

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA  
DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

***Katiani Silva Venturini***

*Zootecnista*

*JABOTICABAL - SÃO PAULO – BRASIL*

*Setembro de 2011*

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE  
LISINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

***Katiani Silva Venturini***

*Orientador: Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros*

*Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nilva Kazue Sakomura*

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

**JABOTICABAL - SÃO PAULO – BRASIL**

*Setembro de 2011*

Venturini, Katiani Silva

V469m      *Modelos para estimar a exigência de lisina digestível de poedeiras comerciais / Katiani Silva Venturini. -- Jaboticabal, 2011*  
xvi, 57 f. : il. ; 28 cm

*Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011*

*Orientadora: Euclides Braga Malheiros*

*Banca examinadora: Nilva Kazue Sakomura, Luciano Hauschild, Sandra Regina Freitas Pinheiro*

*Bibliografia*

*1. aminoácidos. 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

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL  
PARA POEDEIRAS COMERCIAIS


**AUTORA:** KATIANI SILVA VENTURINI

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. EUCLIDES BRAGA MALHEIROS

**CO-ORIENTADORA:** Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA

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. SANDRA REGINA FREITAS PINHEIRO  
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri /  
Diamantina/MG

  
Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD  
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 19 de setembro de 2011.

**DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**KATIANI SILVA VENTURINI** – filha de Adelson Romeo Venturini e Selma Lins da Silva, nasceu no dia 05 de junho de 1984, na cidade de Vitória, Espírito Santo. Em novembro de 2003 ingressou curso de Zootecnia na Universidade Federal do Espírito Santo – campus de Alegre, graduando-se em agosto de 2008. Durante o ano de 2009 fez estágio na Universidade Estadual do Norte Fluminense e de dezembro de 2009 a março de 2010 foi bolsista de Apoio Técnico pelo CNPq, sob orientação da Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura. Em março de 2010 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros e co-orientação da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nilva Kazue Sakomura, onde obteve bolsa FAPESP, defendendo essa dissertação em setembro de 2011.

*“A vida é uma missão. Qualquer outra definição de vida desorienta aqueles que a aceitam. Religião, ciência, filosofia, embora ainda discordem em muitos pontos, concordam em que toda existência tem um objetivo”.*

*(Mazzini)*

*“Tudo tem o seu tempo determinado e há tempo para todo propósito debaixo do céu”.*

*(Eclesiastes 3:1)*

**OFEREÇO**

*À Deus, por tudo de bom que fez na minha vida, pela sua misericórdia infinita e por nunca me desamparar e por mais essa vitória, pois porque Dele por Ele, e para Ele são todas as coisas.  
(Romanos 11:36a)*

**DEDICO**

*Aos meus pais, Adelson, Selma e meu pai drasto Everaldo por tudo que sempre fizeram, pelo apoio nos momentos difíceis, por todo carinho e amor dedicados a mim. A minha avó-mãe Ana por ter cuidado de mim todos os dias de minha vida, por nunca me desamparar e por todos os conselhos e orações. A Eugenio e Léia por tudo que sempre fizeram, pelo carinho sempre dedicado e por sempre poder contar com vocês. A minha amiga-irmã Miryelle por ser um anjo enviado de Deus em minha vida. As minhas irmãs, Thayna e Jéssica pelo carinho.*

*Amo muito vocês!!!!*

## **AGRADECIMENTOS**

*À Deus por toda sabedoria, paciência, proteção, amor pois se estou chegando até aqui é porque nunca estive desamparada e porque tu me destes o dom da vida.*

*Aos meus pais por todo incentivo, confiança, força, coragem em cada momento que precisava.*

*À minha família e familiares por todo carinho, atenção e amizade.*

*Ao meu orientador Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros, pela paciência, atenção, conselhos, apoio, amizade, confiança e pela oportunidade.*

*À minha co-orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Nilva Kazue Sakomura, pela oportunidade e por ter acreditado em mim.*

*Aos membros da banca de qualificação: Prof. Dr. Robert M. Gous e Prof. Dr. Luciano Hauschild por todas as sugestões e correções sugeridas.*

*Aos membros da banca de defesa Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Freitas Pinheiro e Prof. Dr. Luciano Hauschild por correções sugeridas e ensinamentos.*

*À minha amiga de todas as horas, Miryelle Freire Sarcinelli, por todos os conselhos, paciência, carinho, atenção, amizade, cuidado, enfim por ser uma irmã pra mim.*

*Aos meus amigos Ana Carolina Tozzo Guimarães, Annita Girardi, Daniella C.Z. Donato, Joyce Sato, Paula Andrea Toro Velásquez, Fabrício Hiroda Hada, por todo apoio, risadas, choros, colos, conselhos, amizade, por tudo o que passamos juntos, pois sem vocês Jaboticabal não seria a mesma.*

*Aos meus amigos Rafael Henrique Marques e Rodrigo Antonio Gravena, pela amizade, por estarem sempre dispostos a me ajudar e por me proporcionar muitas risadas.*

*À minhas amigas Josiane Roccon, Juliana Picareli, Fabiana Ribeiro Barreiro, Melina Aparecida Bonato, Giuliana Milan de Andrade, Viviane Morita, pela amizade, conselhos e momentos alegres em Jaboticabal.*

*À equipe de trabalho: Ana Carolina Tozzo Guimarães, Bruna Agy Loureiro, Cleber Franklin, Daniella C.Z. Donato, Danilo Makino, Edney Pereira da Silva, Flávia Gatti, Gabriela Geraldí, Iris M. Kawauchi, Jaqueline Gobi, Jaqueline Moreira Rafael,*

*José Anchieta de Araújo, Juliano C.P. Dorigam, Luciano Hauschild, Marco Antonio, Melina Aparecida Bonato, Miryelle Freire Sarcinelli por toda ajuda e colaboração na realização do experimento.*

*Ao Edney Pereira da Silva, pela amizade e por toda paciência e ajuda na elaboração dos modelos, não importando a hora que eu precisasse dele.*

*Aos funcionários do aviário Robson, Isildo e Vicente por estarem sempre dispostos a ajudar e por todas as conversas, conselhos e amizade.*

*Aos funcionários da fábrica de ração, Seu Osvaldo, Elinho e Sandra pelo apoio na fabricação da ração.*

*A secretaria do Departamento de Ciências Exatas, Adriana por toda ajuda e suporte em todos os momentos.*

*Aos funcionários da seção de pós graduação, Diego, Karina, Márcia e Rodrigo por todo suporte, orientações e paciência.*

*As minhas “fidiguentas” lindas, por todas as bicadas, beliscões, por cada ovo posto e por todo estresse causado a mim e a elas, pois sem elas esse trabalho jamais seria concluído.*

*A FAPESP pela bolsa concedida e pelo auxílio nas pesquisas, pois sem isso não seria possível a realização do trabalho.*

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

## SUMÁRIO

	<i>Páginas</i>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XV</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA POEDEIRAS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR AS RESPOSTAS DE LISINA PARA POEDEIRAS.....</b>	<b>5</b>
<b>4. MODELOS PARA PREDIZER AS RESPOSTAS NUTRICIONAIS POEDEIRAS.....</b>	<b>6</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 2 – MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS.....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>14</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Animais e instalações.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Delineamento experimental.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Dietas experimentais.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Manejo.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Coleta de dados.....</b>	<b>20</b>
<b>2.6 Ensaios de digestibilidade.....</b>	<b>22</b>
<b>2.7 Estimativas das respostas das aves através da ingestão de lisina para determinar o nível ótimo (Dose-resposta).....</b>	<b>23</b>
<b>2.8 Modelo de “Reading” para estimar o nível ideal de lisina (Fatorial).....</b>	<b>24</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>

<b>3.1 Estimativas dos níveis de lisina com base na resposta das aves .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Estimativas dos níveis ótimos econômicos com base no modelo de "Reading" .....</b>	<b>43</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>50</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>

## LISTA DE FIGURAS

**Páginas**

### **CAPÍTULO 2 – MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

<b>FIGURA 1.</b> Massa de ovos em função do consumo de lisina para o primeiro período experimental.....	<b>35</b>
<b>FIGURA 2.</b> Massa de ovos em função do consumo de lisina para o segundo período experimental.....	<b>35</b>
<b>FIGURA 3.</b> Massa de ovos em função do consumo de lisina para o terceiro período experimental.....	<b>35</b>
<b>FIGURA 4.</b> Massa de ovos em função do consumo de lisina para o quarto período experimental.....	<b>35</b>
<b>FIGURA 5.</b> Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o primeiro período experimental.....	<b>38</b>
<b>FIGURA 6.</b> Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o segundo período experimental.....	<b>38</b>
<b>FIGURA 7.</b> Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o terceiro período experimental.....	<b>38</b>
<b>FIGURA 8.</b> Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o quarto período experimental .....	<b>38</b>
<b>FIGURA 9.</b> Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o primeiro período experimental.....	<b>42</b>
<b>FIGURA 10.</b> Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o segundo período experimental.....	<b>42</b>
<b>FIGURA 11.</b> Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o terceiro período experimental.....	<b>42</b>
<b>FIGURA 12.</b> Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o quarto período experimental .....	<b>42</b>

## LISTA DE TABELAS

**Páginas**

### **CAPÍTULO 2 – MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

<b>TABELA 1.</b> <i>Composição centesimal das dietas utilizadas para compor os tratamentos .....</i>	<b>19</b>
<b>TABELA 2.</b> <i>Proporções das dietas isenta e concentrada para composição das dietas experimentais do ensaio de lisina .....</i>	<b>19</b>
<b>TABELA 3.</b> <i>Composição nutricional das dietas utilizadas no ensaio .....</i>	<b>20</b>
<b>TABELA 4.</b> <i>Médias (<math>\pm</math> erros padrão) das temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas registradas diariamente no galpão experimental de acordo com cada período experimental.....</i>	<b>21</b>
<b>TABELA 5.</b> <i>Teores de aminoácidos totais (analisado) e aminoácidos digestíveis (determinado) do milho e do farelo de soja utilizados nas dietas experimentais.....</i>	<b>22</b>
<b>TABELA 6.</b> <i>Consumo de ração e de lisina para poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina na dieta .....</i>	<b>25</b>
<b>TABELA 7.</b> <i>Estatísticas obtidas na análise de variância para produção de ovos (%) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina.....</i>	<b>25</b>
<b>TABELA 8.</b> <i>Estatísticas obtidas na análise de variância para o consumo de ração (g/ave/dia) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina.....</i>	<b>27</b>
<b>TABELA 9.</b> <i>Estatísticas obtidas na análise de variância para o consumo de lisina (mg/ave/dia) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina.....</i>	<b>28</b>
<b>TABELA 10.</b> <i>Estatísticas obtidas na análise de variância para o peso médio dos ovos (g) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina.....</i>	<b>29</b>
<b>TABELA 11.</b> <i>Estatísticas obtidas na análise de variância para massa de ovos (g) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina .....</i>	<b>30</b>
<b>TABELA 12.</b> <i>Estatísticas obtidas na análise de variância para conversão alimentar por massa de ovos (CAM, g/g) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina .....</i>	<b>31</b>

<b>TABELA 13.</b> Estatísticas obtidas na análise de variância para conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD, kg/dz) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina .....	<b>32</b>
<b>TABELA 14.</b> Efeito do consumo de lisina digestível sobre as variáveis de porcentagem de gema (PG), de casca (PC) e do albúmen (PA).....	<b>33</b>
<b>TABELA 15.</b> Equações ajustadas por período para massa de ovos (MO) em função do consumo de lisina digestível para poedeiras na fase de postura .....	<b>34</b>
<b>TABELA 16.</b> Equações ajustadas por período para conversão alimentar por massa de ovos (CAM) em função do consumo de lisina digestível para poedeiras na fase de postura .....	<b>37</b>
<b>TABELA 17.</b> Equações ajustadas por período para conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD) em função do consumo de lisina digestível para poedeiras na fase de postura .....	<b>41</b>
<b>TABELA 18.</b> Dados utilizados para elaboração do modelo de “Reading” .....	<b>44</b>
<b>TABELA 19.</b> Equações ajustadas pelo modelo de “Reading” em cada período.....	<b>45</b>
<b>TABELA 20.</b> Parâmetros de produção, manutenção e eficiência de utilização de lisina .....	<b>49</b>
<b>TABELA 21.</b> Parâmetros utilizados na simulação dos modelos propostos .....	<b>49</b>

