase com diferentes níveis de fósforo disponível em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, p. 181-187, 2001.

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

COSTA, F. G. P. et al. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, Goiania, v. 5, n. 2, p. 73-81, 2004.

COWIESON AJ, WILCOCK P, BEDFORD MR. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. **Journal World's Poultry Science**. 2011; 67:225–236.

ENGLMAIEROVÁ, M. et al. Effects of a low-phosphorus diet and exogenous phytase on performance, egg quality, and bacterial colonisation and digestibility of minerals in the digestive tract of laying hens. **Czech Journal of Animal Science**, Prague, v. 60, n. 12, p. 2015-542, 2015.

FERREIRA, C. B. et al. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 1, p. 249-254, 2015.

FUKAYAMA, E. H. et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 629-635, 2008.

GAMEIRO, A.H. Análise Econômica Aplicada à Zootecnia: Avanços e Desafios. In: Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal. 2009. Pirassununga:5D. SSBN 978-85-6001-1408-8

NOVOGEN. **Guia de manejo**: ponedoras comerciais. 2015. Disponível em:<[http://www.novogen-layer.com/media/201508\\_\\_cs\\_\\_management\\_guide\\_\\_novogen\\_\\_white\\_classic\\_\\_es\\_\\_068383300\\_1727\\_19102015.pdf](http://www.novogen-layer.com/media/201508__cs__management_guide__novogen__white_classic__es__068383300_1727_19102015.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2017.

OLIVEIRA, M. C. et al. Effect of nonphytate phosphorus and phytase levels on broiler tibia. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 49-56, 2009. Disponível em:<<http://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/13357/10721>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PLUMSTEAD, P.W. A fitase ajuda reduzir custo com alta de preço do fósforo. 2008. Disponível em:<<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/a-fitase->



ajuda-reduzir-custo-com-alta-de-preco-do-fosforo/20080902-093908-3066>.  
Acesso em: 9 maio 2017.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2011.

SAKOMURA, N. K. Enzimas na nutrição de monogástricos. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funpe, 2014. p. 466-484.

SAS. **Statistical analysis system**. 2012. Disponível em: <[https://www.sas.com/en\\_ca/software/sas9.html](https://www.sas.com/en_ca/software/sas9.html)>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SELLE, P. H.; Ravindran, V. et al. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 135, n. 1-2, p. 1-41, 2007.

SHIRLEY R.B; EDWARDS H.M Jr. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance **Poultry Science**, 82:671-680, 2003.

SILVA, L. M. et al. Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringa, v. 34, n. 3, p. 253-258, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126511005>>. Acesso em: 9 jun. 2017.

VIANA, M. T. S. et al. Efeito da suplementação de enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1074-1080, 2009.

WU, Y. B. et al. Evaluation of a microbial phytase, produced by solid-state fermentation, in broiler diets. 1. influence on performance, toe ash contents, and phosphorus equivalency estimates. **The Journal of Applied Poultry Research**, Cary, v. 13, n. 3, p. 373-383, 2004.

### 3 **CAPÍTULO II:** Efeito do nível energético e complexo enzimático na alimentação de poedeiras comerciais

#### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do nível energético e suplementação com o complexo enzimático na produção e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais no período de 84 a 100 semanas de idade, após a muda forçada. 224 poedeiras comerciais Hy Line®, debicadas, foram distribuídas de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, constituído de um fatorial 2 X 2, dois níveis de energia metabolizável (2626 e 2771 kcal/kg) e com ou sem a inclusão da enzima carboidrase (0,5/t), totalizando quatro tratamentos com sete repetições. Foram avaliadas as características de desempenho e qualidade dos ovos. Para as características de produção de ovos, peso do ovo, conversão alimentar por dúzia e conversão por massa de ovo não houve efeito ( $P>0,05$ ), entretanto, houve interação entre a EM e o complexo enzimático para produção e massa de ovo, sendo que, maior produtividade e massa de ovo foi para as poedeiras que tiveram o maior nível energético e a inclusão do complexo enzimático. Para a qualidade dos ovos não apresentaram efeito ( $P>0,05$ ). Recomenda-se que ao utilizar poedeiras de segundo ciclo, utilizar uma dieta com 2771kcal/kg de EM e inclusão do complexo enzimático que melhora a produtividade e massa de ovo.

