

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MODELOS PARA ESTIMAR EXIGÊNCIAS DE
TREONINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

**Joyce Sato
Zootecnista**

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA -UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MODELOS PARA ESTIMAR EXIGÊNCIAS DE
TREONINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS
COMERCIAIS**

Joyce Sato

Orientadora: Prof^a. Dra. Nilva Kazue Sakomura

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Hauschild

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.**

2012

Sato, Joyce

S253m Modelos para estimar exigências de treonina digestível para poedeiras comerciais / Joyce Sato. -- Jaboticabal, 2012
ix, 63 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientadora: Nilva Kazue Sakomura

Banca examinadora: Leilane Rocha Barros, Nelson José Peruzzi

Bibliografia

1. Aminoácido. 2. aves de postura. 3. broken line. 4. modelo de "Reading". 5. polinomial quadrático. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.5:636.087.7

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: MODELOS PARA ESTIMAR EXIGÊNCIAS DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS

AUTORA: JOYCE SATO

ORIENTADORA: Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. LEILANE ROCHA BARROS DOURADO

Universidade Federal do Piauí / Bom Jesus/PI

Prof. Dr. NELSON JOSÉ PERUZZI

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 03 de dezembro de 2012.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOYCE SATO– Em março de 2006 ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá, graduando-se em 2010. Em março de 2011 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – campus de Jaboticabal, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Nilva Kazue Sakomura, onde obteve bolsa FAPESP, defendendo essa dissertação em dezembro de 2012.

“O Senhor teu Deus é Deus misericordioso e não te desampará...”

Deuteronômio 4:31

DEDICO

Jade (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus que sempre segurou em minha mão nos momentos de angústia e que sem ele eu nada teria feito.

A minha família, mãe, pai e Fran. Minha mãe por ser simplesmente a melhor do mundo; meu pai por incentivar meus estudos e ser exigente e a minha irmã por ser a IDI, meu maior exemplo e a melhor professora de física.

Ao meu namorado Fernando, pelos 11 anos de companheirismo, paciência, dedicação, horas de viagem à Jaboticabal e carinho parabéns flipper.

A minha irmãzinha Vanessa Camargo, minha avó de coração Maria José e a família do Fernando pessoas abençoadas que Deus colocou em minha vida.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Nilva Kazue Sakomura, pela oportunidade e apoio.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Luciano Hauschild pela paciência e aprendizado.

Aos membros da banca de defesa de projeto e qualificação: Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros e Prof^a. Dr^a. Marta Verardino De Stéfani por todas as sugestões, correções, disponibilidade e gentileza.

Aos membros da banca de defesa Prof^a Dr^a Leilane Rocha Barros Dourado e Prof. Dr. Nelson José Peruzzi pelas ponderações e solicitude.

As minhas grandes amigas que conheci em Jaboticabal e companheiras de horas e horas de trabalho Ana Carolina Tozzo Guimarães (Carola), Daniella Donato (Dani-mãinha), Giuliana Milan de Andrade (Lakaaaa), Katiani Silva Venturi (Menina maluca, mãe do peteleco), Melina Bonato (Melinaaa Bolato) e Miryelle Freire Sarcinelli (Miela Remela), sem vocês Jaboticabal seria muito sem graça, obrigada por tudo Amadinhas de Joy.

Aos amigos Viviane Endo (Vica), Sheila Nascimento (Shelly), Fabiana Almeida (Fabi, mãe da Cotoco), Paula Toro, Annita, Fabi, Bruna Ponciano, Rafael Suzuki (Filhão), Fabrício Hada (Japonês), Allan Troni (Alá) pela amizade, apoio e disposição em ajudar.

Aos meus gatos (Kenti Cristina, Mimi e Pipa) e cães (Jade e Aska) pelos melhores momentos de descontração e paz que me proporcionam ou proporcionaram.

À equipe de trabalho atual e antiga: Ana Carolina Tozzo Guimarães, Allan Troni, Camila Bueno, Cristiane Sant´ana, Daniella Donato, Deise Marques Dourado, Edney, Gabriel Vilella, Giuliana, Hilda Palma, Iris Kawauchi, Jaqueline Gobi, Jaqueline Rafael, Juliano Dorigam, Katiani Venturini, Leticia Soares (ermão), Melina Bonato, Miryelle Sarcinelli, Nayara Tavares e Rafael Suzuki por toda amizade, ajuda e colaboração na realização do experimento.

Aos amigos de Maringá e familiares: Paula Goto, Lucas Rech, Polyana Sato, Andressa Sato, Olinda Sato, Livian Furuta, Toni Freitas, Claudia Zago, Celma Santos, Satilla de Castro, Ana Campos (Neti), Aline Cristina Farias Marques, Jefferson Mendes e Fernanda Jacoboski Coelho pela amizade eterna.

Aos funcionários do aviário Robson, Isildo e Vicente por toda amizade, conversas jogadas fora, apoio e ajuda no experimento.

A FAPESP pela bolsa concedida e pelo auxílio nas pesquisas.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	V
Abstract.....	VI
Lista de figuras.....	VII
Lista de tabelas.....	VIII
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução.....	1
Revisão de literatura.....	3
Treonina.....	3
Métodos para predizer as exigências nutricionais das aves.....	5
Referências bibliográficas.....	9
CAPÍTULO 2 – RESPOSTAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS A INGESTÃO DE TREONINA DIGESTÍVEL.....	14
Resumo.....	14
Abstract.....	15
Introdução.....	15
Material e métodos.....	16
Conclusões.....	24
Referências.....	24
CAPÍTULO 3 – NÍVEL ÓTIMO ECONÔMICO DE TREONINA PARA POEDEIRAS LEVES.....	32
Resumo.....	32
Abstract.....	32
Introdução.....	33
Material e métodos.....	34
Resultados e discussão.....	38
Conclusões.....	41
Referências.....	41

MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS

RESUMO - Este estudo teve como objetivo determinar as exigências de Treonina digestível (Treo) para poedeiras de 32-47 semanas de idade. Duzentas e oitenta e oito galinhas Dekalb White foram distribuídas aleatoriamente em oito tratamentos (0,115; 0,230; 0,346; 0,461; 0,576; 0,673 e 0,748 %Treo), com seis repetições e seis aves por unidade experimental. As dietas foram formuladas de acordo com a técnica da diluição. Uma dieta à base de milho e farelo de soja foi formulada para conter 0,748% Treo, e outra dieta foi formulada isenta de proteína. Níveis de treonina nas dietas restantes foram obtidas através da diluição da primeira dieta com a dieta isenta de proteína. O oitavo tratamento foi utilizado para verificar se a resposta das aves era devido a limitação de Treo, obtido, a partir de suplementação sintética. O período total do experimento (16 semanas) foi subdividido em quatro períodos (28 dias). Os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo para verificar o efeito de período na resposta das aves. A massa de ovo (MO) e conversão alimentar por massa de ovos a diferentes níveis de ingestão de treonina foram estimados usando os modelos broken-line, polinomial quadrático (Q), quadrático + broken-line (Q+BL) e modelo de Reading. A ingestão ótima de treonina digestível para cada período estimado por Q+BL para massa de ovos foram: 635; 607; 637 e 617mg/ave/dia. E pelo modelo de Reading foram: 658; 638; 648 e 648mg/ave/dia, respectivamente para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período.

Palavras - chave: aminoácido, poedeiras, broken-line, Reading Model, polinomial quadrático

MODELS TO ESTIMATE THE THREONINE REQUIREMENTS FOR LAYING HENS

ABSTRACT- This study aimed to determine Threonine (Thr) requirements for laying hens from 32 to 47 weeks of ages. Two hundred eighty-eight Dekalb White laying hens were randomly distributed into eight treatments (0.115, 0.230, 0.346, 0.461, 0.576, 0.673 and 0.748% Thr) with six replicates and six hens per experimental unit. Diets were formulated according to the dilution technique. A diet based on corn and soybean meal was formulated to contain 0.748 % Thr, and another diet was formulated protein-free. Thr levels in the remaining diets were obtained by diluting the first diet with the protein-free diet. An eighth treatment was used to verify if bird response was due to Thr was limited in the diets obtained from synthetic supplementation. The total experimental period (16 weeks) was subdivided in 4 periods (28 days each). Data were analyzed with repeated measures in time to verify the effect of period in laying response. Egg mass (EM) and feed conversion ratio per egg mass (FCE) response to different dietary Thr levels were estimated using broken line, quadratic, quadratic+broken line models (Q+BL) and Reading Model. The optimal Thr digestible intake for each period estimated by Q+BL for egg mass were 635, 607, 637 and 617 mg/hen/day and for Reading Model were: 658, 638, 656 and 657 mg/hen/day, respectively for first, second, third and fourth period.

Keywords: amino acid, laying hens, broken-line, Reading Model, quadratic polynomial

LISTA DE FIGURAS

Páginas

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**FIGURA 1-** Fórmula estrutural da treonina.....3**CAPÍTULO 3 – NÍVEL ÓTIMO ECONÔMICO DE TREONINA PARA POEDEIRAS LEVES****FIGURA 1-** Massa de ovos e consumo de treonina segundo o modelo de *Reading* para cada idade.....47

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – RESPOSTAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS A INGESTÃO DE TREONINA DIGESTÍVEL

	Páginas
TABELA 1- Composição das dietas experimentais (g/kg).....	28
TABELA 2- Médias de consumo de ração (CR, g/dia), porcentagem de postura (PP, %), peso de ovos (PO, g/dia), massa de ovos (MO, g/dia), conversão alimentar por massa de ovos (CA, g/g) em função de diferentes níveis de treonina (Thr) na dieta nos quatros períodos experimentais (PER).....	29
TABELA 3- Efeito do consumo de treonina digestível sobre as variáveis de porcentagem de gema (PG) e de albúmen (PA).....	30
TABELA 4- Equações ajustadas para massa de ovo de acordo com o consumo de treonina para poedeiras nos períodos experimentais.....	31
TABELA 5- Equações ajustadas para conversão alimentar por massa de ovo de acordo com o consumo de treonina para poedeiras nos períodos experimentais.....	32

CAPÍTULO 3 – NÍVEL ÓTIMO ECONÔMICO DE TREONINA PARA POEDEIRAS LEVES

TABELA 1- Composição das dietas experimentais.....	43
TABELA 2- Níveis de Treonina obtidas pela técnica da diluição.....	44
TABELA 3- Ingestão de treonina (CTreo), massa de ovo (MO) e peso vivo (PC) em função dos níveis de treonina na dieta para cada idade.....	45
TABELA 4- Equações ajustadas pelo modelo de Reading em cada período.....	46
TABELA 5- Simulação da ingestão ótima econômica de treonina digestível utilizando diferentes relações custo benefício (k) fixando o preço do ovo.....	48

TABELA 6- Simulação da ingestão ótima econômica de treonina digestível utilizando diferentes relações custo benefício (k) fixando da treonina.....	49
---	----

CAPÍTULO 1- Considerações Gerais

Introdução

A produção de ovos no Brasil aumentou 8,2 % no primeiro trimestre de 2012 em relação ao primeiro trimestre de 2011. Segundo dados do IBGE (2012) este aumento é devido à automatização de muitas granjas, desenvolvimento de linhagens genéticas mais produtivas e de rações que atendam de forma precisa as necessidades nutricionais das poedeiras.

Em muitas formulações de rações para aves baseadas em proteína bruta, geralmente os aminoácidos ficam abaixo ou acima da exigência.

O excesso de aminoácidos são desaminados e os esqueletos carbônicos são utilizados no metabolismo de energia e o nitrogênio é excretado para o meio ambiente. Esse processo resulta em redirecionamento da energia para outras vias metabólicas, afetando o desempenho do animal. O nitrogênio que foi liberado no ambiente acarreta em poluição ambiental e desperdício do elemento. A falta de aminoácidos essenciais na dieta leva o organismo a buscá-los nas próprias proteínas corporais o aminoácido, por meio da degradação protéica (HRUBY, 1998).