## **MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

**RESUMO** - O experimento teve por objetivo estimar exigências em lisina digestível para poedeiras utilizando a metodologia dose-resposta e fatorial (modelo de "Reading"). Foram utilizadas 384 aves da linhagem Dekalb White. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído de oito tratamentos, seis repetições, com oito aves por unidade experimental. As respostas para produção, massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de ovos foram ajustadas de acordo com o consumo de lisina pelos modelos broken line e polinomial quadrático por cada período experimental (28 dias). A partir das resposta de lisina para os coeficientes de massa de ovos e peso corporal, foi proposto modelos fatoriais para cada período experimental. Para avaliar a aplicabilidade dos modelos foi gerada uma simulação aleatória com 5000 indivíduos. A exigência estimada de lisina de acordo com a combinação do modelo broken line e quadrático para massa de ovos, no primeiro (33-36 semanas), segundo (37-40 semanas), terceiro (41-44 semanas) e quarto (45-48 semanas) período foram respectivamente, 632; 718; 699 e 684 mg/ave/dia. Enquanto na conversão alimentar por massa de ovos estimou-se 606; 552; 594 e 577 mg/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período respectivamente. A conversão alimentar por dúzia de ovos forneceu a estimativa de consumo de lisina de 575; 577; 590 e 564 mg/ave/dia, respectivamente para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental. As estimativas médias de lisina encontradas pelo modelo de "Reading" para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período foram respectivamente 495; 598; 565 e 575 mg/ave/dia. O nível ótimo econômico para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período, respectivamente foi de 590, 778, 601 e 715 mg/ave/dia.

**Palavras-chave:** aminoácidos, aves de postura, broken line, modelo de "Reading", polinomial quadrático

## **MODELS TO ESTIMATE THE LYSINE REQUIREMENTS FOR LAYING HENS**

**SUMMARY** - The experiment aimed at estimating lysine requirements for laying hens using the methodology and factorial dose-response model ("Reading"). 384 birds were used Dekalb strain of White. The design was completely randomized, consisting of eight treatments, six replicates of eight birds each. The answers to production, egg mass, feed conversion per dozen eggs and mass were adjusted according to the consumption of lysine by the broken line model and quadratic polynomial for each experimental period (28 days). From the response of lysine to the coefficients of egg mass and body weight, was proposed factor models for each trial. To evaluate the applicability of a simulation model was generated with 5000 random individuals. The estimated lysine requirement according to the combination of the broken line and quadratic model for egg mass in the first (33-36 weeks), second (37-40 weeks), third (41-44 weeks) and fourth (45 - 48 weeks) period were respectively 632, 718, 699 and 684 mg / bird / day. While feed conversion per egg mass was estimated 606, 552, 594 and 577 mg/bird/day for the first, second, third and fourth quarter respectively. Feed per dozen eggs provided the estimate of lysine intake of 575, 577, 590 and 564 mg/bird/day, respectively for first, second, third and fourth trial. The average estimates of lysine found by the model of "Reading" for the first, second, third and fourth period were respectively 495, 598, 565 and 575 mg/bird/day. The economic optimum level for the first, second, third and fourth period, respectively was 590, 778, 601 and 715 mg/bird/day.

**Keywords:** amino acids, broken line, laying hens, "Reading," model quadratic polynomial

## **CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

*Nos últimos anos, a avicultura de postura teve um grande desenvolvimento resultando no aumento da produção. Essa melhora é atribuída a mudanças tecnológicas ocorridas no setor e nas áreas de melhoramento genético, nutrição e sanidade. O avanço no conhecimento da nutrição possibilitou aos profissionais formular dietas mais próximas da exigência animal, evitando assim, o desbalanço dos nutrientes. Com isso, as dietas estão sendo elaboradas visando maior eficiência produtiva, menores custos de produção e redução na emissão de poluentes via excreção de nitrogênio, minimizando os danos causados ao meio ambiente.*

*As poedeiras possuem grande necessidade de proteína na dieta, pois este nutriente é essencial na formação da gema e principalmente na formação do albúmen do ovo. A capacidade de estocar proteína em poedeiras é limitada e o tamanho e a produção de ovos estão diretamente relacionados com a ingestão diária de proteína. Portanto, é imprescindível que os níveis de proteína da dieta e o consumo de ração estejam adequados para que as aves possam atingir a máxima produção de ovos (PESTI, 1992).*

*As exigências de proteína para poedeiras estão relacionadas principalmente aos componentes de produção e peso dos ovos, além da manutenção, crescimento dos tecidos corporais e nível de empenamento das aves (FARIA et al., 2005).*

*O excesso ou a deficiência de aminoácidos pode prejudicar a eficiência de utilização da proteína. Segundo D'MELLO (2003) o desbalanço de aminoácidos reduz a ingestão dos alimentos e a eficiência na utilização dos mesmos.*

*Com o objetivo de reduzir as perdas por desbalanço de aminoácidos, MITCHELL et al. (1964) desenvolveram o conceito da proteína ideal. Os autores descreveram que o balanço ideal de 16 aminoácidos na dieta é capaz de prover,*

*sem deficiências nem excessos, as exigências de todos os aminoácidos, para a perfeita manutenção e crescimento dos animais.*

*AUSTIC (1986) descreveu que a deficiência em aminoácidos na dieta ocasiona redução da concentração do aminoácido limitante no plasma. A partir disso, o cérebro recebe sinal ficando responsável em ativar mecanismos para reduzir o consumo de alimentos.*

*A ingestão excessiva de aminoácidos pode desencadear o excesso dos mesmos no sangue, prejudicando o desempenho dos animais. As aves controlam o consumo de ração a partir da diminuição do apetite. O consumo excessivo gera incremento calórico desnecessário na digestão e no metabolismo, aumentando ainda o gasto de energia devido maior eliminação do nitrogênio através do ácido úrico (ANDRIGUETTO et al., 2003).*

*As pesquisas que visam estimar as exigências de aminoácidos para aves de postura levam em consideração uma complexidade de fatores que podem agir coletivamente ou individualmente. Os níveis ótimos dos aminoácidos podem variar em função de fatores genéticos, estresse imunológico, idade, diversos fatores dietéticos e climáticos (BAKER & HAN, 1994; ROSTAGNO et al., 1999; LEMME, 2005; ROSTAGNO et al., 2005; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007). Além desses fatores, as estimativas das exigências dos aminoácidos podem sofrer influência direta do modelo matemático utilizado na descrição das respostas (PESTI et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2009), pois alguns modelos tendem a superestimar os resultados e outras subestimar.*

*Os métodos de pesquisa para estimar as respostas de aminoácidos compreendem o método dose resposta e o fatorial (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).*

*O método dose-resposta estima a exigência nutricional do aminoácido pela avaliação de resposta de variáveis pré-estabelecidas (produção de ovos, conversão alimentar, entre outras) pelo fornecimento de níveis crescentes do aminoácido na dieta. Esse método é o mais utilizado em pesquisas com aves por apresentar praticidade e ser de fácil execução. Uma desvantagem dessa metodologia é que as estimativas obtidas pelo método dose-resposta só poderão*

*ser aplicadas em condições semelhantes a que o experimento foi realizado (OVIEDO-RONDÓN & WALDROUP, 2002; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).*

*O método fatorial estima a exigência nutricional para atender as principais funções metabólicas dos animais divididas em manutenção, crescimento e/ou produção. Esse método é apresentado na forma de vários modelos matemáticos que permitem estimar as respostas considerando diferentes características, relacionando-as a fatores ambientais e seus efeitos sobre os animais (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).*

*Tendo em vista a importância dos modelos para determinar as exigências de aminoácidos é imprescindível à realização de novos estudos, possibilitando a elaboração de modelos que permitam determinar com maior acurácia e precisão as respostas das aves de postura a lisina. Assim, os objetivos desse trabalho foram: (1) determinar as respostas de lisina pela metodologia dose resposta através da análise de medidas repetidas no tempo; (2) determinar o consumo de lisina para obtenção da melhor resposta das aves (3) determinar os parâmetros para manutenção e produção de ovos e o ótimo econômico com base no modelo de "Reading" (4) elaborar modelos para predição das exigências de lisina para aves em produção utilizando os métodos dose resposta e fatorial.*

## **2. EXIGÊNCIAS DE LISINA PARA POEDEIRAS**

*O termo exigência é definido como concentração fixa de um dado nutriente na ração e, de acordo com PACK et al. (1996), este termo é muitas vezes, usado indevidamente, em parte porque não é definido corretamente. O autor menciona que não há exigência de um nutriente para um dado lote de animais. A questão é entender como o animal ou grupo de animais respondem ao aumento dos níveis de um nutriente e, para estimar o nível ótimo do mesmo, deve ser considerada a avaliação econômica. Apesar de parecer óbvio, muitos pesquisadores não levam em consideração essa linha de pensamento.*

*O nível ótimo protéico é definido como aquele suficiente para atender a exigências dos aminoácidos para as aves, sendo necessário estabelecer a ordem*

dos aminoácidos limitantes, com a finalidade de evitar excessos ou deficiências desses nutrientes.

Segundo ANDRIGUETTO et al. (2003) as aves não conseguem produzir todos os aminoácidos essenciais, devendo portanto, suas necessidades serem supridas na dieta. VIEIRA & BERRES (2007) afirmam que os primeiros aminoácidos limitantes para a maioria das dietas das aves são os aminoácidos sulfurosos (metionina e cistina), seguidos da lisina e da treonina.

A lisina, apesar de ser o segundo aminoácido limitante para aves, é utilizada como aminoácido referência para o conceito da proteína ideal, por ser de fácil análise nos alimentos, ter exigência conhecida em diferentes condições ambientais e sua função no metabolismo ser, quase que exclusivamente, a deposição de proteína no ovo ou corporal (PACK, 1995).

Resultados de pesquisas sobre as respostas da lisina para poedeiras visando eficiência produtiva satisfatória têm apresentado uma diversidade de respostas, possivelmente em virtude dos diversos fatores que podem interferir na exigência nutricional das aves (LEESON & SUMMERS, 2001). ROSTAGNO et al. (2005) preconizaram 796 mg de lisina/ave/dia para poedeiras leves com peso corporal de 1,470 kg, massa de ovo de 55 g/dia e consumo de ração 105 g/dia. O NRC (1994) preconiza para poedeiras leves o consumo de 690 mg de lisina/ave/dia.

HIRAMOTO et al. (1990), observaram que a deficiência de lisina provocou redução na síntese protéica, prejudicando o desempenho do animal, pois a lisina é importante na formação da proteína do ovo e proteína corporal das poedeiras. SÁ et al. (2007), relataram que quando as aves consumiram 893 mg/ave/dia de lisina digestível, tiveram produção de ovos de 92,48% e pode ser explicada pela baixa relação aminoacídica de metionina+cistina: lisina e treonina: lisina (90 e 68%).

GOULART (1997) testando níveis crescentes de lisina total na ração de poedeiras leves e semipesadas, no período de 21 a 37 semanas de idade, observou diferença estatística dos níveis de lisina para produção, peso, massa de ovos e conversão alimentar, sendo os melhores resultados obtidos nos níveis de

820 a 815 mg de lisina/ave/dia para poedeiras leves e semipesadas, respectivamente.