Palavra-chave: Carboidrase. Carboidrato. Enzima. Polissacarídeos não amiláceos.

**Chapter III: Evaluation of the use of a drink in feeding commercial laying hens****ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the energy level and supplementation of carbohydrates in the production and egg quality of commercial laying hens. A total of 224 Hy Line® commercial laying hens were used, with no evaluation period of 84 to 100 weeks of age, in the second cycle, and distributed in a completely randomized design, consisting of a 2X2 factorial, two levels of metabolizable energy (2626 and 2771 kcal / Kg) and with or without inclusion of the enzyme carbohydrase (0.5 / t), totaling four treatments with seven replicates. They were evaluated as egg quality and performance characteristics. It was found that the characteristics of egg production, egg weight, feed conversion per dozen and conversion by egg mass did not show effect ( $P > 0.05$ ), however, there was interaction between ME and the enzymatic complex for egg production and mass, with higher productivity and egg mass for laying hens that had the highest energetic level and inclusion of the enzymatic complex. For the quality of the eggs had no effect ( $P > 0.05$ ). It is recommended that when using second cycle laying hens, use a diet with 2771 kcal / kg of MS and inclusion of enzyme complex that improves productivity and egg mass.

Keyword: Carbohydrate. Enzyme complex. Enzyme. Non-starch polysaccharides.

### 3.1 Introdução

O cenário da produção animal está sendo pressionado pelo aumento da produtividade para que atenda às necessidades do mercado consumidor sem comprometer a capacidade das gerações futuras, ou seja, requer aos responsáveis da cadeia produtiva um grande desafio ligado a melhorar o aproveitamento do ingredientes, juntamente com a seleção genética e o meio ambiente (MACLEOD, 2011).

A alimentação das poedeiras, especificamente produção de ovos, tem como função principal atender as mantença do animal para o necessário grau de exigência dos mesmos, sem descuidar do seu custo de produção (ANDRIGUETTO et al., 2002) além de garantir segurança e qualidade do produto que chega ao consumidor (LIGEIRO et al., 2009).

Sabe-se que o nível de energia da dieta representa o ponto de partida na formulação de rações para aves, de forma que, os carboidratos são a principal fonte de energia utilizada (LIMA et al., 2006). Segundo Silva, (2002), os carboidratos compõem mais de 80% dos grãos de cereais, dos quais 70% a 80% são constituídos por amido, 10% a 30% são os polissacarídeos não amiláceos (PNA) e 1% a 3% são açúcares simples (mono e oligossacarídeos).

Os PNA constituem a fração da parede celular sendo composta por celulose, hemiceluloses insolúveis, lignina, tanino e outros compostos e fibra solúvel constituída pelas hemiceluloses solúveis (arabinas e  $\beta$ -glucanos) e substâncias pécticas (JERACI; VAN SOEST, 1990).

Em monogástricos, a presença de PNA é considerada um fator antinutricional, pois esses componentes, quando dissolvidos em água, produzem soluções viscosas que influenciam a digestão e a absorção do amido, dos lipídios e da proteína (LIMA et al., 2006)

Uma alternativa é o uso do complexo enzimático que são uma associação de enzimas celulolíticas (celulase, pectinase, xilanase, glucanases e manase) e digerem esses carboidratos (MAEG, 2001). Em que sua adição promove a redução dos fatores antinutricionais e permite que a digestão seja completa e rápida.

O uso de carboidrase também promove o aumento do desempenho, redução a viscosidade da digesta, produção de ovos e a coloração da gema

(BEDFORD; PARTRIDGE, 2010). Embora, o uso de enzima exógena pode competir com o acesso das enzimas endógenas, dificultando sua degradação, provocar a formação de gel que dificulta ou reduz a digestão e absorção de nutrientes e aumenta a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo a velocidade de trânsito da digesta pelo intestino, conseqüentemente exercendo efeito negativo sobre o consumo do alimento (CABRAL et al., 2013)

Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de carboidrase sobre a produção e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais de segundo ciclo.