Com o surgimento da produção de aminoácidos sintéticos, as dietas passaram a ser formuladas com menor nível de proteína bruta e suplementadas com aminoácidos mais adequados às necessidades das aves. Formular uma dieta com base no conceito de proteína ideal significa suprir aminoácidos essenciais de forma equilibrada, para a obtenção do ótimo desempenho dos animais. Como consequência, a retenção de proteína (ganho em relação ao consumo) é máxima e a excreção de nitrogênio é mínima (LECLERCQ, 1998).

A treonina é um aminoácido essencial para aves, sendo encontrado em altas concentrações no coração, nos músculos, no esqueleto e sistema nervoso central. Esse aminoácido é exigido para formação da proteína e manutenção do turnover protéico corporal, além de auxiliar na formação do colágeno e elastina e atuar na produção de anticorpos. Dietas à base de milho e soja geralmente são deficientes deste aminoácido, sendo necessária a suplementação na forma sintética (SÁ et al., 2007).

A treonina digestível é considerada o terceiro aminoácido limitante nas formulações de rações para poedeiras. O excesso ou a deficiência desse aminoácido pode comprometer o desempenho das aves. Entretanto, há poucas pesquisas sobre exigências de treonina para poedeiras (SCHMIDT et al., 2010).

As exigências nutricionais de aves podem ser determinadas pelos métodos dose-resposta e fatorial. O método dose-resposta determina as exigências com base na resposta dos animais alimentados com dietas contendo níveis crescentes do nutriente teste Sakomura e Rostagno (2007). O fatorial, estima as exigências nutricionais pelo cálculo das demandas por nutrientes para as principais funções metabólicas do animal, manutenção e crescimento ou produção. O método dose-resposta é aplicado em ensaios de alimentação, porém fatores como ambiente, clima e genética afetam a determinação das exigências, dificultando o estabelecimento dos níveis nutricionais, sendo necessário repetir as pesquisas em várias condições para melhor definição das exigências (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

O método fatorial leva em consideração as diferenças de peso, composição corporal, potencial de crescimento e produção das aves. Segundo Hurwitz e Bornstein (1978), este é o método mais adequado para estabelecer as exigências nutricionais para aves, sendo a base para a elaboração de modelos matemáticos que têm como objetivo prever as exigências das aves mantidas em diferentes condições. O modelo de Reading é considerado um fatorial, pois contempla a exigência para a produção de ovo e para peso corporal (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Poucas pesquisas têm sido conduzidas com exigências de treonina digestível para poedeiras por idades. A utilização de treonina nas formulações de rações, já é uma tendência na avicultura, por traduzir de forma mais eficiente e a baixo custo a deposição de proteína; além do que as exigências estabelecidas não contemplam o fator econômico como o utilizado no modelo de Reading, sendo uma ferramenta importante para verificar a viabilidade econômica do uso de aminoácidos na ração.

O objetivo desse estudo foi estimar as exigências de treonina digestível para poedeiras com base nos métodos dose-resposta e fatorial e estimar

parâmetros de para produção de ovos e peso corporal segundo o modelo de Reading.

Revisão de literatura

Os aminoácidos são essenciais para as atividades fisiológicas dos animais e são constituintes de moléculas biológicas com funções definidas no organismo, como neurotransmissores e as bases purinas e pirimidinas (fazem parte da formação do DNA e RNA)(LENNINGHER, 1996).

Os animais não são auto-suficientes na síntese de todos os aminoácidos e conforme descrito por Andrigueto et al. (2003), a lisina, metionina, triptofano, treonina, arginina, histidina, leucina e isoleucina não são sintetizados no organismo animal, devendo ser oferecidos via alimentação.

Treonina

A treonina é um dos aminoácidos de menor peso molecular, contém 11,76% de N, dois átomos de carbono assimétricos e uma cadeia lateral polar neutra (sem carga líquida) (Figura 1). Como possui um grupo hidroxila capaz de formar ligações com a água, tem característica hidrofílica. Portanto, geralmente a treonina é encontrada na superfície da molécula protéica (MARZZOCO; TORRES, 1999).

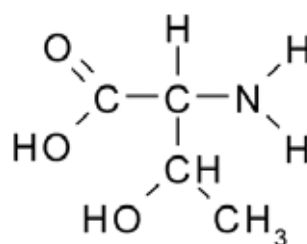


Figura 1- Fórmula estrutural da treonina

Os dois átomos de carbono são assimétricos, por isso, existem quatro estéreo-isômeros ópticos possíveis: L e D treonina e L e D alotreonina(DE BLAS; GARCIA; CARABÃNO, 2000).

Na natureza somente é encontrado o isômero L- treonina, as formas D não tem atividade metabólica em animais domésticos, pois os animais não

dispõem de uma isomerase capaz de transformar D em L-treonina Santomá (1991). A DL-treonina, segundo Kidd e Kerr (1996), pode fornecer apenas 25% da treonina que o animal irá aproveitar, assim a L-treonina apresenta um melhor valor biológico.

A treonina industrial é produzida através de fermentação microbiana, onde os microrganismos especializados utilizam os açúcares dos ingredientes como beterraba, cana de açúcar e amidos hidrolisados de cereais como substrato sintetizando o isômero L-treonina (SANTOMÁ, 1991).

Nas dietas para aves a treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante, tendo grande importância para manutenção, por participar em altas concentrações na constituição da proteína endógena (provenientes do próprio animal: como saliva, descamação de células do trato digestório e secreções enzimáticas) em relação a outros aminoácidos essenciais (MOUGHAN; FULLER 2003).

A treonina representa aproximadamente 4,9% da proteína das penas e 4,2% da proteína da carcaça em frangos Stilborn et al. (1997). Encontra-se treonina também no epitélio gastrintestinal (células da mucosa, muco e enzimas digestivas) e algumas imunoproteínas são particularmente ricas em treonina (WU, 1998).

A treonina além de ser importante para os aspectos acima referidos, está envolvida na resposta imune, fazendo parte das moléculas de determinadas globulinas do sistema imunitário (imunoglobulinas) e necessária na produção gastrintestinal de mucina Ojano-Dirain e Waldroup (2002) atuando diretamente na integridade e no desenvolvimento do intestino (STOLL et al., 1998; BURRIN et al., 2000).

As recomendações de treonina para poedeiras antes de 1974 eram de 440 mg/ave/dia segundo Moran, Summers e Pepper (1967) e após alguns anos Hurwitz e Bornstein (1973) encontraram uma exigência de 500 mg/ave/dia. Essa diferença está relacionada à pressão genética nos plantéis.

Huyghebaert e Butler (1991) observaram perda de peso das aves nas rações com baixas concentrações de treonina (inferiores a 0,40%). Além disso, as poedeiras recebendo rações contendo 0,51 e 0,37% de treonina apresentaram, respectivamente, taxa de postura de 87 e 71%, peso dos ovos

de 60 e 55 g, massa de ovo de 53 e 39 g/dia. Neste aspecto, o peso dos ovos foi mais sensível aos níveis de treonina que a taxa de postura, para poedeiras consumindo rações ligeiramente deficientes em aminoácidos.

Yamazaki et al. (1997) demonstraram que 0,31;0,45 e 0,40% ou 384, 524, e 467 mg de treonina/ave/ dia foram necessários para otimizar a massa de ovo, eficiência alimentar, e concentração de treonina no plasma, respectivamente, durante 32 a 42 semanas de idade.

Ishibashi et al. (1998) determinaram exigência de treonina de 455 mg/ave/dia para máxima produção de massa de ovos em poedeiras comerciais de 29 a 39 semanas de idade. Em pesquisa com poedeiras semipesadas, Valerio et al. (2000) sugeriram 0,44% de treonina digestível. Rostagno et al. (2005) preconizaram valores superiores a 0,54% para massa de ovos de 55 g/ave/dia.

Os estudos apresentados, com exceção aos dados de Rostagno et al.(2011), datam mais de 10 anos que os padrões nutricionais para treonina foram estabelecidos. A atualização desses padrões é necessária devido à pressão genética estar em constante evolução. Adicionalmente, métodos que considerem diferenças de potencial genético, ambiente, condição de produção devem ser adotados para estabelecer padrões nutricionais de forma mais precisa.

Métodos para prever as exigências nutricionais das aves

Segundo Sakomura e Rostagno (2007)os métodos de pesquisa para determinar as exigências ou o perfil ideal de aminoácidos compreendem principalmente, o dose-resposta e o fatorial. O método dose-resposta determina os níveis nutricionais com base na resposta do desempenho animal em função dos níveis crescentes dos nutrientes na dieta. Porém, os níveis nutricionais dos aminoácidos podem variar com a genética, idade, sexo, temperatura.

No método dose-resposta, quando um nutriente limitante é adicionado na ração, mantendo níveis adequados dos demais nutrientes, terá como efeito uma melhora na resposta do animal até que sua exigência seja atendida Euclides e Rostagno (2001). A partir daí, ocorre estabilização no

crescimento e, em seguida, dependendo do nutriente que está sendo adicionado, pode ocorrer uma redução no crescimento. O fenômeno resultante do acréscimo de um nutriente na ração, partindo de níveis baixos até níveis elevados, pode ser descrito em quatro fases: **i. Inicial** - fase em que o acréscimo do nutriente garante apenas a sobrevivência do animal, pois os níveis são insuficientes para permitir o crescimento; **ii. Resposta** - fase na qual os animais começam a apresentar crescimento, melhor eficiência alimentar, entre outras vantagens, até um nível em que se estabiliza o desempenho; **iii. Estável** - fase em que os níveis do nutriente não promovem resposta ao desempenho; **iv. Tóxica** - fase em que o nível elevado do nutriente pode causar redução no desempenho em consequência de efeitos colaterais (REZENDE et al. 2007).

Para que os níveis ótimos dos nutrientes da ração sejam determinados, os experimentos devem ser conduzidos até as fases Resposta e Estável. No caso do experimento iniciar no decorrer da fase Estável, poderá se inferir que o nutriente em estudo não é essencial ou está acima da exigência. Caso os níveis estudados se situem na fase Tóxica, o resultado mostrará efeito nocivo aos animais Rezende et al. (2007). Apesar do método dose-resposta ser considerado prático e de fácil execução, existe a desvantagem de que ele pode ser comparado somente em condições idênticas aquelas, que as exigências foram estabelecidas (OVIEDO-RONDÓN ; WALDROUP, 2002).

O método fatorial de acordo com Santomá (1991) consiste em determinar a necessidade dos nutrientes considerando a somatória das várias funções a que se destinam. Este método constitui a base para estimar as necessidades nutricionais através de modelos e pode ser expresso da seguinte forma:

$$Nc = (Nd1/e1).P.b$$

Em que:

Nc = consumo do nutriente

Nd1 = nutriente depositado

e1 = eficiência com que o nutriente é depositado

b = necessidade para manutenção por unidade de peso vivo

P = peso vivo.

As exigências de manutenção e produção são estimadas para cada nutriente e seus precursores, considerando a eficiência com que cada nutriente é utilizado para cada função metabólica Van Milgen e Noblet (2003). Dessa forma, esse método considera o estado metabólico do animal e aspectos biológicos da utilização dos nutrientes.

Modelos de predição das exigências de aminoácidos das aves elaborados com base no método fatorial são bastante escassos na literatura. Segundo Sakomura e Rostagno (2007), este método fraciona a exigência total em manutenção, crescimento e produção, sendo expresso por:

$$Caa = AAm + AAc$$

Onde:

Caa é o consumo do aminoácido (exigência),

AAm é a exigência de aminoácido para a manutenção,

AAc é a demanda de aminoácido para retenção de proteína corporal

O AAm é dependente do peso, da composição corporal e da temperatura ambiente; AAc depende do potencial genético para deposição de proteína corporal, e o Caa sofrem influências ambientais e genéticas.