*Em geral, a recomendação dos nutrientes para poedeiras na fase de cria, recria e produção é feita por empresas responsáveis pela produção e comercialização de ovos. Essas recomendações, de uma forma geral, são superiores às recomendações propostas em diversas tabelas de exigências nutricionais (ROSTAGNO et al., 1996).*

*Devido à variabilidade nos resultados obtidos nas pesquisas para determinar as respostas de lisina para aves em postura são necessário pesquisas que possam obter níveis nutricionais mais precisos.*

### **3. MÉTODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR AS RESPOSTAS DE LISINA PARA POEDEIRAS**

*O método dose-resposta se baseia na resposta média de um grupo de animais alimentados com dietas contendo níveis crescentes de lisina. Este método é amplamente empregado em estudos para estimar as exigências de aminoácidos para aves, pois apresenta algumas vantagens como reduzido custo de operação, praticidade na execução e na análise estatística. Por outro lado, fatores como genética, idade, sexo, clima, podem causar imprecisão na determinação do nível ótimo aminoácídico (ROSTAGNO et al., 1999; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007). Com isso, o uso deste método é restrito a condições idênticas àquelas em que as exigências foram estabelecidas.*

*Segundo EUCLYDES & ROSTAGNO (2001), a adição de um nutriente limitante na ração, mantendo níveis adequados dos demais nutrientes, promove crescimento do animal até que sua exigência seja atendida. A partir daí, existirá uma faixa de estabilização no crescimento e, em seguida, dependendo do nutriente, poderá ocorrer uma perda de peso do animal.*

*O método fatorial é baseado no princípio de que a resposta do animal para determinado nutriente é que define a quantidade necessária do nutriente para manutenção, crescimento protéico, engorda e produção, levando em consideração*

*as diferenças de peso, composição corporal, potencial de crescimento e produção de ovos (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).*

*Segundo SIQUEIRA (2009) este método representa uma ferramenta para compreender o metabolismo energético e protéico das aves que são de suma importância para elaboração dos modelos. Quando as exigências de aminoácidos são determinadas por meio do método fatorial, ele leva em consideração o estado metabólico no qual o animal se encontra e os aspectos biológicos da utilização dos nutrientes. Nessa metodologia as exigências são calculadas com base em único indivíduo pela soma das exigências para manutenção e produção.*

*De acordo com BAKER (1995), seria mais lógico estimar as exigências de lisina com base no método fatorial e considerar as relações ideais para estabelecer as exigências dos demais aminoácidos. O autor ainda afirma que para obter uma estimativa precisa da exigência de lisina é necessário ter as seguintes informações: curvas do acréscimo de proteína em função do peso corporal, concentração de lisina da proteína corporal e do ovo, informação do consumo de alimento em função do peso corporal ou produção de ovos, informação do ambiente do sistema de produção e como o estresse afeta o consumo alimentar e o potencial de crescimento e produção, estimativas da exigência de lisina para manutenção, da eficiência de utilização do aminoácido e da digestibilidade.*

*Tendo em vista a importância dos modelos para determinar as exigências de aminoácidos e a escassez de trabalhos na literatura nacional é imprescindível a realização de novos estudos, possibilitando a elaboração de modelos que permitam determinar com maior acurácia e precisão as exigências de lisina para aves de postura.*

#### **4. MODELOS PARA PREDIZER AS RESPOSTAS NUTRICIONAIS DE POEDEIRAS**

*Existe na avicultura um interesse crescente na construção de modelos, pois estes são úteis na investigação econômica e nas decisões de gestão e na*

identificação de lacunas no conhecimento atual dos processos biológicos envolvidos na produção.

De acordo com SPEDDING (1988) modelagem é a abstração e simplificação da realidade capaz de integrar as principais interações e comportamento do sistema estudado, apta a ser manipulada com o objetivo de prever as conseqüências da modificação de um ou de vários parâmetros sobre o comportamento do sistema. Esta é, sobretudo, uma tentativa de integração de diferentes fenômenos, sendo limitada pelos recursos humanos e materiais disponíveis e/ou utilizados na sua construção.

A elaboração dos modelos dentro da avicultura, segundo ZOONS et al. (1991) é constituída de três fases. A primeira está relacionada com a observação das variáveis independentes (entrada) e dependentes (saída), considerando o objetivo do modelo. Na segunda fase são identificadas as estruturas com diferentes relações matemáticas para elaboração do modelo, sem se preocupar com os valores dos parâmetros (geralmente obtidos por estudos dose resposta) e a terceira e conclusiva fase implica na avaliação dos modelos. Essas avaliações podem ser realizadas por meio de ensaios de desempenho, por comparação de valores preditos com valores observados em situações reais ou ainda por simulações, possibilitando verificar a utilização do modelo (SAKOMURA & ROSTANGNO, 2007).

HURWITZ & BORNSTEIN (1973) elaboraram os primeiros modelos de predição das respostas de aminoácidos para aves de postura. As exigências totais de aminoácidos foram obtidas a partir da soma das necessidades para manutenção, crescimento e produção de ovos, sendo os coeficientes que expressam cada uma destas frações determinados de maneira independente. Os autores concluíram que os modelos proporcionaram estimativas menores que os valores recomendados na literatura e atribuíram este resultado ao fato dos modelos considerarem a ineficiência de conversão dos aminoácidos dietéticos em proteínas do ovo.

CURNOW (1973) desenvolveu um dos primeiros modelos de predição na Universidade de Reading. O Modelo de "Reading" determina os requerimentos em

*aminoácidos para maximizar os lucros, baseando-se na relação do custo dos aminoácidos com o valor do produto e o desvio padrão dos parâmetros das respostas de frangos e aves de postura. O modelo de "Reading" apresenta uma curva sigmoideal característica, que considera a resposta de um indivíduo como modelo fatorial simples e, em seguida, deriva a resposta integrada média da população a partir de um grande número de respostas individuais.*

*HURWITZ et al. (1983), elaboraram um modelo para estimar as necessidades de aminoácidos para perus em crescimento, considerando a composição da carcaça, das penas e o balanço de nitrogênio. As respostas do modelo foram obtidas pelo somatório das exigências de manutenção, ganho de peso da carcaça com e sem penas. Os autores relataram que as estimativas das exigências dos aminoácidos foram parecidas com as recomendadas pelo NRC (1977).*

*A metodologia dose-resposta permite a elaboração de modelos empíricos, fornecendo a relação entre variável dependente e uma variável independente, sem levar em consideração os mecanismos que controlam o fenômeno. A metodologia fatorial permite a elaboração de modelos mecanicistas, que são necessários para resolver problemas que envolvem diversos fatores, tentando explicar ou descrever todos os mecanismos envolvidos (REZENDE et al., 2000). A vantagem destes modelos é que eles podem ser usados em uma ampla gama de circunstâncias quando relacionados aos modelos empíricos.*

*A utilização de modelos de predição de aminoácidos para aves em postura, no Brasil, é escassa. Nas Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2005), a concentração de lisina digestível na dieta de galinhas poedeiras é determinada a partir de dados de peso médio, ganho médio diário, massa de ovo e consumo de ração. Esses dados são aplicados na equação para estimar as exigências de lisina digestível (g/dia) para manutenção, ganho de peso e massa de ovo. Posteriormente, sabendo-se o consumo diário do animal, calcula-se a porcentagem de lisina digestível da ração. As exigências dos outros aminoácidos essenciais são estimadas aplicando-se o conceito da proteína ideal. O modelo recomendado nas*

*Tabelas Brasileiras para estimar a exigência de lisina digestível de aves em postura é mostrado a seguir: Lis Dig.(g/ave/dia)= 0,1 P<sup>0,75</sup> + 0,020.G + 0,0115. MO*  
 Em que, P= Peso em kg; G= Ganho em g /dia; MO= Massa de ovo em g/dia.

*Sabe-se que a elaboração de novos modelos de predição para estimar as exigências de lisina, fundamentado na deposição de proteína do ovo poderá contribuir para avanços nos conhecimentos nutricionais, possibilitando assim, máxima utilização dos aminoácidos, visando maior retorno econômico e benefícios ambientais para o país.*

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; FLEMMING, J.S.; GEMAEL, A.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição Animal**, Editora Nobel, volume 1, 2003.*

*AUSTIC, R.E. Biochemical description of nutritional effects. In: FISHER, C.; BOORMAN, K.N. (Eds). **Nutrient requirement of poultry and nutritional research**. London: Butterworths, 1986.p.59-57.*

*BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, v.73, p.1441-1447, 1994.*

*BAKER, D.H. Ideal Amino Acid Profiles for Swine and Poultry and their Applications in feed formulation. **Biokywa Technical Review**. v.9, p.1-24, 1995.*

*CURNOW, R.N. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. **Biometrics**, v.29, p.1-10, 1973.*

*D'MELLO, J.P.F. Responses of growing poultry to amino acids. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acid in animal nutrition**. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, 2003. p.237-264.*

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, PR, 2001. p.77-88.

FARIA, D.E.; SANTOS, L.A. Nutricional requeriments of layer s. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2005, Viçosa, **Anais...** Viçosa-MG, p.145-157, 2005.s. In: II SIMPÓSIO.

GOULART, C.C. **Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas**. 1997. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

HIRAMOTO, K.; MURAMATSU, T.; OKUMURA, J. Effect of methionine and lysine deficiencies on protein synthesis in the liver and oviduct and in the whole body of laying hens. **Poultry Science**, v.69, p.84-89, 1990.

HURWITZ, S.; BORNSTEIN, S. The protein and amino acid requirement of laying hens: suggest models for calculations. **Poultry Science**, v.52, p.1124-1134, 1973.

HURWITZ, S.; FRISCH, Y. BAR, A.; EISNER, U.; BENGAL, I.; PINES, M. The amino acid requirements off growing turkeys: model construction and parameter estimation. **Poultry Science**, v.62, p.2208-2217, 1983.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4nd ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

LEMME, A. Optimum dietary amino acid level for broiler chicken. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2., 2005, Viçosa. **Anais...** Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 2005. p.117-144.

MC DONALD, M. W. Lysine and methionine supplements in diets for laying pullets. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.30, p.983-990, 1979.

MITCHELL, B.D., FARMER, V.C., MCHARDY, W.J Amorphous inorganic materials in soils: **Adv. Agron**, v.16, p.327-383, 1964.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 7<sup>th</sup> ed. Washington.: National Academy of Science, 1977.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9<sup>th</sup> ed. Washington.: National Academy of Science, 1994.

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

PACK, M. Proteína ideal para frangos de corte. Conceito e posição atual. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1995, Curitiba. **Palestras...** Curitiba: Fundação Avícola de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1995. p.95-110.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'Mello J.P.F. **Amino Acids in Animal Nutrition**, 2nd edition, CABI Publishing. p.459-483, 1996.

PESTI, G.M. Temperatura ambiente e exigências de proteína e aminoácidos para poedeiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NÃO RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1992. p.208-219.

PESTI, G.M.; VEDENOV, D.; CASON, J.A.; BILLARD, L. A comparison of methods to estimate nutritional requirements from experimental data. **British Poultry Science**, v. 50, p.16 - 32, 2009.

REZENDE, D. M. L. C.; MUNIZ, J. A.; FERREIRA, D. F. Proposição de um modelo não linear com response plateau. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS), 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 96-99.

ROSTAGNO, H.S.; BARBARINO, P.; BARBOZA, W. Exigência de alimentos das aves determinadas no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, Viçosa, MG, 1996. **Anais...** Viçosa: DZO, 1996. p.361-388.

ROSTAGNO, H.S.; NASCIMENTO, A.H.; ALBINO, L.F.T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: CONFERÊNCIA APINCO, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: APINCO, 1999. p.63-66.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005.

SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de lisina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1829-1836, 2007.

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

SIQUEIRA, J. C. **Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial**. 2009. 178f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Univerdidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FERNANDES, J.B.K. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.

SPEDDING, C.R.W. General aspects of modeling and its aplication in livestock production. In: KORVER, S., VAN AREDONK, J.A.M (Eds). **Modeling of livestock production systems**. London: Kluwer Academic, 1988. p.3-13.

VIEIRA, S.L.; BERRES, J. El Cuarto Aminoácido Limitante para Pollos de Engorde. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AVICULTURA, Porto Alegre, RS, 2007. **Anais...** Porto Alegre, RS, 2007. p.143-152.

ZOONS, J.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Mathematical models in broiler raising. **World's Poultry Science Journal**. v.47, p.243–255. 1991.