### 3.2 Material e Métodos

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados e revisados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da FZEA/USP (protocolo nº 8091070617). As aves foram criadas em galpão de alvenaria, equipado com gaiolas metálicas de postura convencionais de dimensões de 1,0 m x 0,45 m x 0,45 m, dispostas em duas fileiras sobrepostas (sistema piramidal). Cada gaiola tinha um bebedouro tipo *nipple* (taça) e o comedouro tipo calha frontal externo.

Foram utilizados 224 poedeiras, da linhagem Hyline White®, debicadas, no segundo ciclo de produção, no período de 84 a 100 semanas, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado e constituído por um fatorial 2X2, dois níveis de energia metabolizável (2626 e 2771 kcal/kg de EM) e com ou sem a suplementação do complexo enzimático (0,5/t), totalizando quatro tratamentos em que foram distribuídos aleatoriamente em 49 gaiolas, sendo sete repetições por parcela experimental.

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) de acordo com as recomendações das Tabelas Brasileiras Aves e Suínos (ROSTAGNO, 2011) para atender as exigências nutricionais das poedeiras leves referente a fase de produção.

A enzima utilizada foi carboidrase comercial, contém uma combinação singular de enzimas naturalmente compatíveis produzidas pelo fungo *Talaromyces versatilis*, com muitos tipos diferentes de  $\beta$ -glucanos com atividade máxima em pH 4,5 a temperatura até 60°C.

O manejo das aves, como o programa de luz, temperatura e umidade relativa foram preconizados de acordo com o manual da linhagem (HY-LINE, 2016). O fornecimento de ração e água foram ad libitum.

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Tratamentos*	
	2626 Kcal/kg de EM	2776 Kcal/kg de EM
Milho	58,45	62,94
Farelo de Soja (46%)	21,5	23,3
Óleo vegetal	0	0,85
Calcário Fino (38%)	3,6	3,56
Calcário Grosso (38%)	7	7
Fosfato Bicálcico	1,35	1,45
Farelo trigo	7,2	0
Sal	0,4	0,4
Metionina	0,07	0,08
Treonina	0,03	0,02
Premix min. e vit. <sup>1</sup>	0,4	0,4
Total	100	100
Níveis nutricionais		
Energia metabolizável (kcal/kg)	2626	2776
Proteína Bruta (%)	15,991	16,005
Fibra (%)	3,282	2,814
Extrato etéreo	2,949	3,724
Cálcio (%)	4,575	4,58
Fósforo disponível (%)	0,481	0,82
Lisina (%)	0,811	0,825
AAS <sup>2</sup> (%)	0,705	0,713
Sódio (%)	0,183	0,18
Treonina (%)	0,623	0,624
Valina (%)	0,759	0,764

<sup>1</sup>Premix mineral e vitamínico para aves de postura. Níveis de garantia de nutrientes: Vitamina A (min) 7.500.000,00 UI/kg; Vitamina D3 (min) 2.000.000,00 UI/kg; Vitamina E (min) 6.000,00 UI/kg; Vitamina K3 (min) 900,00 mg/kg; Vitamina B1 (min) 350 mg/kg; Vitamina B2 (min) 4.000 mg/kg; Vitamina B6 (min) 2.500 mg/kg; Vitamina B12 (min) 8.000,00 mg/kg; Niacina (min) 15,00g/kg; tiamina(min) 700,00 mg/kg; Ácido Pantatênico (min) 4.000,00 mg/kg; Ácido Fólico (min) 300,00 mg/kg; Biotina (min)30,00mg/kg; Cobre (min) 6.000,00 mg/kg; Ferro (min) 30,00 g/kg; Manganês (min)60,00 g/kg; Zinco (min) 50,00 g/kg; Iodo (min) 800 mg/kg; Selênio (min) 200,00 mg/kg. (1Kg de produto por 1tonelada de ração produzida) <sup>1</sup>tratamento de T1 a T5 níveis crescentes de energia e T6 e T7; <sup>2</sup>Energia metabolizável; <sup>2</sup>aminoácidos sulfurados.

\*Os tratamentos com a inclusão da carboidrase: 0,005 kg corresponde a 75kcal/kg de EM/kg de ração.

Para a obtenção dos dados de desempenho foram avaliados 16 semanas, sendo que no final desse período foi realizado as seguintes mensurações para obtenção dos dados de características de desempenho: consumo de ração,

produção de ovos, massa do ovo, conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo.