O Modelo de Reading descrito por Fisher, Morris e Jennings (1973), baseia-se em equação fatorial e no princípio de que a resposta de uma população é descrita por uma média de várias respostas de aves individuais. Considerando-se que as respostas máximas são diferentes entre os indivíduos, a curva resposta da população baseia-se nos desvios padrão da produção Sakomura e Rostagno (2007). A curva resposta da população é ajustada baseada em equações propostas por Curnow(1973). Conforme este autor, a curva de resposta resultante da população é definida por sete parâmetros: produção máxima média g/dia (**MOmax**); variância na produção máxima (**σ^2 MOmax**); peso corporal médio kg (**PC**); variância de peso corporal (**σ^2 PC**), correlação entre a produção e o peso corporal (**rMOPC**) e duas constantes uma representa a quantidade de aminoácidos necessários por unidade de produção (**a- mg/g MO**) e a outra é por unidade de peso corporal (**b-mg/kgPC**).

A ingestão ótima de aminoácido para o lucro máximo é calculada pela seguinte equação:

$$A_{opt} \frac{mg}{dia} = a.MO_{max} + b.PC + x \sqrt{a^2.\sigma^2MO_{max} + b^2.\sigma^2PC + 2abr_{MOPC}.\sigma MO_{max}.\sigma PC}$$

Onde: x = desvio padrão da distribuição normal da média, que é excedido com uma probabilidade **a.k** de uma extremidade; k é a relação custo benefício de um **mg** de aminoácido consumido pelo valor de um grama de ovo ou carne produzido.

O Modelo de Reading tem a vantagem de que a curva-resposta leva em consideração a variabilidade entre os animais, além disso, contempla um fator econômico, que traz uma relação entre o preço do aminoácido e o custo de 1 g de ovo Morris(1983).A principal desvantagem, de acordo com Sakomura e Rostagno (2007)é que este modelo assume que a produção individual dos animais é normalmente distribuída em torno da média e isso requer uma estimativa da média de peso corporal dos animais. Sendo possível em ensaios de curta duração, já por um longo período ocorre variação do peso e produção, assim essas variáveis não são normalmente distribuídas ao redor da média.

Diversos autores Hurwitz et al. (1980);Santomá(1991);Sakomura(2005), relataram que o método fatorial, permite estimativas mais precisas, por considerar nos modelos matemáticos, parâmetros que ponderam a retenção e a eficiência de deposição do aminoácido, além do peso corporal e da produção.

Segundo Baldwin e Sainz (1995)fenômenos biológicos como crescimento, produção de ovos, incubação, digestão e absorção de nutrientes podem ser descritos por modelos matemáticos por meio de equações. Com a modelagem do crescimento e/ou produção, os nutricionistas podem predizer de maneira dinâmica as exigências de aminoácidos, proteína e energia, de acordo com a taxa de crescimento ou de produção de ovos das aves no momento da formulação (HRUBY, HAMRE; COON, 1994).

Exigências de treonina para poedeiras devem ser estudadas, por ser um aminoácido industrial atualmente com grande disponibilidade e com preços acessíveis, permitindo que os nutricionistas formulem rações com menores níveis de proteína e como consequência a diminuição do custo. A redução protéica na ração é possível com exigências mais precisas para cada fase de produção da poedeira Fraiha (2002). A treonina também é importante ser

estudada, pois sua deficiência diminui a eficiência de utilização de aminoácidos sulfurados e da lisina (KIDD, 2000).

Sendo assim, a proposta do experimento foi estudar a exigência de um dos principais aminoácidos limitantes, no caso a treonina, com base no método dose-resposta e fatorial e, estimar parâmetros com base no modelo de Reading.

Referências bibliográficas

ANDRIGUETO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; FLEMMING, J. S.; GEMAEL, A.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal**. São Paulo. Nobel, 396p. 2003.

BALDWIN, R. L.; SAINZ, R. D. Energy Partitioning and Modeling in Animal Nutrition. **Annual Review of Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 191-211, 1995.

BURRIN, D. G.; STOLL, B.; JIANG, R.; CHANG, X.; HARTMANN, B.; HOLST, J. J.; GREELEY, G. H.; REEDS, P. J. Minimal enteral nutrient requirements for intestinal growth in neonatal piglets: How much is enough? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, n. 6, p. 1603-1610, 2000.

CURNOW, R. N. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. **Biometrics**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 1973.

DE BLAS, C.; GARCÍA, A.I.; CARABAÑO, Y.R. Necesidades de treonina en animales monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA: AVANCES EN NUTRICION Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 16., 2000, Barcelona. Madrid: Fedna, 2000. Disponível em: <<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/00CAP1.pdf>>. Acesso em: 21 maio, 2012.

EUCLYDES, R. F.; ROSTAGNO, H. S. Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. Nutrição de Aves e Suínos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, Foz do Iguaçu, PR, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: Ajinomoto 2001. p.77-88.

FISHER, C.; MORRIS, T. R.; JENNINGS, R. C. A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. **British Poultry Science**, v. 14, n. 5, p. 469 - 484, 1973.

FRAIHA, M. Atualização em nutrição protéica para frangos de corte. Publicações Ajinomoto Biolatina, São Paulo, p. 1-12. <http://www.ajinomoto.com.br>, 2002.

HRUBY, M. **The amino acid maintenance and growth requirements of male broilers**. 1998. Tese (Doutorado) -University of Minnesota, Minnesota, 1998.

HRUBY, M.; HAMRE, M. L.; COON, C. N. Growth modelling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 3, n. 4, p. 403-415, 1994.

HURWITZ, S.; BORNSTEIN, S. The protein and amino acid requirements of laying hens: Suggested models for calculation. **Poultry Science**, v. 52, n. 3, p. 1124-1134, 1973

HURWITZ, S.; BORNSTEIN, S. The Protein and Amino Acid Requirements of Laying Hens: Experimental Evaluation of Models of Calculation II. Valine Requirement and Layer-Starter Diets. **Poultry Science**, v. 57, n. 3, p. 711-718, 1978.

HUYGHEBAERT, G.; BUTLER, E. A. Optimum threonine requirement of laying hens. **British Poultry Science**, v. 32, n. 3, p. 575-582, 1991

IBGE. Referência obtida na Internet. <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15/09/ 2012.

ISHIBASHI, T.; OGAWA, Y.; ITOH, T.; FUJIMURA, S.; KOIDE, K.; WATANABE, R. Threonine requirements of laying hens. **Poultry Science**, v. 77, n. 7, p. 998-1002, 1998.

KIDD, M. T. Nutritional considerations concerning threonine in broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 56, n. 02, p. 139-151, 2000.

KIDD, M. T.; KERR, B. J. L-threonine for poultry: A review. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 5, n. 4, p. 358-367, 1996.

LECLERCQ, B. Lysine: Specific effects of lysine on broiler production: Comparison with threonine and valine. **Poultry Science**, v. 77, n. 1, p. 118-123, 1998.

LENNINGHER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1304p. 1996.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 360p.1999.

MORAN, E. T.; SUMMERS, J. D.; PEPPER, W. F. Effect of non-protein nitrogen supplementation of low protein rations on laying hen performance with a note on essential amino acid requirements. **Poultry Science**, v. 46, n. 5, p. 1134-1144, 1967.

MORRIS, T. R. The interpretation of response data from animal feeding trials. In: HARESIGN, W. Recent advances in animal nutrition, p. 13-23., 1983, Londres: Butterworths. **Anais...**Londres: Butterworths, 1983.

MOUGHAN, P. J.; FULLER, M. F. Modelling Amino Acid Metabolism and the Estimation of Amino Acid Requirements. In: D'Mello, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2003, p. 411- 426.

OJANO-DIRAIN, C. P.; WALDROUP, P. W. Evaluation of lysine, methionine and threonine needs of broilers three to six week of age under moderate temperature stress. **International Journal of Poultry Science** v. 1, p. 17-21, 2002.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. A. ; WALDROUP, P. W. Models to estimate amino acid requirements for broiler chickens: A review. **International Journal of Poultry Science** v. 1, n. 5, p. 106-113, 2002.

REZENDE, D. M. L. C.; MUNIZ, J. A.; FERREIRA, D. F.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H. Ajuste de modelos de platô de resposta para a exigência de zinco em frangos de corte. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 468-478, 2007.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, L. S. T.

Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, 186p. 2005.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, L. S. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 252p.2011.

SÁ, L. M.; GOMES, P. C.; CECON, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; D'AGOSTINI, P. Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1846-1853, 2007.

SAKOMURA, N. K.; BENATTI, M. R. B.; BASAGLIA, R.; FERNANDES, J. B. K.; NEME, R.; LONGO, F. A. Avaliação de equações de predição de exigências protéicas na alimentação de frangas de postura. **Ars Veterinária**, v. 21, n. 1, p. 7-14, 2005.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 283p.2007.

SANTOMÁ, G. Necesidades proteicas de las gallinas ponedoras. In: BEORLEGUE, C., MATEOS, G. G. Nutricion y alimentación de gallinas ponedoras. **Anais...Madri: Mundi-Prensa**, 1991. p.71-114.

SCHMIDT, M.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F.; NUNES, R. V.; CUPERTINO, E. S. Exigências nutricionais de treonina digestível para poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1099-1104, 2010.

SIQUEIRA, J. C. **Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial.** 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) -Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Faculdade de Fiências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

STILBORN, H. L.; MORAN, E. T.; GOUS, R. M.; HARRISON, M. D. Effect of age on feather amino acid content in two broiler strain crosses and sexes. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 6, n. 2, p. 205-209, 1997.

STOLL, B.; HENRY, J.; REEDS, P. J.; YU, H.; JAHOOR, F.; BURRIN, D. G. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 3, p. 606-614, 1998.

VALERIO, S. R.; SOARES, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. D. A. E.; ALBINO, L. F. T.; LANA, G. R. Q.; GOULART, C. D. C.; KILL, J. L. Determinação da exigência nutricional de treonina para poedeiras leves e semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 518-524, 2000.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14 suppl 2, p. E86-E93, 2003.

YAMAZAKI, M.; OHGUCHI, H.; MURAKAMI, H.; TAKEMASA, M.; ANDO, M. Available Threonine Requirement of Laying Hens. **Japanese Poultry Science**, v. 34, n. 1, p. 52-57, 1997.

WU, G. Intestinal mucosal amino acid catabolism. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 8, p. 1249-1252, 1998.

1 Este capítulo está de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária
2 Brasileira

3 **CAPÍTULO 2 – Respostas de poedeiras comerciais a ingestão de treonina**
4 **digestível**

5
6 Resumo – Objetivou-se estimar a ingestão de treonina digestível para otimizar as
7 respostas de poedeiras comerciais. O experimento foi inteiramente ao acaso com oito
8 tratamentos, seis repetições com seis aves. Foram utilizadas 288 aves Dekalb White,
9 durante quatro períodos experimentais de 28 dias cada sendo de 32-35 (I), 36-39 (II),
10 40-43 (III) e 44-47 (IV) semanas de idade. Os níveis de treonina digestível (Thr)
11 foram: 1,15; 2,3; 3,46; 4,61; 5,76; 6,73 e 7,48 g de treonina por kg de ração. O oitavo
12 tratamento foi uma contraprova para confirmar se as respostas das aves foram em
13 função da Thr. Consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar foram
14 analisadas como medidas repetidas no tempo (MRT), considerando dessa forma o efeito
15 do período. A ingestão para otimizar as respostas foi estimada por meio da associação
16 dos modelos *broken-line* e polinomial quadrático. A análise de MRT revelou que as
17 respostas das aves dependeram do nível de Thr e período experimental. Desse modo, as
18 respostas das aves para ingestão de Thr foram estimadas para cada período
19 experimental. A ingestão de Thr foi estimada em 635; 607; 637 e 617 mg/ave/dia, com
20 base na massa de ovos para 32-35; 36-39; 40-43 e 44-47 semanas de idade.