## **CAPITULO 2 - MODELOS PARA ESTIMAR AS EXIGÊNCIAS DE LISINA DIGESTÍVEL PARA POEDEIRAS COMERCIAIS**

**RESUMO** - O experimento teve por objetivo estimar exigências em lisina digestível para poedeiras utilizando a metodologia dose-resposta e fatorial (modelo de "Reading"). Foram utilizadas 384 aves da linhagem Dekalb White. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído de oito tratamentos, seis repetições, com oito aves por unidade experimental. As respostas para produção, massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de ovos foram ajustadas de acordo com o consumo de lisina pelos modelos broken line e polinomial quadrático por cada período experimental (28 dias). A partir das respostas de lisina para os coeficientes de massa de ovos e peso corporal, foi proposto modelos fatoriais para cada período experimental. Para avaliar a aplicabilidade dos modelos foi gerada uma simulação aleatória com 5000 indivíduos. A exigência estimada de lisina de acordo com a combinação do modelo broken line e quadrático para massa de ovos, no primeiro (33-36 semanas), segundo (37-40 semanas), terceiro (41-44 semanas) e quarto (45-48 semanas) período foram respectivamente, 632; 718; 699 e 684 mg/ave/dia. Enquanto na conversão alimentar por massa de ovos estimou-se 606; 552; 594 e 577 mg/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período respectivamente. A conversão alimentar por dúzia de ovos forneceu a estimativa de consumo de lisina de 575; 577; 590 e 564 mg/ave/dia, respectivamente para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental. As estimativas médias de lisina encontradas pelo modelo de "Reading" para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período foram respectivamente 495; 598; 565 e 575 mg/ave/dia. O nível ótimo econômico para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período, respectivamente foi de 590, 778, 601 e 715 mg/ave/dia.

**Palavras-chave:** aminoácidos, aves de postura, broken line, modelo de "Reading", polinomial quadrático

## **CHAPTER 2 – MODELS TO ESTIMATE THE LYSINE REQUIREMENTS FOR LAYING HENS**

**SUMMARY** - *The experiment aimed at estimating lysine requirements for laying hens using the methodology and factorial dose-response model ("Reading"). 384 birds were used Dekalb strain of White. The design was completely randomized, consisting of eight treatments, six replicates of eight birds each. The answers to production, egg mass, feed conversion per dozen eggs and mass were adjusted according to the consumption of lysine by the broken line model and quadratic polynomial for each experimental period (28 days). From the response of lysine to the coefficients of egg mass and body weight, was proposed factor models for each trial. To evaluate the applicability of a simulation model was generated with 5000 random individuals. The estimated lysine requirement according to the combination of the broken line and quadratic model for egg mass in the first (33-36 weeks), second (37-40 weeks), third (41-44 weeks) and fourth (45-48 weeks) period were respectively 632, 718, 699 and 684 mg/bird/day. While feed conversion per egg mass was estimated 606, 552, 594 and 577 mg/bird/day for the first, second, third and fourth quarter respectively. Feed per dozen eggs provided the estimate of lysine intake of 575, 577, 590 and 564 mg/bird/day, respectively for first, second, third and fourth trial. The average estimates of lysine found by the model of "Reading" for the first, second, third and fourth period were respectively 495, 598, 565 and 575 mg/bird/day. The economic optimum level for the first, second, third and fourth period, respectively was 590, 778, 601 and 715 mg/bird/day.*

**Keywords:** *amino acids, broken line, laying hens, "Reading," model quadratic polynomial*

## 1. INTRODUÇÃO

*Estudos de determinação das respostas de aminoácidos para poedeiras têm ocupado grande espaço na literatura científica, uma vez que é prática universal calcular rações comerciais a partir dos requerimentos de aminoácidos essenciais em vez da proteína bruta. O uso de rações balanceadas pelo conceito de proteína bruta pode comprometer o desempenho das aves por poder conter excesso ou deficiência de aminoácidos com conseqüente excreção de nitrogênio, no ambiente. Dessa forma, adota-se o conceito de proteína ideal, pelo qual a ração possui balanço teoricamente exato de aminoácidos, capaz de fornecer, as aves as quantidades necessárias de aminoácidos para seu ótimo desempenho.*

*Dentre os aminoácidos a lisina é considerada fisiologicamente essencial para manutençã, crescimento e produção, atuando principalmente na síntese de proteínas musculares participando em menores proporções em processos metabólicos intermediários (BAKER & HAN, 1994). A lisina é considerada essencial, pois é sintetizada em pequenas quantidades não atendendo as necessidades do animal, sendo, portanto, necessária a ingestão de fontes de lisina, como proteínas intactas do alimento ou a L-lisina HCl. Este aminoácido é utilizada como aminoácido referência em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal por ser o primeiro aminoácido limitante na maioria das dietas para suínos e o segundo, depois dos aminoácidos sulfurosos, para aves. Além disso, este aminoácido encontra-se disponível na forma cristalina para ser utilizada nas rações práticas dos animais e sua análise laboratorial é simples e direta.*

*Atualmente, as respostas nutricionais são estimadas por meio de dois métodos: dose-resposta e fatorial. Na sua grande maioria, as exigências de aminoácidos para poedeiras são definidas por ensaios utilizando o método dose resposta, onde as exigências são determinadas baseadas em respostas médias de grupos de animais alimentados com dietas contendo níveis crescentes do aminoácido teste. Porém fatores como genética, sexo, condições ambientais, entre outros afetam o desempenho das aves e conseqüentemente dificultam*

*estabelecer o nível nutricional adequados Dessa forma, os valores estimados só podem ser aplicados na mesma condição em que foram estabelecidos.*

*No método fatorial quando as exigências são estimadas, é considerado o estado metabólico do animal e aspectos biológicos da utilização de nutrientes. O método é considerado determinista, pois os parâmetros dos componentes do método (manutenção e produção) são estimados com base na resposta média de um grupo de animais.*

*Existem na literatura vários estudos com estimativas do nível ideal de lisina para poedeiras, com uma diversidade de respostas, possivelmente em virtude dos diversos fatores que podem interferir nessa resposta. Nesse sentido considerando as respostas das aves, o uso de modelos para prever o nível ideal de aminoácidos vem se tornando cada vez mais popular (MOUGHAN, 1994).*

*Com isso, tendo em vista a importância dos modelos para estimar as exigências de lisina e a escassez de trabalhos torna-se imprescindível a realização de novos estudos para a elaboração de modelos que permitam bons ajuste e boa aplicabilidade. Diante do exposto o objetivo desse estudo foi estimar a exigência de lisina digestível para poedeiras utilizando diferentes metodologias.*

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

*O experimento foi conduzido no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Jaboticabal.*

### **2.1 Animais e Instalações**

*Foram utilizadas 384 aves da linhagem Dekalb White com 32 a 48 semanas de idade. Os animais receberam ração de postura de 18 a 32 semanas e nesse período foi acompanhada a produção dos ovos. O experimento foi delineado na 32ª semana e a distribuição das poedeiras nos tratamentos foi de acordo com o*

peso corporal e a postura. O manejo e o programa de luz foram realizados conforme as recomendações do manual da linhagem, com 16 horas de luz.

As aves foram alojadas em galpão convencional de 3 m de largura e 2 m de pé direito, composto internamente por gaiolas de arame galvanizado com quatro compartimentos (25x40x40 cm), distribuídas lateralmente em dois andares, distantes 0,80 m do piso com comedouro galvanizado percorrendo toda extensão frontal das gaiolas acopladas com bebedouros tipo nipple.

## **2.2 Delineamento Experimental**

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com oito tratamentos, níveis de lisina, seis repetições, sendo cada unidade experimental composta por oito aves. Foram avaliadas em quatro tempos (28, 56, 84 e 112 dias). Os efeitos dos tratamentos, tempo e da interação tempo\*tratamento foram avaliados, as características avaliadas em diferentes tempos foram analisadas utilizando a metodologia de medidas repetidas no tempo. Os tratamentos consistiram de sete níveis crescentes de lisina 0,273; 0,364; 0,455; 0,546; 0,636; 0,818 e 0,909%; mais um nível, controle, para confirmar se as respostas experimentais foram em função da limitação do aminoácido teste, sendo este obtido por meio da adição de 0,0091 g/kg de L-lisina HCl/kg acrescida na dieta com o nível 0,273%, passando para o nível de 0,364%.

## **2.3 Dietas Experimentais**

As dietas experimentais foram formuladas pela técnica da diluição (FISHER & MORRIS, 1970). Inicialmente foi formulada uma dieta com alto teor de proteína bruta, contendo 120% da exigência de lisina digestível. Essa ração foi diluída sequencialmente com outra isoenergética, isenta de proteína, possibilitando a obtenção dos níveis crescentes de lisina digestível.

Os níveis dietéticos de lisina digestível foram obtidos por meio da técnica da diluição, com 20% de deficiência relativa do aminoácido teste e 40% de excesso dos demais aminoácidos, com base na exigência estimada, conforme ROSTAGNO et al. (2005).



**Tabela 3.** Composição nutricional das dietas utilizadas no ensaio

Composição Nutricional	Nível de lisina digestível (%)						
	0,273	0,364	0,455	0,546	0,636	0,818	0,909
Proteína bruta (%)	6,88 (7,66) <sup>2</sup>	9,10 (9,66)	11,33 (12,69)	13,55 (14,44)	15,78 (17,56)	20,22 (19,75)	22,44 (21,91)
Ácido linoléico	1,163	1,370	1,578	1,785	1,993	2,409	2,615
<i>Aminoácidos digestíveis</i>							
Metionina + cistina (%)	0,290	0,386	0,483	0,579	0,676	0,869	0,965
Metionina (%)	0,196	0,261	0,326	0,391	0,456	0,586	0,651
Lisina (%)	0,273	0,364	0,455	0,546	0,637	0,819	0,909
Triptofano (%)	0,073	0,098	0,122	0,146	0,171	0,220	0,244
Treonina (%)	0,224	0,299	0,373	0,448	0,523	0,672	0,746
Arginina (%)	0,367	0,489	0,611	0,733	0,856	1,100	1,222
Valina (%)	0,287	0,382	0,478	0,574	0,669	0,861	0,956
Isoleucina (%)	0,265	0,353	0,441	0,529	0,617	0,793	0,881
Leucina (%)	0,708	0,944	1,180	1,416	1,652	2,124	2,358
Fenilalanina+Tirosina (%)	0,593	0,790	0,988	1,185	1,383	1,778	1,975

<sup>(1)</sup> Composição calculada: Energia metabolizável= 2850 kcal/kg; Cálcio=4,020%; Sódio= 0,225%, Fósforo disponível= 0,375% <sup>(2)</sup> Os números entre parênteses referem-se à composição analisada (N\*6,25). Em todos tratamentos foram mantidas as mesmas relações aminoácido:lisina met+cist 106, met 72, tre 82, arg 134, sso 97, leu 259, Val 105, his 59, fen 122, estas relações são 40% acima das recomendadas por Rostagno et al., 2005.

## 2.4 Manejo

O fornecimento de ração e água foi ad libitum durante todo experimento. O fornecimento diário de ração foi às 8 e 16 h e para determinação do consumo de ração sendo as sobras foram quantificadas semanalmente.

Para cálculo de consumo de ração e produção de ovos foi considerado a mortalidade das aves.

A produção de ovos foi mensurada diariamente e de acordo com o número de aves alojadas por unidade experimental.

## 2.5 Coleta de dados

A temperatura e umidade relativa do ar foram computadas diariamente e estão apresentadas na Tabela 4.

A coleta de dados começou no dia 29 de março de 2010 e se estendeu até o dia 19 de julho de 2010, portanto, o experimento foi constituído de quatro períodos de 28 dias, totalizando 16 semanas experimentais.