**Consumo de Ração:** Foi calculado descontando-se da quantidade de ração fornecida, as sobras de ração no final de cada período, com base no número de aves.

**Produção de ovo:** Foi obtida dividindo-se o número total de ovos postos por gaiola por período pelo número de aves, multiplicado por cento e doze e o resultado multiplicado por 100.

**Massa de ovos:** Foi obtida multiplicando-se o peso médio dos ovos de cada parcela pela porcentagem de postura da mesma e o resultado dividido por 100 e expresso em gramas de ovos.

**Conversão alimentar por massa de ovo e por dúzia de ovo:** Foi mensurada ao final de cada período, dividindo-se o peso médio da ração consumida na parcela (expresso em gramas), pelo número médio de massa (expresso em gramas) dos ovos postos pela mesma parcela ou dividindo-se por dúzia de ovo.

Nos últimos três dias de avaliação foram realizadas as mensurações para obtenção dos dados de características de qualidade dos ovos. Para a obtenção dos dados de qualidade interna dos ovos, realizado as mensurações com o auxílio do aparelho Testador Digital do Ovo (DET6000) para as características de peso do ovo, altura de albúmen, coloração de gema e unidade Haugh (UH), resistência e espessura da casca.

Os dados de desempenho, qualidade dos ovos e análise econômica foram avaliados por meio do programa Statistical Analysis System (SAS, 2012). Primeiramente foi testada a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro - Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Posteriormente, foi realizada análise de variância (ANOVA), quando significativas, foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



### 3.3 Resultados e Discussão

Os resultados das características de desempenho obtidos no presente estudo estão mostrados na Tabela 2.

Para conversão alimentar por dúzia e por massa de ovo não apresentou efeito ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Esses resultados dependem dos dados produção de ovos, consumo de ração e peso médio dos ovos (FERREIRA et al., 2015), assim não houve diferença significativa entre os tratamentos devido as características terem sofrido um aumento simultâneo de acordo com o nível energético e a suplementação do complexo enzimático.

Para porcentagem de ovos apresentou efeito ( $P \leq 0,005$ ) entre os tratamentos. O aumento da produção de ovos ( $P \leq 0,05$ ) foi observado nas poedeiras que receberam a dieta com 2776 kcal/kg, que foi 5,72% maior do que as poedeiras alimentadas com 2626 kcal/kg. As poedeiras alimentadas com a dieta suplementada do complexo enzimático apresentaram efeito ( $P \leq 0,026$ ) para a porcentagem produção de ovo, que foi de 4,55% maior em comparação aos que não receberam na dieta a suplementação do complexo enzimático.

Tabela 2 - Produção de ovos (PO, %); consumo de ração (CR, g); peso do ovo (peso, g); massa de ovo (MO, g); conversão alimentar por dúzia de ovo (CA/dúzia); conversão alimentar por massa de ovo (CA/MO) das poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com níveis energéticos e suplementado ou não carboidrase

Características	PO, %	CR, g	Peso, g	MO, g	CA/dúzia	CA/MO
Energia Metabolizável						
2626	79,10	100 <sup>b</sup>	67,92	53,75	1,520	1,868
2776	83,90	107 <sup>a</sup>	67,87	56,92	1,529	1,878
Carboidrase						
Não	79,60	101 <sup>b</sup>	66,94 <sup>b</sup>	53,29	1,533	1,908
Sim	83,40	105 <sup>a</sup>	68,85 <sup>a</sup>	57,38	1,517	1,838
EPM	0,96	1,02	0,04	0,72	0,014	0,020
E <sup>1</sup>	0,005	<0,001	0,929	0,007	0,754	0,799
C <sup>2</sup>	0,026	0,011	0,005	0,001	0,598	0,076
E x C <sup>3</sup>	0,011	0,094	0,326	0,026	0,188	0,297

E<sup>1</sup>: Energia; C<sup>2</sup>: Carboidrase; <sup>3</sup>E x C: Energia x Carboidrase; \*: nível de significância <0,05; NS: Não Significativo.

As médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve interação ( $P \leq 0,011$ ) entre os tratamentos para a porcentagem de produção de ovos (Tabela 3). Esses resultados indicam que o aumento do teor energético da dieta é um dos fatores para obter maior produtividade de ovos

(FREITAS; FUENTES; ESPÍNDOLA, 2000). Lázaro et al. (2003) realizaram um estudo com poedeiras alimentadas com dietas à base de centeio, trigo e arroz, suplementadas com quatro níveis de carboidrase (0, 250, 1250 e 2500 mg/kg) observaram que a suplementação da enzima as aves, proporcionou um aumento de 2,1% a mais de ovos por galinha alojada. Por outro lado, foi observado por Freitas, Fuentes e Espíndola, (2000) que avaliaram poedeiras com dieta contendo 2850 e 2750 kcal EM/kg e com a inclusão ou não de 0,1% de complexo enzimático e observou que os dados não demonstraram efeito sobre a produção de ovos. Murakami et al. (2007) também verificaram que não houve efeito sobre a produção de ovos em seu experimento com poedeiras suplementadas com o complexo enzimático (0,4 ou 0,5g/t) e valorização do nível de proteína, energia metabolizável e aminoácidos do farelo de soja. Tal resultado pode ter ocorrido devido ao nível de energia da dieta estudado não foi suficiente para demonstrar o efeito da carboidrase na produtividade.

Tabela 3 - Interação para produção de ovos de poedeiras comerciais, de acordo com a presença ou não de carboidrase e dos níveis de energia metabolizável

		Energia Metabolizável		Média
		2626	2776	
Carboidrase	Não	79,35 <sup>Bb</sup>	81,75 <sup>Ba</sup>	79,60 <sup>b</sup>
	Sim	81,25 <sup>Ab</sup>	83,65 <sup>Aa</sup>	83,40 <sup>a</sup>
Média		79,10 <sup>B</sup>	83,90 <sup>A</sup>	

Letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste F (0,05).

Para o consumo de ração apresentou efeito ( $P \leq 0.05$ ) entre os tratamentos. As poedeiras que receberam ração mais energética e suplementadas com o complexo enzimático tiveram o maior consumo de ração em comparação ao menor nível da dieta e a não suplementação do complexo enzimático. O aumento do peso do ovo ( $P < 0,05$ ) foi observado nas poedeiras alimentadas com a dieta suplementada com o complexo enzimático, que foi de 2,77% a maior em comparação com aquelas alimentadas sem o complexo enzimático. Assim afirma-se que as aves com o avançar da idade, aumentam o nível de consumo de ração, acompanhada também do aumento do peso do ovo (BERTECHINI, 2013), deste modo, justifica que a poedeira necessite de um maior aporte energético nesta fase, já que aumentam o tamanho do ovo.

Para a massa de ovo apresentou efeito significativo entre os tratamentos. A maior massa de ovos ( $P \leq 0.007$ ) foi observado nas poedeiras que receberam a dieta com 2776 kcal/kg, que foi 5,57% maior do que as poedeiras alimentadas com 2626 kcal/kg. As poedeiras alimentadas com a dieta suplementada do complexo enzimático apresentaram efeito ( $P \leq 0.001$ ) para a massa de ovo, que foi de 7,12% maior em comparação aos que não receberam na dieta a suplementação do complexo enzimático. Houve interação ( $P \leq 0.011$ ) entre os tratamentos para a massa de ovo (Tabela 4). Isso comprova que a suplementação do complexo enzimático reduziu os fatores antinutricionais da dieta e ocasiona uma melhora no aproveitamento dos ingredientes, em virtude da melhor disponibilidade de energia na dieta.

Tabela 4 - Interação da massa de ovos de poedeiras comerciais, de acordo com a presença ou não de carboidrase e dos níveis de energia metabolizável

		Energia Metabolizável		Média
		2626	2776	
Carboidrase	Sim	53,52 <sup>Bb</sup>	55,10 <sup>Ba</sup>	53,29 <sup>b</sup>
	Média	55,56 <sup>Ab</sup>	57,15 <sup>Aa</sup>	57,38 <sup>a</sup>
		53,75 <sup>B</sup>	56,92 <sup>A</sup>	

Letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste F (0,05).