21 Termos para indexação: aminoácidos, aves de postura, *broken-line*, polinomial
22 quadrático

23 Abstract – The objective was to estimate the digestible threonine intake to optimize the
24 responses of commercial laying hens. The experiment was completely randomized
25 design with eight treatments, six replicates composed of six birds. A total of 288 Dekalb
26 White birds during four experimental periods of 28 days each being 32-35(I), 36-
27 39(II), 40-43(III) and 44-47(IV) weeks of age. The threonine levels (Thr) were, 1.15, 2.3,
28 3.46, 4.61, 5.76, 6.73 and 7.48g/ kg threonine per kg. The eighth treatment consisted of
29 a control diet to confirm that the responses of the birds were a function of Thr. The feed
30 intake, egg mass and feed conversion were analyzed as repeated measures in
31 time (MRT), and considering interaction effect of age. The Thr intake to optimize the
32 responses was estimated by associating the *broken-line* and quadratic polynomial
33 models. The results confirmed that the eighth treatment responses were due to the
34 limitation of Thr in protein diets profile. MRT analysis showed that the responses of
35 birds depended on the level of Thr and age of birds. Thus, Thr intake to optimize the
36 response was estimated for each age. Through the association of the *broken-line* and
37 quadratic polynomial, Thr intake to optimize responses in each experimental period was
38 estimated at 635, 607, 637 and 617 mg/bird / day, based on egg mass for 32-35; 36-39; 40-
39 43 and 44-47 weeks of age.

40

41 Index terms: amino acid, laying hens, *broken-line*, quadratic polynomial

42

43

Introdução

44 As linhagens de postura modernas possuem grande capacidade de deposição de
45 proteína no ovo, por esse motivo é necessário o adequado fornecimento de nutrientes,
46 principalmente aminoácidos para a síntese e deposição de proteína no ovo.

47 Utilizando a composição e níveis nutricionais de Rostagno et al. (2011), para uma
48 condição de 105 g/dia de consumo de ração e ingestão de 525 mg/ave/dia de Thr, uma
49 ração formulada com milho (7,8% PB) e farelo de soja (45% PB) atende a exigência de
50 Thr. No entanto, para uma ingestão menor que 600 mg/dia, a mesma composição não
51 atende a exigência e a Thr passa ser o segundo limitante no perfil da proteína, seguido
52 da metionina+cistina. Portanto, a ordem de limitação da treonina na dieta para poedeiras
53 depende do nível de Thr e dos ingredientes utilizados na formulação.

54 Algumas recomendações de nível ótimo de Thr são encontradas na literatura. Com
55 base no modelo polinomial quadrático, Sá et al. (2007) estimaram que ingestão de 573
56 mg/ave/dia de Thr para aves Lohmann maximizava a produção em 53,6 g/dia de massa
57 de ovos. Utilizando o modelo *broken-line*, Bregendahl et al. (2008) observaram que
58 aves Hy-Line W-36 responderam linearmente na massa de ovos até a ingestão de 414
59 mg/ave/dia, onde expressaram a máxima massa de ovos de 49,8 g/dia.

60 Atualmente, a máxima resposta de massa de ovos de algumas linhagens de
61 postura leve pode ultrapassar a produção de 60 g/dia, desde que os níveis nutricionais e
62 condições ambientais não sejam limitantes. Desta forma, a constante atualização das
63 exigências aminoacídicas é importante para redefinir o perfil de aminoácidos da
64 proteína dietética, e atender as necessidades das aves para otimizar o desempenho
65 produtivo e, conseqüentemente a rentabilidade da atividade. Nesse sentido, objetivou-se
66 com esta pesquisa estimar a resposta das aves a diferentes ingestões de Thr em
67 diferentes períodos e dessa forma determinar a ingestão que permite otimizar as
68 respostas de poedeiras comerciais.

69

70

Material e métodos

71 O experimento foi realizado na Universidade Estadual Paulista, no Laboratório de
72 Ciências Avícolas do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e
73 Veterinárias, Campus de Jaboticabal.

74 As aves foram criadas até as 29 semanas recebendo ração formulada para atender
75 as exigências nutricionais conforme recomendações de Rostagno et al. (2011). Estas
76 aves foram alojadas em galpão convencional de postura, medindo de 3 m de largura e 2
77 m de pé direito, compostos internamente por gaiolas de arame galvanizado com quatro
78 compartimentos de 25x40x40 cm, dispostas lateralmente em dois andares, distantes 0,80
79 cm do piso, com comedouro galvanizado percorrendo toda extensão frontal das gaiolas
80 acopladas com bebedouros tipo *nipple*. Foram utilizados apenas três compartimentos,
81 sendo que cada compartimento abrigava duas aves. O manejo das aves e o programa de
82 luz foram realizados conforme as recomendações do manual da linhagem.

83 Foram utilizadas 288 poedeiras Dekalb White com 32 semanas de idade
84 distribuídas em 48 unidades experimentais, com base no peso corporal ($1423 \pm 29,10$ g) e
85 produção de ovos. Durante 15 dias foram controladas a produção de ovos das unidades
86 experimentais para posterior distribuição dos tratamentos. O delineamento experimental
87 foi inteiramente ao acaso, com oito tratamentos, seis repetições, composta por seis aves.
88 Os tratamentos consistiram de sete níveis de treonina digestível (**N1**=1,15; **N2**=2,3;
89 **N3**=3,46; **N4**=4,61; **N5**=5,76; **N6**=6,73 e **N7**=7,48 g/kg de treonina por kg de ração)
90 mais um nível controle (**N8**). Esse tratamento foi utilizado para confirmar se as
91 respostas experimentais foram em função da treonina, sendo obtido por meio da
92 suplementação de 1,18 g de L-Treonina/kg na dieta mais deficiente (1,15 g/kg),
93 (**N8**=1,18 g L-Treonina/kg de **N1**). Esse controle foi utilizado para avaliar se a resposta
94 das aves é devido à limitação da Thr e não aos demais nutrientes da dieta.

95 Foi utilizada a técnica da diluição (Fisher e Morris, 1970) para obter os níveis de
96 Thr. Esta técnica consiste na diluição sequencial de uma dieta com alto teor de proteína,
97 mas com deficiência relativa do aminoácido teste e excesso dos demais. Para obtenção
98 dos níveis intermediários, esta ração foi diluída com uma ração isenta de proteína, mas
99 com os mesmos níveis nutricionais e energéticos da ração com alto teor de proteína.

100 Foi formulada uma dieta concentrada (N7), com deficiência relativa em Thr,
101 contendo níveis de energia metabolizável, minerais e vitaminas conforme
102 recomendações de Rostagno et al.(2011), apresentada na Tabela 1. Os níveis de
103 aminoácidos do N7 foram obtidos utilizando as exigências aminoacídicas referenciada
104 por Rostagno et al. (2011), multiplicada por 1.5, exceto para Thr que utilizou-se 1.3.
105 Isso conferiu ao perfil da proteína uma deficiência relativa de 20% na Thr, promovendo
106 uma resposta na produção de ovos atribuída a deficiência da Thr. Foi formulada uma
107 dieta isenta de proteína (N0) com os mesmos níveis de energia metabolizável, vitaminas
108 e minerais (Tabela 1). Em seguida o N7 foi diluído com o N0, possibilitando a obtenção
109 de níveis crescentes de Thr digestível, do nível N1 ao N7, conforme a Tabela1.

110 O ensaio consistiu de quatro períodos experimentais de 28 dias cada, sendo de 32-
111 35 (I), 36-39 (II), 40-43 (III) e 44-47 (IV) semanas de idade. As variáveis coletadas
112 foram: produção de ovos (avaliada diariamente); consumo de ração e peso dos ovos
113 coletados semanalmente, percentagens de gema e albúmen dos ovos avaliadas
114 quinzenalmente.

115 As variáveis analisadas foram consumo de ração (CR, g/dia), massa de ovos (MO,
116 g/dia), conversão alimentar (CA, g ração/g massa de ovos). As variáveis coletadas sobre
117 as mesmas aves foram agrupadas por período (I, II, III e IV) e analisadas como medidas
118 repetidas no tempo (MRT), considerando, no modelo estatístico, a repetição dentro do
119 nível de Thr como fator de efeito aleatório. Os níveis de Thr, período (tempo) e

120 interação tratamento x tempo como fatores de efeitos fixos. A esfericidade da matriz de
121 covariância foi testada e quando rejeitada a hipótese de esfericidade, modelou a
122 estrutura da matriz de covariância de tempo (Σ) de melhor ajuste aos dados
123 experimentais.

124 As respostas de CR, MO, CA foram submetidas a análises de regressão ajustando-
125 se os modelos *broken-line* e polinomial quadrático em função do consumo de Thr. O
126 nível ótimo de Thr estimado com base no modelo *broken-line* (BL) foi obtido pela
127 intersecção da reta com o platô. Para o modelo polinomial quadrático (PQ) o nível
128 ótimo foi obtido igualando-se a primeira derivada da equação a zero (Sakomura e
129 Rostagno, 2007). A ingestão para otimizar a respostas das aves foi obtida por meio da
130 associação dos modelos BL e PQ, que corresponde ao primeiro intercepto da equação
131 PQ com o platô do BL. As análises estatísticas foram realizadas com sete tratamentos,
132 seis repetições e analisadas por medidas repetidas utilizando o procedimento Proc
133 Mixed do SAS 9.2 (SAS, 2008). A normalidade dos erros e quando aplicável, a
134 homocedasticidade de variância foram testadas. As hipóteses foram testadas ao nível de
135 5% de significância para rejeição de H₀.

136 **Resultados e discussão**

137 Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de consumo de ração, percentagem
138 de postura, peso de ovos, massa de ovos e conversão alimentar (por massa de ovos),
139 referentes às idades de 32-35; 36-39; 40-43; 44-47 semanas.

140 Apesar do CR ser *ad libitum*, as aves alimentadas com dietas com os menores
141 níveis de treonina, não alcançaram o consumo esperado. A redução no CR nos níveis
142 1,15; 2,30 e 3,46 g/kg foram de 64, 44 e 29% em relação ao máximo CR obtido no N4.
143 Isto evidência o efeito da deficiência sobre o consumo de ração. Resultado semelhante

144 foi encontrado por Huyghebaert e Butler (1991), que verificaram redução de 39% na
145 ingestão de ração de aves alimentadas com 1,9 g de Thr / kg de ração.

146 Conforme Bowmaker e Gous (1991) o CR é limitado pela densidade da ração e
147 pela necessidade do animal permanecer em equilíbrio térmico. Estes autores salientam
148 que a mudança na relação energia:proteína das dietas proporciona uma ingestão de
149 energia superior ao necessário para manter a produção de ovos nos níveis mais baixos
150 de Thr (1,15; 2,30 e 3,46 g/kg). Portanto, a redução do consumo verificado nestes
151 mesmos níveis pode ser explicado pelo trabalho de Bowmaker e Gous (1991) que
152 considera uma forma da poedeira evitar um desequilíbrio energético caso ave continue
153 consumindo dietas com baixa concentração de aminoácidos.

154 Para massa de ovos, houve efeito do nível de Thr ($P < 0,05$), assim como a
155 interação entre níveis de Thr e período. A resposta para período, provavelmente ocorreu
156 devido ao efeito de maior deposição de nutrientes no ovo em função do avanço na idade
157 da ave com consequente aumento no peso do ovo. Roberts (2004) afirma que o peso do
158 ovo e a porcentagem de gema aumentam com a idade das aves, enquanto que a casca e o
159 albúmen diminuem.