**Tabela 4.** Médias ( $\pm$  erros padrão) das temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas registradas diariamente no galpão experimental, de acordo com cada período experimental

Período	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )		Umidade Relativa (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
<b>1º período</b>	32,94 $\pm$ 0,95	17,48 $\pm$ 0,61	94,07 $\pm$ 0,91	42,03 $\pm$ 2,06
<b>2º período</b>	32,16 $\pm$ 0,86	12,76 $\pm$ 0,55	93,21 $\pm$ 0,95	35,18 $\pm$ 1,45
<b>3º período</b>	30,37 $\pm$ 0,58	10,96 $\pm$ 0,42	90,29 $\pm$ 0,82	34,04 $\pm$ 1,96
<b>4º período</b>	34,93 $\pm$ 0,46	10,03 $\pm$ 0,28	86,14 $\pm$ 1,14	30,11 $\pm$ 1,76
<b>Período total</b>	32,60 $\pm$ 0,71	12,81 $\pm$ 0,47	90,93 $\pm$ 0,96	35,34 $\pm$ 1,81

Foi calculada a porcentagem de produção por ave/dia. O peso dos ovos, peso e porcentagem de gema, albúmen e casca foram tomados na 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> semana. A conversão alimentar foi calculada pela divisão do consumo de ração pela massa de ovos (g/g) e pela produção em dúzias (g/dz), em cada período.

O peso médio dos ovos foi determinado em gramas de ovos por ave dia (g/ave/dia). Foram coletados e pesados os ovos nos dois últimos dias de cada período de 28 dias. O peso médio foi obtido pela soma total de cada unidade experimental e este valor era dividido pelo número de ovos.

Para quantificar as proporções dos componentes dos ovos coletaram-se três ovos por dia, de cada repetição, durante os dois últimos dias a cada período de 28 dias. Primeiramente obteve-se o peso dos ovos coletados e em seguida foi realizado a quebra para pesagem dos componentes (albúmen, gema e casca). Depois de realizada a separação dos componentes, as cascas foram lavadas, secas em estufa de ventilação por um período de 48 horas e em seguida foi realizada a pesagem. O peso do albúmen foi determinado por diferença entre o peso total do ovo e o peso da casca e da gema. A gema, o albúmen e a casca foram determinados em porcentagem.

Para obtenção do peso corporal (PC), as aves foram devidamente identificadas e pesadas no primeiro dia do experimento, sendo casualizadas para essa pesagem duas repetições por tratamento. Além da pesagem no primeiro dia, realizaram-se mais duas pesagens, uma na sexta e outra na décima semana experimental. O PC foi determinado para encontrar o parâmetro de manutenção que é necessário para elaboração do modelo.

## 2.6 Ensaio de digestibilidade

Foi realizado um ensaio de digestibilidade pela metodologia da alimentação forçada para determinar a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos do milho e do farelo de soja.

Foram utilizados oito galos cecectomizados da linhagem Bovans White, sendo quatro animais para cada ingrediente. Os animais foram preparados para o ensaio de digestibilidade, retirando todas as penas da região da cloaca. As aves passaram por um jejum de 24 horas. Após o período de jejum as aves receberam 40 g de milho ou farelo de soja por meio da ingestão forçada realizada com o auxílio de um funil introduzido diretamente no papo. A primeira coleta de excretas ocorreu 24 horas após a ingestão forçada e a última coleta foi realizada após 72 horas da alimentação.

As excretas coletadas foram devidamente identificadas, pesadas e mantidas em freezer (-20°C) até o final do período de coleta. Depois de descongeladas, as amostras de cada ave foram homogeneizadas e colocadas em placas de Petri descartáveis, pesadas, novamente congeladas (-20°C) e liofilizadas à vácuo (-50°C; -80kPa) (VLP20, Thermo Fisher) por 72 horas. Depois disso foi feita a determinação dos aminoácidos totais presentes no milho e no farelo de soja, conforme Tabela 5.

**Tabela 5.** Teores de aminoácidos totais (analisado) e aminoácidos digestíveis (determinado) do milho e do farelo de soja utilizados nas dietas experimentais

Aminoácido (%)	Milho		Farelo de Soja	
	ADD <sup>(1)</sup>	ADC <sup>(2)</sup>	ADD <sup>(1)</sup>	ADC <sup>(2)</sup>
Lisina	0,101	0,100	0,769	0,728
Met + cis	0,148	0,158	0,334	0,317
Metionina	0,076	0,076	0,166	0,166
Treonina	0,110	0,129	0,468	0,448
Arginina	0,181	0,172	0,888	0,913
Isoleucina	0,119	0,124	0,562	0,548
Leucina	0,492	0,449	0,945	0,919
Valina	0,167	0,167	0,577	0,551
Histidina	0,110	0,115	0,325	0,317
Fenilalanina	0,177	0,177	0,628	0,608

<sup>(1)</sup> Aminoácidos digestíveis analisados no ensaio de digestibilidade. <sup>(2)</sup> Aminoácidos digestíveis determinados utilizando os coeficientes de digestibilidade.

## **2.7 Estimativa das respostas das aves através da ingestão de lisina para determinar o nível ótimo (Dose- resposta)**

A análise de medidas repetidas foi realizada com o objetivo de verificar se existe interação significativa entre tratamento e tempo (período). Em caso afirmativo o modelo foi ajustado por período, caso contrário, foi feito ajuste de um modelo geral, independente do período.

As análises estatísticas foram feitas com sete tratamentos, quatro tempos (28, 56, 84 e 112 dias) e seis repetições, analisados por medidas repetidas no tempo através do procedimento Proc Mixed do SAS 9.2 (SAS, 2008). No modelo foi incluído Repetições dentro de Tratamentos como fator de efeito aleatório e tratamento, período e a interação tratamento\*período como fatores de efeitos fixos. A análise foi realizada utilizando a estrutura da matriz de covariâncias entre tempos ( $\Sigma$ ) mais adequada aos dados experimentais.

As repostas das aves à ingestão de lisina foram ajustadas utilizando diferentes funções matemáticas. Para o ajuste dos modelos utilizou-se as respostas para as variáveis anunciadas como variável dependente e o consumo de lisina como independente, pelos modelos broken line e polinomial quadrático.

O modelo broken line é:  $\hat{Y}_i = L + U \cdot (R - Lys_i) + \varepsilon_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n_1, n_1 + 1, \dots, n$ ; em que  $(R - Lys_i) = 0$  para  $i \geq n_1 + 1$ ,  $n_1$  é o número de observações até o ponto de quebra,  $n$  é o número de pares de observações,  $\hat{Y}_i$  é o valor estimado da variável estudada para o  $i$ ésimo nível de lisina digestível na ração,  $Lys_i$  é o consumo de lisina da ração,  $L$  é o valor da variável estimada no platô,  $U$  é a inclinação da reta ascendente,  $R$  é o consumo de lisina estimado pelo ponto de quebra e  $\varepsilon_i$  é o erro ou desvio associado à distância entre o valor de  $Y_i$  observado e o valor de  $\hat{Y}_i$  estimado pela equação.

Polinomial quadrático:  $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot Lys_i + \beta_2 \cdot Lys_i^2 + \varepsilon_i$ ; em que  $\beta_0$  é a constante da regressão ou intercepto,  $\beta_1$  é o parâmetro da regressão para o componente linear e  $\beta_2$  é o parâmetro da regressão para o componente quadrático.

Os níveis ótimos de lisina estimados com o uso do modelo broken line foram obtidos pelo encontro da reta ascendente com o platô. Para o modelo quadrático esses níveis foram obtidos igualando-se a primeira derivada da

equação a zero  $x_0 = \beta_1 / (2 * \beta_2)$ . A primeira intersecção da equação quadrática com o platô do broken line, proposto por BAKER et al. (2002), foi obtido com o uso da equação:  $L = \beta_0 + \beta_1 * Lis_i + \beta_2 * Lis_i^2$ , sendo o consumo de lisina correspondente calculado como segue:  $(-\beta_1 + (\beta_1^2 - 4 * \beta_2 * (\beta_0 - L))^{1/2}) / (2 * \beta_2)$ , conforme descrito por SAKOMURA & ROSTAGNO (2007). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAS 9.2 (2008).

### **2.8 Modelo de “Reading” para estimar o nível ideal de lisina (Fatorial)**

Para obtenção dos parâmetros do modelo, os dados foram analisados por meio do programa computacional EFG, Software no módulo aminoacids optimize, conforme o modelo matemático:

$$A_{opt} \text{ (mg/dia)} = aMO_{max} + bPC + x \sqrt{a^2 \cdot \sigma^2 MO_{max} + b^2 \cdot \sigma^2 PC} + 2abr_{MOPC} \cdot MO_{max} \cdot \sigma PC$$

Onde  $MO_{max}$  é a MO média da máxima massa de ovo (g/dia);  $\sigma MO_{max}$  é o desvio padrão da MO; PC é o peso corporal (kg);  $\sigma PC$  é o desvio padrão do peso corporal;  $r_{MOPC}$  é a correlação entre a MO e o PC; as duas constantes estimadas (a e b) representam as exigências de aminoácidos para produção (mg AA/g MO) e exigência para manutenção (mg AA/kg PC).

Utilizando os parâmetros determinados anteriormente um modelo foi estruturado. A eficiência de utilização da lisina foi determinada pela equação: aminoácido depositado no ovo / (aminoácido ingerido – exigência para manutenção) \* 100.

Foi realizada simulações para estimar o nível ideal de lisina para uma população de 5000 indivíduos com distribuição normal e gerada de forma aleatória, utilizando a média e o desvio da MO e PC. Estes modelos baseiam-se na curva resposta de cada indivíduo da população assumindo uma relação entre o aminoácido limitante da dieta (X) e a resposta em massa de ovo (Y) e no método fatorial que fraciona as exigências em manutenção e produção.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estimativas dos níveis de lisina com base na resposta das aves

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de consumo de ração e de lisina de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de lisina na ração. As respostas das aves foram analisadas a partir do consumo de lisina e não dos níveis de lisina. O consumo de lisina foi calculado a partir do consumo médio de ração ao referido nível de lisina.

**Tabela 6** – Consumo de ração e de lisina para poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina na dieta

Tratamento	Níveis de lisina (%)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Consumo de lisina (mg/ave/dia)
1	0,273	72,05	196,70
2	0,364	82,25	299,40
3	0,455	97,16	442,07
4	0,546	105,39	575,43
5	0,636	103,63	659,10
6	0,818	103,35	845,40
7	0,909	103,98	945,17

Na Tabela 7 estão apresentadas as estatísticas obtidas na análise de variância para produção de ovos.

**Tabela 7** – Estatísticas obtidas na análise de variância para produção de ovos (%) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)				Geral
		33-36	37-40	41-44	45-48	
	196,70	50,79	31,28	27,70	26,95	34,18
	299,40	67,43	54,17	51,34	51,84	56,19
	442,07	81,49	76,08	75,13	78,40	77,77
Médias	575,43	89,48	91,52	92,11	95,58	92,17
	659,10	92,03	97,40	94,49	95,81	94,93
	845,40	94,05	96,45	93,77	98,72	95,75
	945,17	87,91	96,30	96,29	96,07	94,14
	Geral	80,45	77,60	75,83	77,62	
F para tratamento		493,45 (p<0,01)				
F para período		18,87 (p<0,01)				
F para int. trat. x período		20,93 (p<0,01)				
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )		Composta Simétrica Harmônica				

Houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre as aves alimentadas com dietas formuladas com diferentes níveis de lisina. Foram obtidos maiores valores para produção de ovos à medida que aumentou o nível de lisina na ração. MORRIS & GOUS (1988) afirmam que a produção de ovos responde ao aumento dos níveis de aminoácidos limitantes e proteína bruta da ração. Segundo os autores, isto pode ocorrer devido ao fato que quando o nível na dieta está abaixo da exigência, a taxa de postura é prejudicada pela deficiência de proteína e aminoácidos.

Os resultados encontrados neste trabalho são semelhantes aos apresentados por MARCH & BIELY (1972) e GOULART (1997), que em experimento para determinar o nível ideal de lisina para galinhas poedeiras, também verificaram melhora na taxa de postura com o aumento dos níveis de lisina até atingir o ponto da máxima resposta. CARVALHO et al. (2004), utilizaram diferentes níveis de lisina para poedeiras no final de postura (44 a 55 semanas de idade) e observaram efeito linear sobre a taxa de postura. JARDIM FILHO et al. (2004) e MATOS et al. (2006) conduziram estudos com aves em postura nos períodos de 24 a 48 e de 25 a 44 semanas e não encontraram variação significativa na produção nos níveis de lisina avaliados.