Para a qualidade de ovo os resultados estão apresentados na Tabela 5. Os tratamentos dietéticos não influenciaram as características da qualidade de ovo ( $P < 0,05$ ). Indicam que, apesar do menor nível e a não suplementação do complexo enzimático, comprometeram os requisitos nutricionais para a altura de albúmen, unidade Haugh, coloração de gema, resistência de casca e espessura de casca. Resultados semelhantes apresentados por Pires et al. (2012) que utilizaram quatro dietas que apresentavam nas suas formulações 20% de quirera de arroz (QA) e um complexo enzimático (CE) valorizado em 0, 40, 80 ou 120 kcal de EM/kg também não encontraram diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 5 - Altura de albumen (AA,mm); coloração da gema (Cor); unidade Haugh (UH); resistência da casca (RC, kgf) e espessura da casca (EC, mm) de poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com níveis energéticos e suplementado ou não carboidrase

Características	AA, mm	Cor	UH	RC, kgf	EC, mm
Energia Metabolizável					
2626	9,18	5,48	91,51	3,57	0,420
2776	9,55	5,36	92,82	3,53	0,415
Carboidrase					
Não	9,57	5,46	93,03	3,60	0,419
Sim	9,16	5,38	91,29	3,50	0,415
SEM	0,14	0,04	0,64	0,04	0,002
E	0,175	0,090	0,308	0,621	0,202
C	0,145	0,277	0,178	0,189	0,296
E x C	0,415	0,312	0,674	0,766	0,594

<sup>1</sup>Efeito: E: Energia; C: Carboidrase; <sup>2</sup>NS: Não Significativo; <sup>3</sup>ExC: Energia x Carboidrase; \*: nível de significância <0,05.

As médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e F.

Esses dados expressam resultados favoráveis para a adição de carboidrase na dieta, já que a energia é o componente mais caro e decisivo nas dietas das aves, representando 65% do custo de produção (ANTUNES et al., 2007). Assim, é importante que os níveis sejam precisos para maior facilidade na formulação da dieta, que refletirá diretamente no custo final na ração.

### **3.4 Conclusão**

Nas condições em que o estudo foi realizado pode-se sugerir a utilização de uma dieta com 2771 kcal/kg de EM e suplementada com o complexo enzimático pois promove um aumento da produção, peso e massa de ovo.

### 3.5 Referências Bibliográficas

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**: as bases e fundamentos da nutrição animal. 4. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

ANTUNES, M. T. et al. Desempenho de poedeiras comerciais alimentadas com diferentes níveis de inclusão de água na ração. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO, COMERCIALIZAÇÃO E CONSUMO DE OVOS, 2007, Indaiatuba, SP. **Anais...** Indaiatuba, SP, 2007. v. 5, p. 107-108.

BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. (Ed.). **Enzymes in farm animal nutrition**. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2010.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo energético. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013. p. 107-126.

CABRAL, N. de O. et al. Aproveitamento dos PNA's presentes na cana-de-açúcar com adição de enzimas para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 2209-2216, 2013.

FERREIRA, C. B. et al. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 1, p. 249-254, 2015.

FREITAS, E.; FUENTES, M.; ESPÍNDOLA, G. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho / farelo de soja sobre o desempenho de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1103-1109, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982000000400022&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982000000400022&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 jan. 2017.

HYLINE **Guia de manejo**: Hy-line W-36. 2016. Disponível em: [http://www.hyline.com/userdocs/pages/36\\_COM\\_POR.pdf](http://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_POR.pdf) Acessado em: 05 març. 2017.

JERACI, J. L.; VAN SOEST, P. J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 270, p. 245-63, 1990. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1706559>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

LIGEIRO, E. C. et al. Evaluation of the nutritional matrix values for phytase enzyme in laying hens diets with sorghum. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 3598, p. 1948-1954, 2009.

LIMA, R. F. et al. Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 215-221, 2006.

MACLEOD, M. G. Environmental sustainability of egg production and processing.

In: NYS, S.; BAIN, M.; VAN IMMERSEEL, F. **Improving the safety and quality of eggs and egg products**. Oxford: Woodhead Publishing, 2011. p. 445-462.

MURAKAMI, A. E. et al. Efeito da suplementação enzimática no desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 165-172, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/221>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

PIRES, P. G. da S. et al. Complexo enzimático ovos de poedeiras. **Engormix**. 2012. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/avicultura/artigos/complexo-enzimatico-ovos-de-poedeiras-t37608.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV/DZO, 2011.