160 O aumento da massa de ovos com o aumento da ingestão de Thr influencia na
161 produção de ovos e peso dos ovos. Essas duas variáveis estão relacionadas com a massa
162 de ovo, por serem diretamente proporcionais, ou seja, quando ocorre aumento no peso e
163 produção de ovos, ocorre também aumento na massa de ovos. Morris e Gous (1988) e
164 Huyghebaert e Butler (1991) corroboram que pequenos aumentos na ingestão de
165 proteínas ou de aminoácidos refletem em respostas na produção e peso de ovos, mesmo
166 na região próxima da “exigência”, que foi observado no presente trabalho.

167 As respostas para CR e MO se refletem na CA. A resposta de massa de ovo no
168 nível N1 reduziu 94% em relação a máxima massa de ovo, essa redução foi maior do

169 que a redução verificada no CR. Isso justifica o aumento da CA dos níveis mais
170 deficientes. Portanto, os níveis utilizados recobriram a curva resposta das aves,
171 incluindo fase de manutenção, resposta e estabilidade e os resultados obtidos nesta
172 pesquisa permitem descrever toda resposta de uma ave a ingestão de Thr.

173 O peso corporal das aves no final do ensaio do nível 1,15 kg foi de 1,13kg. Com
174 base na exigência de manutenção de proteína de Basaglia et al. 1998: $2,4 \text{ g/PC}_{\text{kg}}^{0,75}$, a
175 ingestão de proteína para atender a manutenção seria de 2,6 g/dia. Para isso as aves do N1
176 deveriam consumir 66 g de ração, que não aconteceu por razões comentadas,
177 anteriormente. Desta forma, o peso corporal das aves no nível N1 reduziu 350 g, essa
178 mobilização mostra a viabilidade das aves para manter o atendimento de proteína para o
179 metabolismo basal. Em adição, estas aves produziram em média um ovo de 47 g a cada
180 28 dias, isto reforça a justificativa que aves de postura priorizam de alguma forma a
181 reprodução, mesmo em níveis abaixo de ingestão de proteína. Este efeito somado à
182 diluição da proteína dietética dos níveis N1, N2 e N3 justificam a alta conversão
183 alimentar verificado no presente trabalho.

184 Na técnica de diluição é possível obter níveis mais amplos na deficiência e
185 excesso do aminoácido teste quando comparados com a técnica de suplementação, e a
186 amplitude dos níveis estudados permitem verificar as respostas em toda a área da curva
187 de respostas das aves. Os níveis de Thr adotados para formulação das dietas
188 experimentais abrangeram a máxima produção, e até níveis em que a produção foi nula.
189 Isso permitiu encontrar respostas próximas da manutenção. Por serem níveis com uma
190 grande amplitude, isso afetou os valores de conversão alimentar por massa de ovos. As
191 aves que consumiram o nível de 1,15g/kg de Thr apresentaram uma conversão alimentar
192 elevada, que retrata o limite de resposta fisiológico da ave, portanto, dificilmente será
193 encontrada em condições de campo com aves saudáveis.

194 Na Tabela 3 estão apresentadas as médias da percentagem de albúmen e gema. O
195 albúmen sofreu diminuição com os níveis crescentes de Thr, enquanto a percentagem de
196 gema não apresentou diferença significativa para os diferentes níveis de treonina. Novak
197 et al. (2004) afirmam que a suplementação de aminoácidos pode mudar a proporção dos
198 componentes do ovo, assim a percentagem de albúmen pode apresentar quantidade de
199 componentes não protéicos, como água e minerais. O que pode explicar a maior
200 percentagem de albúmen para o menor nível de treonina, já que durante o período
201 experimental era possível observar a porção de albúmen mais liquefeita.

202 Novak et al. (2004) afirmam que síntese de proteína e lipídios da gema concorre
203 diretamente com síntese de proteína para penas e corpo, por ser o fígado o órgão
204 responsável por ambos. Assim alterações na concentração de aminoácidos na dieta,
205 poderão não ter uma resposta evidente na percentagem de gema, já que esta apresenta
206 menor grau de importância na produção protéica do fígado.

207 **Estimando o nível ideal de treonina para poedeiras**

208 A massa de ovos e conversão alimentar foram escolhidas para desdobrar a
209 interação entre níveis e tempo, uma vez que se comportaram de forma diferente com o
210 avançar da idade. Dessa forma, para estas variáveis foram ajustados modelos que
211 tiveram o consumo de Thr como variável independente, e as variáveis dependentes a
212 massa de ovos e conversão alimentar. Para cada período os modelos *broken-line*,
213 polinomial quadrático e associação do *broken-line*+ polinomial quadrático foram
214 ajustados.

215 Na Tabela 4 encontram-se os níveis ótimos de Thr estimados para diferentes
216 períodos utilizando diferentes modelos. Os níveis ótimos encontrados para massa de
217 ovos pelo modelo *broken-line*+ polinomial quadrático foram de 635, 608, 637 e 617

218 mg/ave/dia de acordo com o primeiro, segundo, terceiro e quarto período
219 respectivamente.

220 Alguns autores concordam que a escolha de uma curva realista deve representar a
221 amplitude de respostas das aves (Siqueira et al., 2009; Pesti et al., 2009). A combinação
222 do modelo *broken-line* com o modelo polinomial quadrático, representa um valor
223 intermediário entre o modelo *broken-line* e o polinomial quadrático. Para massa de ovo
224 (Tabela 4) essa combinação foi equivalente a 84% do valor obtido com polinomial
225 quadrático, que se encontra de acordo com preconizado por Baker et al. (2002).

226 Com base nesse procedimento, os níveis ótimos encontrados para MO foram de
227 635, 608, 637 e 617 mg/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período
228 respectivamente. Para uma ave com peso corporal (**PC**) de 1,5 kg, pode-se prever a
229 produção de massa de ovo de acordo com a fórmula $MO = (I - (b \cdot PC)) / a$. Considerando a
230 média de ingestão (**I** : $624 = [(635 + 608 + 637 + 617) / 4]$) e MO (MO :
231 $62 = [(62 + 63 + 58 + 64) / 4]$) do ensaio; a exigência de manutenção (**b**) de McDonald e Morris
232 (1985) é 32 mg/kg de peso corporal, e a exigência para produzir 1 g de massa de ovo é
233 10 mg/g (a: 10mg/g [624mg Thr /62 g MO]). Com base nos coeficientes anunciados,
234 estima-se que a ingestão de 525 e 487 mg/dia encontrada por Matos et al. (2009) e
235 Cupertino et al (2010) suporte uma produção média de 48 e 44 g de massa de ovo,
236 respectivamente. Estima-se que a ingestão ótima encontrada por Sa et al. (2007) de 573
237 mg/ave/dia tenha uma produção de 52 g de massa de ovo, enquanto que para a ingestão
238 média do presente estudo de 624mg/ave/dia tem-se uma produção de 57,6 g de massa de
239 ovo.

240 Na Tabela 5 encontram-se os níveis ótimos de Thr estimados para diferentes
241 períodos utilizando diferentes modelos para conversão alimentar. Com base na
242 associação dos modelos, o nível ótimo de ingestão de treonina para conversão alimentar

243 foi de 215, 288, 374 e 296 mg/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto
244 períodos respectivamente. Essas estimativas correspondem a 54% do valor estimado
245 pelo polinomial quadrático. Estes níveis podem ser considerados baixos, pelo fato do
246 *broken-line* estar subestimando a ingestão de treonina, interferindo na resposta da
247 associação do *broken-line* com polinomial quadrático. Desta forma conclui-se que as
248 respostas devem ser ajustadas pelo modelo quadrático para conversão alimentar.

249 Uma particularidade da técnica de diluição é a utilização de níveis amplos para
250 obtenção de respostas e, para os menores de níveis de treonina, verifica-se considerável
251 mobilização de reservas corporais. Essa mobilização pode ter contribuído com os níveis
252 séricos de aminoácidos para formação dos ovos e ter influenciado a eficiência de
253 utilização do aminoácido, conseqüentemente a conversão alimentar. Segundo Baker et
254 al. (2002) admitindo o valor de 84% do estimado pelo polinomial quadrático a ingestão
255 de treonina estimada seria de 462, 449, 459 e 455 mg/ave.dia

256 Conclusões

257 As ingestões recomendadas com base namassa de ovos, segundo o modelo
258 *broken-line*+quadrático foram de 635, 608, 637 e 617 mg/ave/dia, referentes 32-35; 36-
259 39; 40-43 e 44-47 semanas de idade respectivamente.

260 Referências

- 261 BAKER, D.; BATAL, A.; PARR, T.; AUGSPURGER, N.; PARSONS, C. Ideal ratio
262 (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for chicks during
263 the second and third weeks posthatch. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 485-494, 2002.
- 264 BASAGLIA, R.; SAKOMURA, N. K.; RESENDE, K. T.; SILVA, R.; JUNQUEIRA,
265 O. M. Exigências de Proteína para Frangas de Postura de 1 a 18 Semanas de Idade.
266 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 556-563, 1998.
- 267 BOWMAKER, J. E.; GOUS, R. M. The response of broiler breeder hens to dietary
268 lysine and methionine. **British Poultry Science**, v. 32, n. 5, p. 1069-1088, 1991.

- 269 BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S. A.; KERR, B.; HOEHLER, D. Ideal Ratios of
270 Isoleucine, Methionine, Methionine Plus Cystine, Threonine, Tryptophan, and Valine
271 Relative to Lysine for White Leghorn-Type Laying Hens of Twenty-Eight to Thirty-
272 Four Weeks of Age. **Poultry Science**, v. 87, n. 4, p. 744-758, 2008.
- 273 CUPERTINO, E. S.; GOMES, P. C.; JUNIOR, J. G. D. V.; ALBINO, L. F. T.;
274 SCHMIDT, M.; MELLO, H. H. D. C. Níveis nutricionais de treonina digestível para
275 poedeiras comerciais durante o segundo ciclo de postura. **Revista Brasileira de**
276 **Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1993-1998, 2010.
- 277 FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirement of
278 laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v. 11, n. 1, p. 67-
279 82, 1970.
- 280 HUYGHEBAERT, G.; BUTLER, E. A. Optimum threonine requirement of laying
281 hens. **British Poultry Science**, v. 32, n. 3, p. 575-582, 1991.
- 282 MATOS, M. S.; LEANDRO, N. S. M.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.;
283 CARVALHO, F. B.; GOMES, N. A. Níveis de lisina e treonina digestíveis para
284 poedeiras comerciais Lohmann LSL de 24 a 44 semanas de idade. **Acta Scientiarum**
285 **Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 19-24, 2009.
- 286 MCDONALD, M. W.; MORRIS, T. R. Quantitative review of optimum amino acid
287 intakes for young laying pullets. **British Poultry Science**, v. 26, n. 2, p. 253-264,
288 1985.
- 289 MORRIS, T. R. The interpretation of response data from animal feeding trials. In:
290 BUTTERWORTHS. **Recent developments in poultry nutrition** London: eds. DJA
291 Cole and W Haresign, p. 1-11. 1989.
- 292 MORRIS, T. R.; GOUS, R. M. Partitioning of the response to protein between egg
293 number and egg weight. **British Poultry Science**, v. 29, n. 1, p. 93-99, 1988.
- 294 NOVAK, C.; YAKOUT, H.; SCHEIDELER, S. The combined effects of dietary
295 lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg
296 components in Dekalb Delta laying hens. **Poultry Science**, v. 83, n. 6, p. 977-984,
297 2004.
- 298 PESTI, G. M.; VEDENOV, D.; CASON, J. A.; BILLARD, L. A comparison of
299 methods to estimate nutritional requirements from experimental data. **British Poultry**
300 **Science**, v. 50, n. 1, p. 16-32, 2009.
- 301 ROBERTS, J. R. Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in
302 Laying Hens. **The Journal of Poultry Science**, v. 41, n. 3, p. 161-177, 2004.
- 303 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.;
304 OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, L. S. T.;
305 EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos**
306 **e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.
- 307 SÁ, L. M.; GOMES, P. C.; CECON, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; D'AGOSTINI, P.
308 Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a
309 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1846-1853, 2007.