Na análise de medidas repetidas no tempo houve interação entre tratamento e período ( $P < 0,01$ ) para produção de ovos e houve também efeito ( $P < 0,01$ ) do período na produção de ovos.

Analisando os resultados é possível perceber que o tratamento com menor nível de lisina apresentou, no primeiro período, maior taxa de postura quando comparado com o mesmo tratamento nos outros períodos experimentais. Possivelmente isto ocorreu devido à influência exercida da ração fornecida antes do período experimental, no qual todos os nutrientes tinham suas exigências atendidas. Isso fez com que não ocorresse no primeiro período experimental uma queda brusca para produção de ovos no consumo de 196,70 mg/ave/dia de lisina.

O consumo de ração de poedeiras alimentadas com diferentes ingestões de lisina está apresentado na Tabela 8.

**Tabela 8** – Estatísticas obtidas na análise de variância para o consumo de ração (g/ave/dia) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)				
		33-36	37-40	41-44	45-48	Geral
Médias	196,70	79,36	67,26	66,07	75,52	72,05
	299,40	90,33	76,72	83,64	78,33	82,25
	442,07	98,75	97,50	93,20	99,18	97,16
	575,43	103,10	105,01	102,82	110,64	105,39
	659,10	103,86	105,74	100,21	104,72	103,63
	845,40	102,99	105,15	98,87	106,40	103,35
	945,17	101,63	105,76	100,60	107,93	103,98
	Geral	97,15	94,73	92,20	97,53	
F para tratamento	49,27 (p<0,01)					
F para período	13,88 (p<0,01)					
F para int. trat. x período	11,23 (p<0,01)					
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )	Desestruturada					

Pela análise de medidas repetidas no tempo observou-se diferenças no consumo médio de ração para os tratamentos ( $P<0,01$ ). Houve interação tratamento e período para consumo médio de ração ( $P<0,01$ ) e houve efeito do período ( $P<0,01$ ) no consumo de ração de poedeiras.

Analisando os resultados é possível aferir que as aves alimentadas com menores níveis de lisina apresentaram menores consumos de ração. Esse comportamento também foi observado dentro de cada período. Possivelmente isso ocorreu em razão da deficiência de lisina nas dietas com níveis mais baixos e assim, pode ter causado ativação dos mecanismos responsáveis pela diminuição do consumo de ração. BOORMAN, 1979 descreveu que o alimento com um grave desbalanceamento de aminoácidos pode induzir a um decréscimo acentuado do consumo, porém um desbalanceamento pouco severo pode provocar um aumento do consumo do alimento. Entretanto, um animal alimentado com uma ração de baixo nível protéico apresenta uma intensidade de metabolização de nitrogênio também baixa, o que resulta em uma menor habilidade de catabolizar uma fonte desbalanceada em aminoácidos. Assim, mesmo que o alimento apresente um desbalanceamento de aminoácidos pouco severo, o fato de ter um nível protéico baixo induz a um menor consumo desse alimento (MACARI et al.,2002).

Os resultados encontrados neste estudo são semelhantes aos observados por CUPERTINO et al. (2009) que estudando níveis de lisina de 0,555 a 0,755% (correspondentes à ingestão de 566,1 a 853,1 mg/ave/dia de lisina) verificaram efeito linear sobre o consumo de ração. Os resultados de JARDIM FILHO et al. (2010) corroboram com os obtidos neste trabalho, quando avaliaram níveis de lisina digestível para poedeiras e observaram efeito quadrático no consumo.

BERTECHINI et al. (1995) e NOVAK & SCHEIDELER (1998) não notaram diferenças no consumo ao avaliarem níveis de lisina total para poedeiras comerciais, contrariando os resultados obtidos neste trabalho.

O consumo médio de lisina de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes consumos de lisina encontra-se na Tabela 9.

**Tabela 9** – Estatísticas obtidas na análise de variância para o consumo de lisina (mg/ave/dia) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)				Geral
		33-36	37-40	41-44	45-48	
Médias	196,70	216,65	183,62	180,38	206,17	196,70
	299,40	328,63	279,09	304,27	284,96	299,24
	442,07	449,02	443,34	423,78	450,98	442,07
	575,43	562,50	572,91	561,00	603,64	575,01
	659,10	661,16	673,12	637,95	666,64	659,72
	845,40	842,94	860,64	809,25	870,91	845,40
	945,17	923,83	961,32	914,42	981,12	945,17
	Geral	569,25	567,72	547,29	580,63	
F para tratamento		1158,90 (p<0,01)				
F para período		16,75 (p<0,01)				
F para int. trat. x período		7,46 (P<0,01)				
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )		Auto Regressiva Harmônica				

De acordo com a análise de medidas repetidas no tempo observou-se diferenças no consumo de lisina ( $P<0,01$ ), havendo interação entre tratamento e período ( $P<0,01$ ) para a variável de consumo de lisina. Houve efeito do período ( $P<0,01$ ) para consumo de lisina digestível.

Essa variável teve resultado esperado, aumentando à medida que se elevou os níveis de lisina na dieta. CUPERTINO et al. (2009) estudando diferentes níveis de lisina para poedeiras leves e semipesadas encontraram

resultados semelhantes ao do presente estudo o qual observaram efeito linear para o consumo de lisina em ambas as linhagens.

O peso médio dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de lisina está apresentado na Tabela 10. Na análise de medidas repetidas no tempo foram observadas diferenças no peso médio dos ovos ( $P<0,01$ ), havendo interação entre tratamento e período ( $P<0,01$ ) para a variável de peso médio dos ovos. Houve efeito do período ( $P<0,01$ ) para peso médio dos ovos.

**Tabela 10** – Estatísticas obtidas na análise de variância para o peso médio dos ovos (g) de poedeiras alimentadas com dietas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)				Geral
		33-36	37-40	41-44	45-48	
	196,70	53,59	51,40	52,00	52,99	52,49
	299,40	55,90	54,88	55,83	55,41	55,50
	442,07	58,28	58,70	59,51	59,62	59,03
Médias	575,43	59,01	59,19	61,75	62,85	60,70
	659,10	60,04	61,53	62,95	64,10	62,16
	845,40	61,71	63,28	64,72	65,15	63,71
	945,17	62,46	63,29	65,07	65,09	63,98
	Geral	58,71	58,90	60,26	60,74	
F para tratamento		447,89 ( $p<0,01$ )				
F para período		4,8 ( $p<0,01$ )				
F para int. trat. x período		26,96 ( $p<0,01$ )				
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )		Desestruturada				

Os resultados encontrados, concordam com os obtidos por NOVAK et al. (2000) que observaram ovos mais pesados nas aves alimentadas com o maior nível de lisina (0,900%). É possível observar uma relação entre tratamento e tempo. À medida que aumentou a ingestão de lisina e as semanas experimentais, percebeu-se um aumento no peso dos ovos, devido ao efeito do tratamento e da idade das aves. Esse aumento de peso dos ovos devido aos tratamentos pode ser explicado devido ao fato de que quanto maior o consumo de lisina, maior será a deposição de proteína e sólidos totais no albúmen. KLASING (1998) explicou que

a redução no tamanho do ovo pode estar relacionada à deficiência de um aminoácido, provocando redução no conteúdo do albúmen.

LATSHAW (1976) afirma que a exigência de lisina para peso de ovos é maior do que para produção, contrariando MENDONÇA Jr & LIMA (1999), que demonstram que a lisina normalmente influencia na produção de ovos, mas não melhora o peso como ocorre com os aminoácidos sulfurosos. Segundo GOULART (1997), o excesso de aminoácidos no sangue tende a diminuir o consumo de ração e conseqüentemente afeta o tamanho do ovo produzido.

A análise de medidas repetidas no tempo para a variável de massa de ovos é apresentada na Tabela 11. Analisando a tabela é possível aferir que a massa de ovos diferiu ( $P<0,01$ ) entre os tratamentos, assim como houve efeito ( $P<0,01$ ) do período na massa do ovo e ocorreu uma interação entre tratamento e período ( $P<0,01$ ).

**Tabela 11** – Estatísticas obtidas na análise de variância para massa de ovos (g) de poedeiras alimentadas com dietas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)					
		33-36	37-40	41-44	45-48	Geral	
Médias		196,70	27,20	16,10	14,39	14,33	18,01
		299,40	37,65	29,72	28,64	28,60	31,15
		442,07	47,50	44,70	44,72	46,77	45,92
		575,43	52,80	54,22	56,89	60,07	55,99
		659,10	55,23	59,93	59,49	61,44	59,03
		845,40	58,02	61,01	60,69	64,31	61,01
		945,17	54,89	60,92	62,65	62,57	60,26
		Geral	47,61	46,66	46,78	48,30	
F para tratamento		447,89 ( $p<0,01$ )					
F para período		4,80 ( $p<0,01$ )					
F para int. trat. x período		26,96 ( $p<0,01$ )					
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )		Composta Simétrica Harmônica					

Esse efeito do período foi observado, pois à medida que as aves envelhecem, aumentam a massa de ovos (PAIK, 2001). Poedeiras mais velhas produzem ovos maiores e por consequência resultam em maior massa de ovos. De acordo com VIEIRA (2001) à medida que as aves envelhecem as sequências de postura tornam-se mais curtas, aumentando a frequência de intervalo entre as

ovulações. Esse declínio na taxa de postura devido ao avanço da idade das poedeiras é acompanhado pelo aumento do tamanho do ovo. A mesma quantidade de gema proveniente da síntese hepática é depositada em um número cada vez menor de folículos, influenciando no peso e tamanho dos ovos. Sendo assim ovos produzidos por aves mais jovens apresentam gemas menores e maior quantidade de albúmen em relação ao peso total do ovo, isto quando comparada com aves mais velhas.

O aumento significativo na massa de ovos, determinado pelo aumento do nível de lisina na ração, também foi encontrado por SÁ et al. (2007). NOVAK et al. (2004); CARVALHO et al. (2004) e GERALDO (2006) observaram efeitos significativos na massa de ovos quando estudaram o desempenho produtivo de poedeiras com diferentes níveis de lisina.

Os resultados para a variável conversão alimentar por massa de ovos na análise de medidas repetidas no tempo é apresentada na Tabela 12. Houve diferença significativa ( $P<0,01$ ) para conversão alimentar por massa de ovos (CAM) em função do consumo de lisina. Houve interação tratamento e período ( $P<0,01$ ) para CAM, também foi observado efeito ( $P<0,01$ ) do período na CAM.

**Tabela 12** – Estatísticas obtidas na análise de variância para conversão alimentar por massa de ovos (CAM, g/g) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)				Geral
		33-36	37-40	41-44	45-48	
	196,70	2,92	4,25	4,61	5,28	4,27
	299,40	2,40	2,60	2,93	2,73	2,67
	442,07	2,08	2,19	2,08	2,12	2,12
Médias	575,43	1,95	1,94	1,81	1,85	1,89
	659,10	1,88	1,76	1,69	1,71	1,76
	845,40	1,77	1,72	1,63	1,66	1,70
	945,17	1,86	1,74	1,61	1,74	1,73
	Geral	2,12	2,32	2,34	2,44	
F para tratamento		186,72 ( $p<0,01$ )				
F para período		25,35 ( $p<0,01$ )				
F para int. trat. x período		32,41 ( $p<0,01$ )				
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )		Factor Analytic				

Os efeitos observados para CAM podem ser explicados pelo fato que quanto mais próximo à ingestão de lisina da exigência da ave, poderá ocorrer um balanceamento adequado dos aminoácidos na corrente sanguínea, equilibrando o metabolismo com consequente melhora no desempenho das aves.

Na tabela 13 é apresentada a conversão alimentar por dúzia de ovos. Observa-se pela análise dos resultados de medidas repetidas no tempo que houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD) em função do consumo de lisina. Houve interação tratamento e período ( $P < 0,01$ ) para CAD, também foi observado efeito ( $P < 0,01$ ) do período na CAD.