SAS. **Statistical analysis system**. 2012. Disponível em: <[https://www.sas.com/en\\_ca/software/sas9.html](https://www.sas.com/en_ca/software/sas9.html)>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SILVA, L. P. da. **Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos**. 2002. 188 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos experimentos propostos observou que o uso da enzima, tanto a fitase quanto a carboidrase, mostraram efeitos satisfatórios sobre o desempenho e qualidade de ovos.

As poedeiras que receberam dieta com redução de nutrientes e suplementadas com 300FTU fitase/kg apresentaram maior produção de ovo quando comparado ao CP. Em relação a massa de ovo foi estatisticamente igual as galinhas que receberam o CP. Embora, para a espessura de casca as aves que receberam a redução de nutrientes e a suplementação de fitase apresentaram piores resultados quando comparados com o CP. Esses resultados sugerem a redução de nutrientes foi insuficiente para otimizar as características estudadas, assim necessitaria de mais estudos. De modo que, foi evidenciado pela viabilidade econômico que a suplementação de fitase promoveu a redução de custo.

Em relação ao maior nível de energia (2771kcal/kg) e a suplementação do complexo enzimático foi evidenciado que a sua utilização promoveu o aumento da produção, peso e massa de ovo, evidenciando a ação positiva do complexo enzimático na disponibilidade de energia da dieta.



## 5 ANEXO

## ANEXO A – Certificado do comitê de ética



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA

## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Enzimas exógenas para poedeiras comerciais", protocolada sob o CEUA nº 8091070617, sob a responsabilidade de **Lúcio Francelino Araújo** e equipe; *Fabricia de Arruda Roque* - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP (CEUA/FZEA) na reunião de 04/10/2017.

We certify that the proposal "Exogenous enzymes for commercial laying hens", utilizing 648 Birds (648 females), protocol number CEUA 8091070617, under the responsibility of **Lúcio Francelino Araújo** and team; *Fabricia de Arruda Roque* - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Animal Science and Food Engineering - (São Paulo University) (CEUA/FZEA) in the meeting of 10/04/2017.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **06/2017** a **09/2017** Área: **Nutrição Animal/zaz**

Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais		
Espécie:	Aves	sexo:	Fêmeas
		idade:	70 a 86 semanas
		N:	256
Linhagem:	Novogen White	Peso:	1300 a 1800 g
Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais		
Espécie:	Aves	sexo:	Fêmeas
		idade:	84 a 100 semanas
		N:	392
Linhagem:	Hyline White	Peso:	1300 a 1800 g

Resumo: A alimentação dos animais de produção representa a maior parte dos custos totais da produção. Portanto, a necessidade de ingredientes que promovam eficiência na produtiva têm estimulado o desenvolvimento de pesquisas baseadas na disponibilidade de nutrientes, que permita redução de custo e o impacto ambiental. Já é sabido que, a adição de enzimas exógenas tem contribuído para a melhora da produtividade das aves, digestibilidade dos nutrientes, morfologia intestinal, saúde e na imunidade animal, pelo fato das enzimas serem catalisadores biológicos, e têm capacidade de aceleram reações químicas, assim promovendo a disponibilidade de nutrientes para o animal. A suplementação a enzimas na dieta está diretamente relacionada a redução do custo da ração e ao impacto ambiental. De modo que, ao disponibilizar nutrientes ao animal, a enzima promove redução da quantidade de ingrediente onerosos na dieta e consequentemente reduz o custo de produção e a excreção ao ambiente.

Local do experimento: Aviário Experimental do Laboratório de Pesquisa em Aves da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. As aves serão criadas em galpão de alvenaria, equipado com gaiolas metálicas de postura convencionais de dimensões de 1,0 m x 0,45 m x 0,45 m, dispostas em duas fileiras sobrepostas (sistema piramidal). Cada gaiola tinha um bebedouro tipo nipple (taça) e o comedouro tipo calha frontal externo.

Pirassununga, 11 de outubro de 2017

Prof. Dra. Daniele dos Santos Martins  
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da  
Universidade de São Paulo - FZEA/USP

Prof. Dra. Cristiane Gonçalves Titto  
Vice-Cordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da  
Universidade de São Paulo - FZEA/USP