- 310 SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de**
311 **monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 283p. 2007.
- 312 SIQUEIRA, J. C. D. S.; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D. C. N.;
313 FERNANDES, J. B. K. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina
314 digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9,
315 p. 1732-1737, 2009.

Tabela 1- Composição das dietas experimentais (g/kg)

Ingredientes	Dietas	
	N7	N0
Milho grão 7,88%	44,291	0,000
Farelo soja 46,0%	39,276	0,000
Amido	0,000	50,000
Açúcar	0,000	15,000
Casca arroz	0,000	12,000
Calcário	9,011	8,669
Inerte	0,000	5,859
Óleo de soja	5,010	4,883
Cloreto de potássio	0,000	1,226
Fosfato bicálcico	1,086	1,687
Sal comum	0,507	0,516
DL-metionina, 99,0%	0,461	0,000
L-valina	0,153	0,000
L-lisina HCl, 78,0%	0,033	0,000
L-triptofano, 98,0%	0,011	0,000
Suplemento vitamínico mineral	0,100	0,100
Cloreto de colina 60,0%	0,050	0,050
BHT	0,010	0,010
Total	100,000	100,000

Esquema de diluição para obter os níveis experimentais

	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	N0
N7	1,00	0,90	0,77	0,62	0,46	0,31	0,15	0,00
N0	00,0	0,10	0,23	0,38	0,54	0,69	0,85	1,00

Exigências nutricionais atendidas

	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	N0
Proteína bruta(%)	22,029	19,885	17,112	13,825	10,538	7,223	3,936	0,649
Energ. Met.(Mcal/kg)	2,850	2,850	2,850	2,850	2,850	2,850	2,850	2,850
Treonina dig. (%)	0,748	0,673	0,576	0,461	0,346	0,230	0,115	0,000
Arginina dig. (%)	1,412	1,270	1,087	0,870	0,653	0,434	0,217	0,000
Glicina+serina dig.(%)	1,853	1,667	1,427	1,142	0,857	0,570	0,285	0,000
Lisina dig. (%)	1,135	1,021	0,874	0,700	0,525	0,349	0,174	0,000
Met.+cist. dig. (%)	1,033	0,929	0,795	0,637	0,478	0,318	0,159	0,000
Metionina dig. (%)	0,743	0,669	0,572	0,458	0,344	0,229	0,114	0,000
Triptofano dig. (%)	0,261	0,235	0,201	0,161	0,121	0,080	0,040	0,000
Valina dig.(%)	1,078	0,970	0,830	0,664	0,499	0,331	0,166	0,000
Cálcio(%)	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
Cloro(%)	0,344	0,384	0,435	0,497	0,558	0,620	0,681	0,742
Fósforo disponível(%)	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
Potássio(%)	0,843	0,815	0,778	0,735	0,692	0,649	0,606	0,563
Sódio(%)	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218	0,218

1 Conteúdo/kg - vit. A = 7.500.000UI, vit. D3 = 1.800.000UI, vit. E = 5.000 UI, vit. B1 = 1.800mg, vit. B2 = 4.000mg, vit. B6 = 3.500mg, vit. B12 = 7.500mcg, ácido pantotênico = 15g, ácido nicotínico = 35g, selênio = 250mg, antioxidante = 250mg, veículo qsp 87,0439%. Conteúdo/kg - manganês = 65 g, ferro = 45 g, zinco = 50g, cobre = 7.500mg, iodo = 700mg, veículo qsp 100

Tabela 3. Efeito do consumo de treonina digestível sobre as variáveis de percentagem de gema (PG) e de albúmen (PA)

Níveis de Treonina (g/kg)	Gema (%)	Albúmen (%)
1,15	24,55	68,35
2,30	25,47	66,48
3,46	24,74	65,45
4,61	25,24	65,02
5,76	24,74	65,96
6,73	25,44	65,42
7,48	24,80	66,06
Média	25,00	66,11
Probabilidade	Ns	*
CV ¹ (%)	4,17	1,82

* para 5%, ns: não significativo, ¹CV: Coeficiente de variação

Tabela 4 Equações ajustadas para massa de ovo de acordo com o consumo de treonina para poedeiras nos períodos experimentais

Modelo	Massa de ovo, MO	Ingestão ótima	
		mg/ave/dia	R ²
1º Período			
BL	MO= 58,225-0,1179(495-Thr)	495	0,98
PQ	MO= -6,2011+0,18405Thr-0,00013Thr ²	708	0,98
PQ+BL	58,225= -6,2011+0,18405Thr-0,00013Thr ²	635	
2º Período			
BL	MO= 62,364-0,1336(495-Thr)	495	0,98
PQ	MO= -11,2176+0,20843Thr-0,00014Thr ²	724	0,97
PQ+BL	62,364= -11,2176+0,20843Thr-0,00014Thr ²	608	
3º Período			
BL	MO= 63,467-0,131,(512-Thr)	512	0,99
PQ	MO= -6,5715+0,1806Thr-0,00011Thr ²	813	0,98
PQ+BL	63,467= -6,5715+0,1806Thr-0,00011Thr ²	637	
4º Período			
BL	MO= 63,627-0,1376(503-Thr)	503	0,98
PQ	MO= -11,1038+ 0,2070Thr-0,00014Thr ²	744	0,97
PQ+BL	63,627= -11,1038+0,2070Thr-0,00014Thr ²	617	

R², coeficiente de determinação SQTratamento/SQTotal;

BL, *Broken line*;

PQ, polinomial quadrático;

PQ+BL, primeiro intercepto da equação PQ com o platô do BL.

Tabela 5 Equações ajustadas para conversão alimentar por massa de ovo de acordo com o consumo de treonina para poedeiras nos períodos experimentais

Modelo	Conversão alimentar, CA	Ingestão ótima	
		mg/ave/dia	R ²
1º Período			
BL	CA= 1,8959+0,0675(160-Thr)	160	0,94
PQ	CA= 7,0489-0,0208Thr+0,0000189Thr ²	550	0,76
PQ+BL	1,8959= 7,0489-0,0208Thr+0,0000189Thr ²	215	
2º Período			
BL	CA= 1,6412+0,0441(244-Thr)	244	0,87
PQ	CA= 10,3985-0,0352Thr+0,00003287Thr ²	535	0,78
PQ+BL	1,6412=10,3985-0,0352Thr+0,00003287Thr ²	288	
3º Período			
BL	CA= 1,8105+0,0621(201-Thr)	201	0,97
PQ	CA= 11,3881-0,0388Thr-0,00003566Thr ²	545	0,87
PQ+BL	1,8105= 11,3881-0,0388Thr-0,00003566Thr ²	374	
4º Período			
BL	CA= 1,8172+0,0897(185-Thr)	185	0,97
PQ	CA= 13,6708-0,0487Thr+0,0000157Thr ²	542	0,82
PQ+BL	1,8172= 13,6708-0,0487Thr+0,0000157Thr ²	296	

R², coeficiente de determinação SQTratamento/SQTotal;

BL, *Broken line*;

PQ, polinomial quadrático;

PQ+BL, primeiro intercepto da equação PQ com o platô do BL.

Este capítulo está de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

CAPÍTULO 3 –Nível ótimo econômico de treonina para poedeiras leves

Resumo- Objetivou-se determinar as exigências de treonina digestível (Thr) para poedeiras de 32-47 semanas de idade. Duzentas e oitenta e oito galinhas Dekalb White foram distribuídas aleatoriamente em oito tratamentos (1,15; 2,30; 3,46; 4,61; 5,76; 6,73 e 7,48 g de Thr/kg dieta), com seis repetições e seis aves por unidade experimental. As dietas foram formuladas de acordo com a técnica da diluição. Uma dieta à base de milho e farelo de soja foi formulada para conter 7,48g Thr/kg, e outra dieta foi formulada para ser isenta de proteína. Níveis de treonina nas dietas restantes foram obtidos através da diluição da primeira dieta com a dieta isenta de proteína. O oitavo tratamento foi utilizado para verificar se a resposta das aves era devido ao nível de treonina, obtido, a partir de suplementação sintética. O período total do experimento foi dividido em quatro períodos (I) 32-35, (II) 36-39, (III) 40-43 e (IV) 44-47 semanas de idade. A massa de ovos (MO) e os diferentes níveis de ingestão de treonina foram ajustados pelo modelo de Reading. As ingestões ótimas de treonina digestível para cada período estimado pelo modelo de Reading foram: 658; 638; 648 e 648mg/ave/dia, respectivamente para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período.

Termos para indexação: aminoácidos, aves de postura, *modelo de Reading*

Abstract- This study aimed to determine the threonine requirements (Thr) for laying hens from 32-47 weeks of age. Two hundred and eighty-eight Dekalb White hens were randomly distributed into eight treatments (1.15, 2.30, 3.46, 4.61, 5.76, 6.73

and 7.48g Thr/kg diet) with six replications and six birds each. Diets were formulated according to the dilution technique. A summit diet based on corn and soybean meal diet was formulated to contain 7.48g Thr, and other diet was formulated to be free of protein. Other threonine levels in the diets were obtained by diluting summit diet with protein free diet. The eighth treatment was used to verify the response of birds were given the threonine level, obtained from synthetic supplementation. The total period of the experiment was divided into four periods (I) 32-35, (II) 36-39, (III) 40-43 (IV) 44-47 weeks of age. The egg mass (EM) at different threonine intake levels were estimated using Reading Model. The optimal threonine intakes for each period estimated by Reading Model were: 658, 638, 648 and 648 mg/hen/day respectively for the first, second, third and fourth period.

Index terms: amino acid, laying hens, Reading Model

Introdução

As linhagens de postura modernas possuem grande capacidade de deposição de proteína no ovo. Assim, do ponto de vista nutricional é necessário o adequado fornecimento de nutrientes, principalmente aminoácidos para a síntese e deposição de proteína no produto final. Entretanto, a proteína é uma fonte considerada de alto custo na nutrição de aves e métodos para diminuir o nível de proteína na dieta têm sido estudados.

A atual disponibilidade comercial de aminoácidos sintéticos com preços acessíveis, como a L-Treonina, tem possibilitado a redução dos níveis de proteína bruta e dos custos das dietas, além de benefícios econômicos e ambientais para a atividade avícola (Kidd e Kerr, 1996). Contudo, é de extrema importância obter estimativas

precisas das exigências desses aminoácidos, para que as necessidades das aves sejam supridas, maximizando desempenho produtivo e a lucratividade.

Uma forma de aumentar a rentabilidade na avicultura de postura é fornecer dietas estabelecidas com base em métodos que estimam exigências que considerem a resposta da população. Isso permite explorar a variabilidade das aves nos programas nutricionais. Desta forma também é possível ter uma produção mais uniforme, pois o atendimento nutricional dos indivíduos mais exigentes pode compensar a falta de produção de algumas aves.

Um método que considera esses aspectos é o modelo de Reading (Fisher et al. 1973) que descreve a produção em massa de ovos de poedeiras de um plantel a diferentes níveis de ingestão de aminoácidos, considerando a variabilidade dos animais, além de incorporar o fator econômico (relação do custo do aminoácido e do preço do ovo). Esse modelo permite considerar diferentes situações econômicas, ajustando de acordo com a produção de determinada granja, preço do aminoácido e do ovo no mercado. O objetivo do presente trabalho foi determinar parâmetros que estimam as exigências de treonina para produção de ovos e manutenção segundo o modelo de Reading e aplicá-los para alguns cenários econômicos para estimar exigência de treonina para poedeiras leves.

Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Ciências Avícolas do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

Foram utilizadas 288 aves da linhagem Dekalb White de 32 a 47 semanas de idade. As aves tiveram um período de adaptação às rações experimentais de 29 a 31 semanas de idade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso,

com oito tratamentos (níveis de treonina), seis repetições e seis aves por repetição. Os tratamentos consistiram de sete níveis de treonina digestível (1,15; 2,30; 3,46; 4,61; 5,76; 6,73 e 7,48g Thr/kg dieta); mais um contraprova, para confirmar se as respostas experimentais foram em função da limitação de treonina. Esse tratamento foi obtido por meio da suplementação de 0,115% de treonina a mais no nível 0,115%.

As aves foram alojadas em galpões convencionais de postura de 3 m de largura e 2 m de pé direito, compostos internamente por gaiolas de arame galvanizado com quatro compartimentos de 25x40x40 cm. As gaiolas estavam dispostas lateralmente em dois andares, distantes 0,80 cm do piso, com comedouro galvanizado percorrendo toda extensão frontal das gaiolas acopladas com bebedouros tipo nipple. O manejo e o programa de luz foram realizados conforme as recomendações do manual da linhagem.

As variáveis de massa de ovos (g), consumo de treonina (mg/ave/dia) e peso corporal das aves (kg) foram coletadas em quatro períodos (I) 32-35, (II) 36-39, (III) 40-43 e (IV) 44-47 semanas de idade. A média de peso corporal das aves no início do experimento foi de $1423 \pm 29,10$ g. O peso das aves foi quantificado no final de cada período, pesando-se individualmente todas as aves de duas repetições de cada tratamento. Foram consideradas as médias das variáveis para serem avaliadas por período.

As dietas foram formuladas de acordo com a técnica da diluição proposta por Fisher e Morris (1970). Esta técnica consiste na diluição sequencial de uma dieta com alto teor de proteína, mas com deficiência relativa do aminoácido teste e excesso nos demais, como pode ser verificado na Tabela 1 e 2. Para obtenção dos níveis intermediários, esta ração foi diluída com uma ração isenta de proteína, mas com os mesmos níveis nutricionais e energéticos da ração com alto teor de proteína.

Os níveis de aminoácidos das dietas, exceto treonina, foram estabelecidos com base nas relações ideais propostas por Rostagno et al.(2011), tomando-se como referência os níveis de lisina digestível. Também foi formulada uma dieta isenta de proteína com os mesmos níveis de energia metabolizável, vitaminas e minerais (Tabela 1). A dieta concentrada foi diluída com a dieta isenta, possibilitando a obtenção de níveis crescentes de treonina digestível, do tratamento 1 ao 7, conforme as Tabelas 1 e 2.

Assim, todos os aminoácidos estavam em excesso de 50% (1,5 vezes da recomendação), menos a treonina que estava 30% (1,3 vezes da recomendação), levando a uma deficiência relativa do aminoácido teste e excesso nos demais, promovendo uma resposta na produção de ovos que foi atribuída a deficiência da treonina.

As pressuposições de normalidade e homocedasticidade foram verificadas pelos testes de Cramer-Von Mises e Levene, respectivamente. Os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo, sendo avaliados em quatro períodos (I) 32-35, (II) 36-39, (III) 40-43 e (IV) 44-47 semanas de idade, sobre as mesmas unidades experimentais, constatando uma correlação entre os tempos.

Os dados foram analisados com o auxílio do programa computacional SAS (versão 9.1). Os resultados foram apresentados como médias das quatro semanas (cada período). Os resultados da análise de variância foram significativos para interação período e níveis de treonina, foi feita a análise por períodos para estimar os níveis ótimos de treonina. Os dados foram analisados pelo programa EFG (2006) no módulo amino acid optimize.

O modelo de Reading descreve a resposta da população com sete parâmetros: produção máxima média g/dia (MOMax); variância na produção máxima (σ^2 MOMax);

peso corporal médio kg (PC); variância de peso corporal (σ^2PC), correlação entre a produção e o peso corporal (rMOPC) e duas constantes que representam a quantidade de aminoácidos necessários por unidade de produção (a , mg/g de ovo) e por unidade de peso corporal (b , mg/kg PC). Nesta análise considerou-se como nula a correlação entre peso e massa de ovo, conforme Fisher et al. (1973).

A equação abaixo é o modelo de Reading completo.

$$A_{opt} \frac{mg}{dia} = a.MO_{max} + b.PC + x \sqrt{a^2.\sigma^2MO_{max} + b^2.\sigma^2PC + 2abr_{MOPC}.\sigma MO_{max}.\sigma PC}$$

A primeira parte da equação $A \frac{mg}{dia} = a.MO_{max} + b.PC$ calcula a exigência para uma população com produção média. E $x.\sqrt{a^2.\sigma^2MO_{max} + b^2.\sigma^2PC}$ descreve a variância populacional, sendo a exigência extra para os indivíduos mais produtivos. O x indica o desvio padrão da curva normal que corta uma área $a.k$ em uma cauda, é expresso em unidade padrão obtido a partir de tabelas da distribuição normal (é o valor de Z da Distribuição Normal Padrão, correspondente ao valor da expressão $(0,5-(a.k))$). A multiplicação de x pelo desvio dos requerimentos individuais tem-se o valor correspondente à distância y que deverá ser somado a exigência média (PILBROW & MORRIS, 1974).

O diferencial do modelo de Reading se deve a relação custo benefício, que provém do k e correspondendo a parte econômica da equação, pois x é $a.k$, sendo a o coeficiente de produção para 1 g de massa de ovo.

$$k = \frac{\text{Custo por mg do aminoácido } \$}{\text{Valor da g de ovo } \$}$$

Resultados e discussão

Na Tabela 3 são apresentados os dados utilizados para convergência dos coeficientes do modelo de *Reading*.

O peso corporal das aves que receberam os tratamentos mais deficientes em treonina reduziu com o tempo, demonstrando o efeito da treonina ao longo da idade das aves. A redução de peso para os tratamentos 1,15; 2,30 e 3,46 g/kg foram de 15; 4 e 3% respectivamente. Já para os demais tratamentos houve aumento de peso de 8,75; 2,66; 2,68 e 7,5% referente a 4,61; 5,76; 6,73 e 7,48 g/kg respectivamente. A ingestão de treonina e massa de ovo aumentaram de acordo com o aumento da treonina nas dietas.

Os níveis encontrados pelo modelo de *Reading* foram 643, 630, 648 e 648mg/ave/dia, como pode ser verificado na Tabela 4.

No primeiro período (32-35 semanas de idade) foi obtida a máxima resposta de 56,91 g de massa de ovo, para uma ingestão de 643mg/ave/dia. No segundo período (36-39 semanas de idade), a máxima resposta foi de 61,63 g, ou seja, a massa de ovo aumentou mais de 4g em relação ao primeiro período, provavelmente devido ao fator idade. A ingestão estimada foi de 630mg/ave/dia. No terceiro período (40-43 semanas de idade), a máxima resposta foi de 63,28 g. A ingestão estimada foi de 648mg/ave/dia. No quarto período (44-47 semanas de idade) a resposta máxima foi de 63,16g; sendo estimada uma ingestão de 648mg/ave/dia de treonina.

As eficiências calculadas para o primeiro, segundo, terceiro e quarto períodos foram de 51, 58, 56 e 59%, respectivamente. Houve um aumento da massa de ovo com o avançar da idade, e as aves aumentaram sua eficiência com uma exigência menor de treonina para produzir um grama de ovo.

Os parâmetros e os níveis ótimos econômicos para cada período experimental são apresentados na Tabela 4. A comparação dos consumos de treonina para cada

produção em massa de ovo, dos respectivos períodos está apresentado na Figura 1. É possível observar na figura que existe uma diferença entre o primeiro período e os demais, evidenciando que a resposta massa de ovo ainda não estava estabilizada.

Os coeficientes para produção (mg treonina/ g de ovo) foram 8,03; 6,91; 6,47 e 6,87 e os coeficientes para manutenção encontrados foram 15,80; 36,36; 39,59 e 34,60 mg/kg referentes 32-35; 36-39; 40-43 e 44-47 semanas de idade, respectivamente.

Os coeficientes de manutenção aumentaram em função da idade das aves o que pode ser explicado pela maior exigência de treonina para manutenção, pois este aminoácido participa da taxa de *turnover* e de perdas endógenas na forma de mucinas nas secreções intestinais (FERNANDEZ et al., 1994).

Huyghebaert e Butler (1991) encontraram para o coeficiente de produção o valor de 7,06 mg/g de ovo, para manutenção 21,78 mg/kg e para o ótimo econômico um valor de 637 mg/ave/dia. McDonald e Morris (1985) estimaram valores de 6,9 mg/g de ovo e 32 mg/kg de peso vivo. O coeficiente de manutenção estimado utilizando galos por Leveille (1960) foi de 74mg/kg de peso vivo, e Bonato et al. (2011) 17mg/kg de peso vivo.

A maioria dos trabalhos com exigências de aminoácidos estimam um valor para atender uma população com produção média (ótimo biológico) (Yamazaki et al. 1997, Ishibashi et al. 1998, Valerio et al. 2000, Rostagno et al. 2011). Nestes trabalhos, o nível estimado variou entre 425 e 572mg/ave/dia, considerando um consumo de 105g/ave/dia. Esses resultados são diferentes dos resultados encontrados por Huyghebaert e Butler (1991) de 637mg/ave/dia e do presente estudo 648mg/ave/dia, por apresentar exigências de treonina estimadas para uma população de poedeiras.

Com base no modelo de Reading foi realizada uma simulação para avaliar a aplicabilidade do modelo (Tabelas 5 e 6). Na Tabela 5 é apresentada a simulação para

verificar quanto de treonina extra em mg/ave/dia seria viável economicamente. Essa simulação adotou um preço médio de treonina de \$3,90/kg, um preço alto de treonina de \$4,90 e um cenário econômico mais favorável, a adição de treonina com um valor de \$3,40. O preço da dúzia do ovo foi fixado em \$3,20, oscilando nesta simulação apenas o preço do aminoácido. O fator de otimização (z) representa quantos desvios corresponde a cada k (relação custo benefício). Esse fator representa quantos desvios em relação à média o nível em questão de ingestão de treonina permite atender, que neste caso, variaram entre 96% a 98% de um plantel.

O ótimo econômico refere-se à quantidade de treonina necessária para atender os indivíduos mais exigentes, considera o ótimo biológico que atende os indivíduos médios e o extra economicamente viável, a quantidade de treonina viável para atender esses indivíduos mais exigentes.

Na Tabela 6 são abordados três preços de ovo, levando em consideração um preço médio de 30 dúzias de ovos (360 ovos) de \$ 98,40; um preço baixo de \$ 84,87, e um preço alto de \$ 107,01. O preço de treonina médio foi fixado em de \$3,90/kg. O fator de otimização econômica, corresponde a quantos desvios correspondente a cada relação k (custo benefício). A exigência calculada atingirá uma população de poedeiras, que nestes cenários econômicos variaram entre 97 a 98%. O extra economicamente viável considera as aves que não atingiram a máxima produção, corrigido por sua taxa de produção e o custo da produção de uma unidade de massa de ovo. Assim, o modelo de *Reading* oferece para o nutricionista estimativas de acordo com cada cenário econômico.

Conclusões

Os níveis ótimos econômicos de treonina recomendados pelo modelo de Reading foram de 643, 630, 648 e 648 mg/ave/dia, referentes 32-35; 36-39; 40-43 e 44-47 semanas de idade.