**Tabela 13** – Estatística obtidas na análise de variância para conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD, kg/dz) de poedeiras alimentadas com diferentes consumos de lisina

Estatísticas	Tratamento	Período (semanas)				Geral
		33-36	37-40	41-44	45-48	
Médias	196,70	1,90	2,64	2,93	3,84	2,83
	299,40	1,61	1,72	1,97	2,03	1,83
	442,07	1,47	1,58	1,52	1,74	1,58
	575,43	1,38	1,38	1,34	1,55	1,41
	659,10	1,36	1,30	1,27	1,46	1,35
	845,40	1,32	1,34	1,30	1,49	1,36
	945,17	1,39	1,32	1,25	1,51	1,37
	Geral	1,49	1,61	1,66	1,95	
F para tratamento	120,23 ( $p < 0,01$ )					
F para período	111,30 ( $p < 0,01$ )					
F para int. trat. x período	39,68 ( $p < 0,01$ )					
Estrutura da matriz ( $\Sigma$ )	Composta Simétrica Harmônica					

Nos primeiros períodos experimentais os animais responderam bem, obtendo uma boa conversão por dúzia, mas quando se observa o quarto período é perceptível que houve uma piora na conversão alimentar. Isso pode ter ocorrido devido ao excesso do consumo de lisina nos tratamentos com maiores níveis de lisina. Nessa condição o metabolismo das aves desamina o aminoácido excedente com gasto energético nesse processo podendo influenciar o desempenho das aves.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por BERTECHINI et al. (1995) e SÁ et al. (2007), que, em um estudo com poedeiras no primeiro ciclo de

produção, estimaram o consumo ideal de 778 e 789 mg de lisina/ave/dia, respectivamente para conversão alimentar por dúzia de ovos. Entretanto, SCHIMIDT et al. (2009), avaliando diferentes níveis de lisina para poedeiras semipesadas, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos, quando analisaram a conversão alimentar por dúzia.

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados obtidos para os componentes dos ovos (gema, casca e albúmen).

**Tabela 14** - Efeito do consumo de lisina digestível sobre as variáveis de porcentagem de gema (PG), de casca (PC) e de albúmen (PA)

Tratamentos	PG (%)	PC (%)	PA (%)
196,70	25,18	9,08	65,74
299,40	25,41	10,12	64,48
442,07	25,23	10,36	64,41
575,43	25,21	9,78	65,01
659,10	25,85	9,42	64,74
845,40	26,30	9,46	64,25
945,17	25,87	9,31	64,82
Média	25,58	9,64	64,78
Probabilidade	*	Ns	Ns
CV (%)	3,40	5,72	1,55

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

Houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) dos níveis de lisina digestíveis sobre a porcentagem da gema e a equação ajustada é  $PG = 24,934 + 0,161x$ . Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre a porcentagem de albúmen e casca. JARDIM FILHO et al. (2004), que, trabalhando com poedeiras na mesma fase de produção, utilizaram quatro níveis de lisina (0,6 a 0,9%) e concluíram que os níveis estudados não influenciaram as características internas dos ovos. ROCHA et al. (2009) utilizando seis níveis de lisina digestível (0,545 a 0,770%) não encontraram diferenças significativas nos constituintes do ovo.

ROMBOLA et al. (2004), avaliando diferentes níveis de proteína e dois níveis de lisina (0,850 e 1,000%) em dietas para poedeiras (49 a 56 semanas de idade), não observaram efeito dos níveis de lisina sobre a porcentagem de gema e

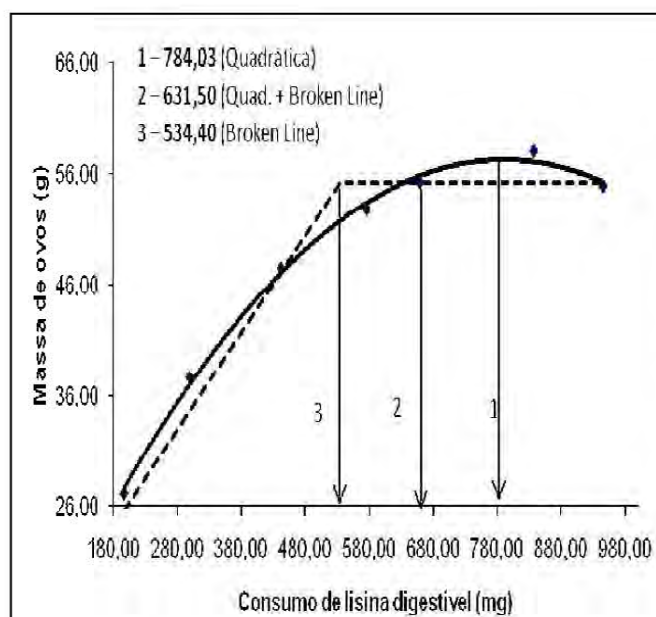
de albúmen. Esses autores concluíram que, de modo geral, a qualidade interna dos ovos é levemente alterada pelos níveis de proteína ou de lisina na dieta. Por outro lado, NOVAK et al. (2000) obtiveram melhores resultados de porcentagem de albúmen e de gema quando trabalharam com 0,900% de lisina na ração de poedeiras comerciais.

De acordo com LARBIER & LECLERCQ (1994), o albúmen é rico em aminoácidos sulfurados, e a deficiência dietética em metionina pode ocasionar redução no seu conteúdo, enquanto a gema é rica em lisina. Os autores indicaram que o conteúdo de lisina e de metionina na gema é de 235 e 140 mg, e para o albúmen é de 70 e 220 mg, respectivamente, considerando um ovo de 60 g de peso.

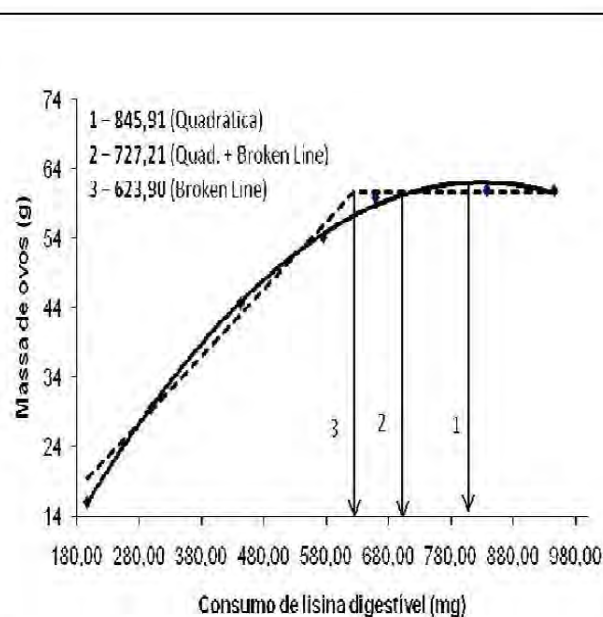
As equações de resposta ao consumo de lisina digestível, para cada período, estimadas por meio da equação quadrática (Quadr.) e broken line (BL) para massa de ovos são apresentadas na Tabela 15 e Figuras 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 15** – Equações ajustadas por período para massa de ovos (MO) em função do consumo de lisina digestível para poedeiras na fase de postura

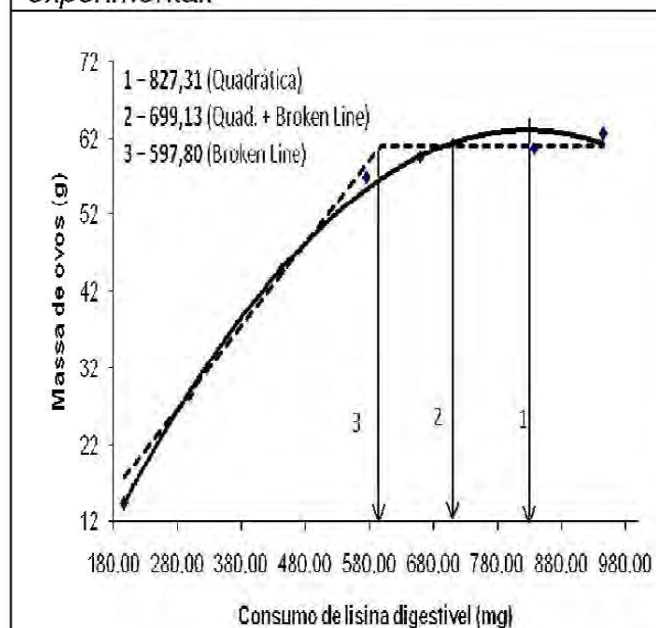
<b>Modelo</b>	<b>Massa de ovos</b>	<b>Nível ótimo (mg/ave/dia)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>1º Período</b>			
Broken Line	$MO = 55,235 - 0,0876 (534,4 - lis)$	534	0,96
Quadrático	$MO = -0,372 + 0,147lis - 0,0001 lis^2$	784	0,97
Quadr + BL	$55,235 = -0,372 + 0,147lis - 0,0001 lis^2$	632	--
<b>2º Período</b>			
Broken Line	$MO = 60,623 - 0,0962 (623,9 - lis)$	624	0,98
Quadrático	$MO = -11,987 + 0,17512 lis - 0,00010351 lis^2$	846	0,98
Quadr + BL	$60,623 = -11,987 + 0,17512 lis - 0,00010351 lis^2$	727	--
<b>3º Período</b>			
Broken Line	$MO = 60,9444 - 0,1076 (597,8 - lis)$	598	0,96
Quadrático	$MO = -15,978 + 0,191 lis - 0,0001 lis^2$	827	0,96
Quadr + BL	$60,9444 = -15,978 + 0,191 lis - 0,0001 lis^2$	699	--
<b>4º Período</b>			
Broken Line	$MO = 62,258 - 0,1178 (589,5 - lis)$	590	0,95
Quadrático	$MO = -20,536 + 0,204 lis - 0,0001 lis^2$	840	0,96
Quadr + BL	$62,258 = -20,536 + 0,204 lis - 0,0001 lis^2$	684	--



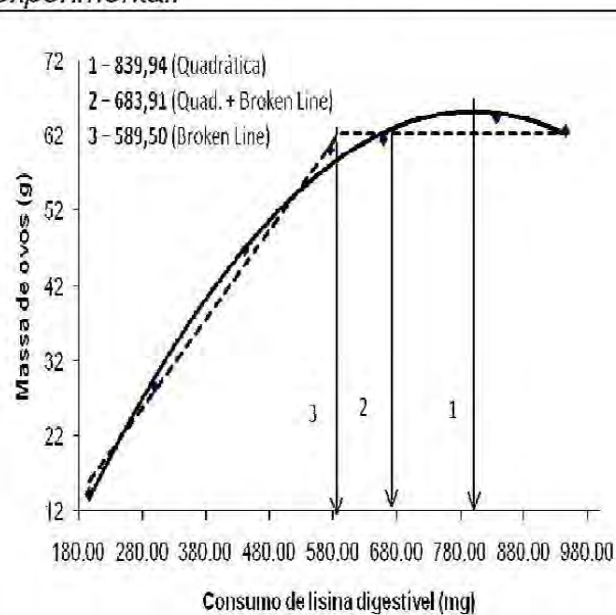
**Figura 1** – Massa de ovos em função do consumo de lisina para o primeiro período experimental.



**Figura 2** – Massa de ovos em função do consumo de lisina para o segundo período experimental.



**Figura 3** – Massa de ovos em função do consumo de lisina para o terceiro período experimental.



**Figura 4** – Massa de ovos em função do consumo de lisina para o quarto período experimental.

Todos os modelos proporcionaram excelentes ajustes, evidenciados pelos respectivos  $R^2$ , entretanto, os níveis estimados pelos modelos e entre os períodos foram diferentes.