Referências

- BONATO, M. A.; SAKOMURA, N. K.; SIQUEIRA, J. C.; FERNANDES, J. B. K.; GOUS, R. M. Maintenance requirements for methionine and cysteine, and threonine for poultry. **South African Journal of Animal Science** v. 41,n.3, p. 209-222, 2011.
- FERNANDEZ, S. R.; AOYAGI, S.; HAN, Y.; PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. Limiting Order of Amino Acids in Corn and Soybean Meal for Growth of the Chick. **Poultry Science**, v. 73, n. 12, p. 1887-1896, 1994.
- FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v. 11, n. 1, p. 67-82, 1970.
- HUYGHEBAERT, G.; BUTLER, E. A. Optimum threonine requirement of laying hens. **British Poultry Science**, v. 32, n. 3, p. 575-582, 1991.
- ISHIBASHI, T.; OGAWA, Y.; ITOH, T.; FUJIMURA, S.; KOIDE, K.; WATANABE, R. Threonine requirements of laying hens. **Poultry Science**, v. 77, n. 7, p. 998-1002, 1998.
- KIDD, M. T.; KERR, B. J. L-Threonine for Poultry: A Review. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 5, n. 4, p. 358-367, 1996.
- LEVEILLE , G. A.; SHAPIRO, R.; FISHER, H. Amino Acid Requirements for Maintenance in the Adult Rooster. **The Journal of Nutrition**, v. 72, p. 8-15, 1960.
- MCDONALD, M. W.; MORRIS, T. R. Quantitative review of optimum amino acid intakes for young laying pullets. **British Poultry Science**, v. 26, n. 2, p. 253-264, 1985.
- PILBROW, P. J.; MORRIS, T. R. Comparison of lysine requirements amongst eight stocks of laying fowl. **British Poultry Science**, v. 15, n. 1, p. 51-73, 1974.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, L. S. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- VALERIO, S. R.; SOARES, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. D. A. E.; ALBINO, L. F. T.; LANA, G. R. Q.; GOULART, C. D. C.; KILL, J. L. Determinação da

exigência nutricional de treonina para poedeiras leves e semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 518-524, 2000.

YAMAZAKI, M.; OHGUCHI, H.; MURAKAMI, H.; TAKEMASA, M.; ANDO, M.; YAMAZAKI, M. Available Threonine Requirement of Laying Hens **Japanese Poultry Science**, v. 34, n. 1, p. 52-57, 1997.

Tabela 1- Composição das dietas experimentais

INGREDIENTES	CONCENTRADA	ISENTA
Milho grão 7,88%	44,291	0,000
Farelo soja 46%	39,276	0,000
Amido	0,000	50,000
Açúcar	0,000	15,000
Casca arroz	0,000	12,000
Calcário	9,011	8,669
Inerte	0,000	5,859
Óleo de soja	5,010	4,883
Cloreto de potássio	0,000	1,226
Fosfato bicálcico	1,086	1,687
Sal comum	0,507	0,516
DL-metionina	0,461	0,000
L-Valina	0,153	0,000
L-Lisina HCL	0,033	0,000
L-Triptofano	0,011	0,000
Suplemento Vit. Min. ¹	0,100	0,100
Cloreto de colina 60%	0,050	0,050
BHT	0,010	0,010
Total	100,000	100,000
Proteína bruta(%)	22,029	0,649
Energ. Met.(Mcal/kg)	2,850	2,850
Treonina dig. (%)	0,748	0,000
Lisina dig. (%)	1,135	0,000
Met.+cist. Dig. (%)	1,033	0,000
Metionina dig. (%)	0,743	0,000
Cálcio(%)	3,900	3,900
Cloro(%)	0,344	0,742
Fósforo disponível(%)	0,291	0,291
Potássio(%)	0,843	0,563
Sódio(%)	0,218	0,218

1 Conteúdo/kg - vit. A = 7.500.000UI, vit. D3 = 1.800.000UI, vit. E =5.000 UI, vit. B1 = 1.800mg, vit. B2 = 4.000mg, vit. B6 = 3.500mg, vit. B12 = 7.500mcg, ácido pantotênico = 15g, ácido nicotínico = 35g, selênio = 250mg, antioxidante = 250mg, veículo qsp 87,0439%. Conteúdo/kg – manganês = 65 g, ferro = 45 g, zinco = 50g, cobre = 7.500mg, iodo = 700mg, veículo qsp 1000g.

Tabela 2- Níveis de Treonina obtidos pela técnica da diluição

Dietas	Esquema de diluição das dietas							
Concentrada	1	0,90	0,77	0,61	0,46	0,31	0,15	
Isenta	0	0,10	0,23	0,39	0,54	0,69	0,85	
Níveis (%)	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	Isenta
Proteína bruta	22,03	19,89	17,11	13,83	10,54	7,22	3,94	0,65
Treonina digestível	0,748	0,673	0,576	0,461	0,346	0,230	0,115	

Tabela 3- Ingestão de treonina (CTreo), massa de ovos (MO) e peso corporal (PC) em função dos níveis de treonina na dieta para cada fase de idade em semanas

Thr (g/kg)	32-35			36-39			40-43			44-47		
	CTreo(mg)	MO(g)	PC(kg)	CTreo(mg)	MO(g)	PC(kg)	CTreo(mg)	MO(g)	PC(kg)	CTreo(mg)	MO(g)	PC(kg)
1,15	61,2	5,59	1,32	42,58	3,67	1,12	28,56	2,40	1,08	34,14	2,70	1,13
2,30	127,6	14,33	1,35	128,37	11,57	1,26	133,59	10,61	1,29	132,56	11,02	1,30
3,46	261,4	32,25	1,35	231,11	25,21	1,30	254,06	29,85	1,32	256,41	29,50	1,32
4,61	439,2	49,80	1,46	460,64	56,34	1,51	487,38	59,95	1,56	490,53	61,48	1,60
5,76	572,9	56,77	1,46	560,61	61,80	1,50	595,23	62,20	1,50	576,54	63,13	1,50
6,73	668,9	57,86	1,45	653,28	63,22	1,50	683,66	63,72	1,50	680,06	63,88	1,49
7,48	747,5	58,53	1,48	712,67	62,08	1,55	746,25	65,36	1,57	753,33	64,48	1,60
Valores utilizados para convergências dos parâmetros do <i>Reading Model</i>												
Desvio	10,8	0,15			11,0	0,15		12,0	0,16		11,8	0,16
Média	56,9	1,48			56,9	1,52		66,9	1,57		65,7	1,60
CV%	18,0	10,0			18,0	10,0		18,0	10,0		18,0	10,0

Tabela 4- Equações ajustadas pelo modelo de Reading em cada período.

Modelo de Reading	
Ingestão ótima (mg/ave/dia)	
1º Período	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 8,03.56,902 + 15,80.1,48 + x\sqrt{8,03^2.10,764^2 + 15,80^2.0,148^2} \quad (1)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 480 + 86,47.x \quad (2)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 480 + 86,47.1,89 \quad (3)$	
643	
2º Período	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 6,91.61,63 + 36,36.1,54 + x\sqrt{(6,91^2.10,957^2 + 36,36^2.0,154^2)} \quad (1)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 482 + 75,92.x \quad (2)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 482 + 75,92.1,95 \quad (3)$	
630	
3º Período	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 6,74.63,28 + 39,59.1,56 + x\sqrt{6,74^2.12,042^2 + 39,59^2.0,156^2} \quad (1)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 488 + 81,40.x \quad (2)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 488 + 81,40.1,96 \quad (3)$	
648	
4º Período	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 6,87.63,16 + 34,60.1,60 + x\sqrt{6,87^2.11,826^2 + 34,60^2.0,160^2} \quad (1)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 489 + 81,43.x \quad (2)$	
$Thr_{opt} \frac{mg}{dia} = 489 + 81,43.1,95 \quad (3)$	
648	

⁽¹⁾indica a equação completa, a qual calcula a exigência para um animal de produção média ($A \frac{mg}{dia} = a.MO_{max} + b.\overline{PC}$) e a segunda parte da equação $x.\sqrt{a^2.\sigma^2MO_{max} + b^2\sigma^2\overline{PC}}$ que descreve a variância populacional; ⁽²⁾ exigência extra para os indivíduos mais produtivos; ⁽³⁾ indica o desvio padrão da curva normal.

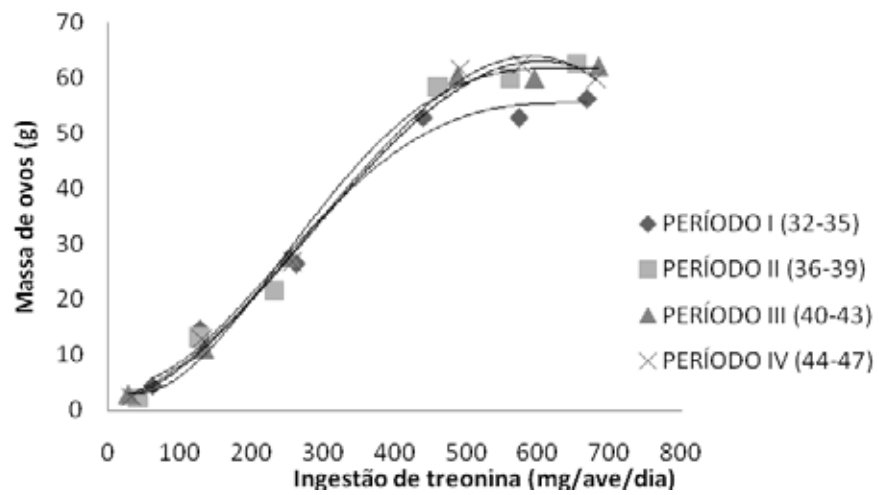


Figura 1- Massa de ovos e consumo de treonina segundo o modelo de Reading para cada período

Tabela 5- Simulação da ingestão ótima econômica de treonina digestível utilizando diferentes relações custo benefício (k) fixando o preço do ovo

Idade (semanas)	y	Ótimo biológico (mg/ave/dia)	Fator de otimização econômica			Extra economicamente viável mg/ave/dia			Ótimo econômico mg/ave/dia		
			z ⁽¹⁾			y.z ⁽²⁾			μ+y.z ⁽³⁾		
			k alto	k médio	k baixo	k alto	k médio	k baixo	k alto	k médio	k baixo
32-35	86,47	480	1,792	1,894	1,954	155	164	169	635	644	649
36-39	75,92	482	1,860	1,959	2,017	141	149	153	623	631	635
40-43	81,40	489	1,871	1,970	2,028	152	160	165	641	649	654
44-47	81,43	489	1,862	1,962	2,020	152	160	165	641	649	654

⁽¹⁾desvio padrão da relação custo benefício; ⁽²⁾ desvio padrão das exigências; ⁽³⁾ exigência média somada a quantidade extra de aminoácido viável economicamente; k alto=0,005;k médio= 0,0037 e k baixo=0,003.

Tabela 6- Simulação da ingestão ótima econômica de treonina digestível utilizando diferentes relações custo benefício (k) fixando o preço da treonina

Idade (semanas)	y	Ótimo biológico (mg/ave/dia)	Fator de otimização econômica			Extra economicamente viável mg/ave/dia			Ótimo econômico mg/ave/dia		
			z ⁽¹⁾			y.z ⁽²⁾			μ+y.z ⁽³⁾		
			k alto	k médio	k baixo	k alto	k médio	k baixo	k alto	k médio	k baixo
32-35	86,47	480	1,823	1,877	1,925	158	162	166	638	643	647
36-39	75,92	482	1,890	1,943	1,989	144	148	151	626	630	633
40-43	81,40	489	1,900	1,954	2,000	155	159	163	643	648	651
44-47	81,43	489	1,892	1,945	1,992	154	159	162	643	648	652

⁽¹⁾ desvio padrão da relação custo benefício; ⁽²⁾ desvio padrão das exigências; ⁽³⁾ exigência média somada a quantidade extra de aminoácido viável economicamente; k alto=0,0042; k médio=0,0037 e k baixo=0,0033