*Menores valores estimados de consumo ideal de lisina obtidos neste estudo para variável de MO ocorreu devido ao uso do modelo broken line. Esse modelo do ponto de vista biológico não é adequado, pois a resposta das aves a dose crescentes de lisina não aumenta de modo contínuo estimando níveis que não correspondem à máxima resposta média da população.*

*Com base no modelo polinomial quadrático, as MO foram 57,672; 63,023; 63,988 e 63,987 g que correspondem ao consumo de lisina de 784; 846; 827 e 840 mg/ave/dia respectivamente, que foram estimados pelo primeiro, segundo, terceiro e quarto períodos, respectivamente.*

*A partir dos resultados apresentados pode-se afirmar que o consumo de lisina no segundo, terceiro e quarto período para massa de ovos foi maior em 7,89; 5,52 e 7,13% quando comparado com o primeiro período. Esses consumos de lisina podem ser interpretados como o consumo para obtenção da melhor MO das aves, considerando o modelo polinomial quadrático.*

*Os valores observados neste estudo são maiores do que os encontrados por ROCHA (2006), essa variação pode ocorrer devido ao modelo utilizado para obtenção da ótima resposta. O modelo quadrático, do ponto de vista biológico, é mais utilizado do que a equação broken line, pois possibilita a determinação do consumo correspondente a máxima resposta. Contudo, esse modelo superestima as exigências, principalmente quando as dietas experimentais não foram distribuídas de forma igual, acima e abaixo das exigências (LAMBERSON & FIRMAM, 2002).*

*MORRIS (1983) e RUNHO et al. (2001) afirmam que o uso do modelo polinomial quadrático em algumas situações não favorecem um bom ajuste dos dados, pois é muito sensível as variações dos intervalos dos tratamentos. Adicionalmente, o modelo pode não ser fisiologicamente correto, pois descreve a redução da resposta com a mesma intensidade do acréscimo.*

*Sendo assim, a combinação do modelo broken line com o modelo polinomial quadrático pode ser considerada uma alternativa. Essa combinação contorna as desvantagens dos dois modelos. O valor da primeira interseção da curva da equação quadrática com a do broken line é uma excelente forma de*

representar as exigências por ser um valor obtido de forma objetiva (BAKER et al., 2002).

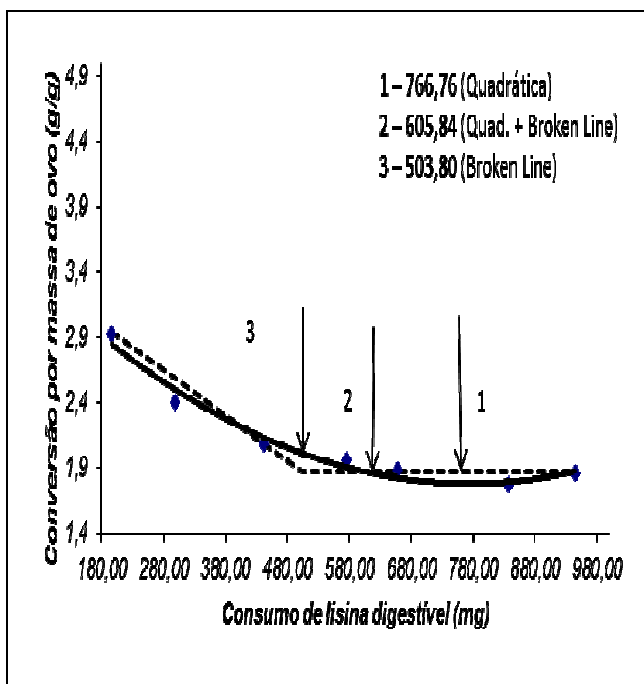
A partir dos resultados estimados pelo modelo Quadr. +BL pode-se afirmar que o consumo de lisina no segundo, terceiro e quarto período para MO foi maior em 15,16; 10,71 e 8,30% quando comparado com o primeiro período.

Na combinação dos modelos Quadr. +BL o consumo de lisina estimado foi de 632; 727; 699 e 684 mg/ave/dia no primeiro, segundo, terceiro, quarto período respectivamente. Esses valores são superiores aos obtidos pelo modelo broken line e inferiores aos determinados pelo polinomial quadrático, podendo ser, portanto considerado níveis mais coerentes.

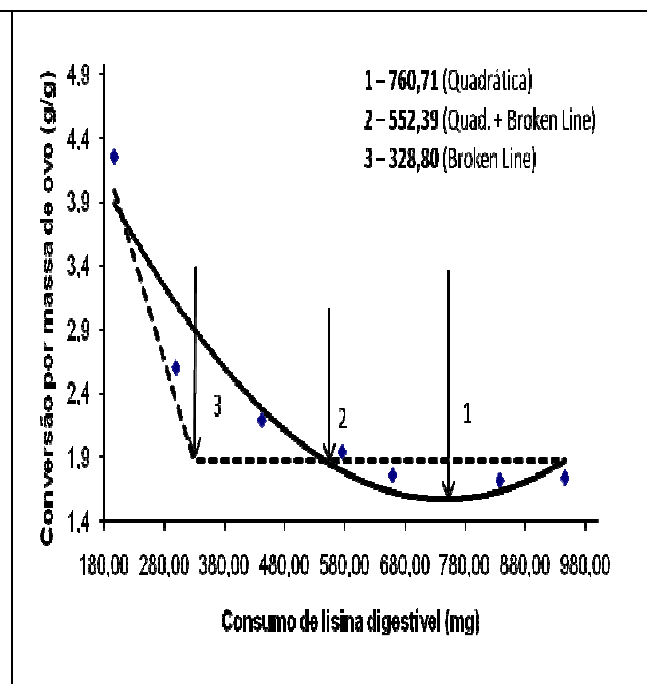
As equações de resposta ao consumo de lisina digestível estimadas por meio da equação quadrática e broken line para as variáveis de CAM são apresentadas na Tabela 16 e nas Figuras 5, 6, 7 e 8.

**Tabela 16.** Equações ajustadas por período para conversão alimentar por massa de ovos (CAM) em função do consumo de lisina digestível para poedeiras na fase de postura

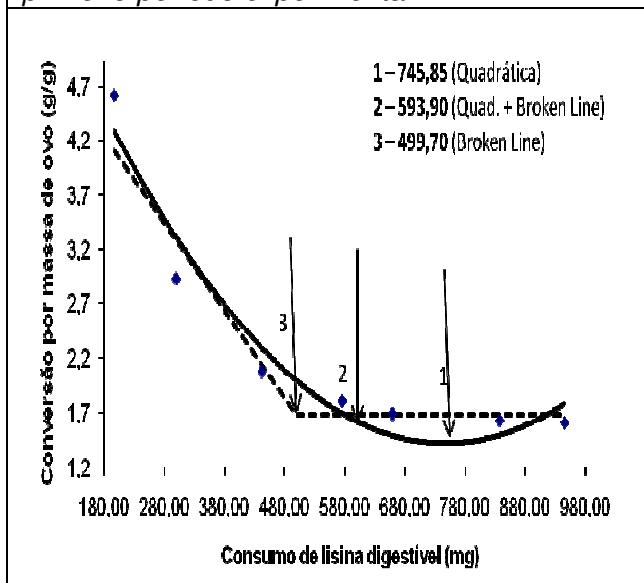
<b>Modelo</b>	<b>Conversão alimentar por massa de ovos</b>	<b>Nível ótimo (mg/ave/dia)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>1º Período</b>			
Broken Line	CAM= 1,867 + 0,00348 (503,8 – lis)	504	0,93
Quadrático	CAM= 3,879 - 0,0055 lis + 0,0000036 lis <sup>2</sup>	767	0,94
Quadr + BL	1,867= 3,879 – 0,0055 lis + 0,0000036 lis <sup>2</sup>	606	--
<b>2º Período</b>			
Broken Line	CAM= 1,870 + 0,016 ( 328,8- lis)	329	0,85
Quadrático	CAM= 5,494 -0,010 lis - 0,0001 lis <sup>2</sup>	761	0,80
Quadr + BL	1,870 = 5,494 -0,010 lis – 0,0001 lis <sup>2</sup>	552	--
<b>3º Período</b>			
Broken Line	CAM= 1,683 + 0,008 (499,7- lis)	500	0,77
Quadrático	CAM= 6,183 - 0,012 lis + 0,00001 lis <sup>2</sup>	746	0,79
Quadr + BL	1,683 = 6,183 – 0,012 lis + 0,00001 lis <sup>2</sup>	594	--
<b>4º Período</b>			
Broken Line	CAM= 1,791 + 0,012 (429,9 – lis)	430	0,76
Quadrático	CAM= 6,90 - 0,014 lis + 0,00001 lis <sup>2</sup>	767	0,74
Quadr + BL	1,791 = 6,90 - 0,014 lis + 0,00001 lis <sup>2</sup>	577	--



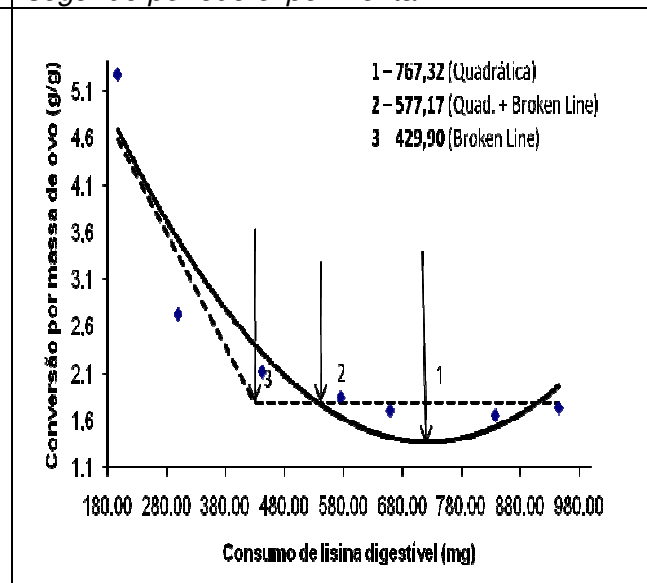
**Figura 5** – Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o primeiro período experimental.



**Figura 6** – Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o segundo período experimental.



**Figura 7** – Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o terceiro período experimental.



**Figura 8** – Conversão alimentar por massa de ovos em função do consumo de lisina para o quarto período experimental.

Todos os modelos proporcionaram excelentes ajustes, evidenciados pelos respectivos  $R^2$ , entretanto, os níveis estimados pelos modelos foram diferentes.

Com base no modelo broken line, as CAM foram de 1,87; 1,87; 1,68 e 1,79 kg/kg que correspondem ao consumo de lisina de 504; 329; 500 e 430 mg/ave/dia estimados para o primeiro, segundo, terceiro e quarto períodos, respectivamente. Esses consumos de lisina podem ser interpretados como o consumo para obtenção da melhor CAM das aves. A maior ingestão da lisina no primeiro período pode ser explicada pelo fato das aves ainda estarem respondendo a ração basal fornecida no período pré-experimental onde todos os aminoácidos estavam disponíveis nas quantidades estabelecidas por ROSTAGNO et al. (2005).

O consumo de lisina para CAM com base no modelo broken line foi menor em 34,74; 0,81; 14,87% no segundo, terceiro e quarto período, respectivamente, quando comparado com o primeiro período experimental.

Os valores encontrados neste trabalho diferem dos valores encontrados por CUPERTINO et al. (2009) que estudaram níveis de lisina de 0,555 a 0,755% para poedeiras 54 a 70 semanas de idade e observaram CAM de 2,68 a 2,15 kg/kg correspondentes ao consumo de lisina de 566 e 784 mg/ave/dia. SILVA et al. (2010) trabalhando com níveis de lisina variando de 1,082 a 0,482% observaram CAM de 2,28 a 2,52 kg/kg correspondente ao consumo de lisina de 678 e 449 mg/ave/dia respectivamente.

Menores valores de consumo de lisina encontrados neste experimento para CAM podem está relacionado ao fato que o modelo broken line proporciona uma interpretação simplificada da curva resposta. De acordo com ROBBINS et al. (1979) e PACK et al. (2003) esse modelo aborda que a utilização do nutriente em estudo é constante até o ponto em que a resposta do animal é atendida e a partir deste ponto não existe mais respostas adicionais no desempenho do animal.

Dessa forma, o consumo de lisina de 504 mg/ave/dia pode ser interpretado como a máxima resposta para CAM, não havendo melhores conversões acima desse valor para o primeiro período. O modelo broken line subestima os níveis ótimos, uma vez que a resposta de desempenho das aves se aproxima da “lei dos mínimos retornos”. Dentro desse conceito a resposta animal diminui de forma marginal à medida que as doses crescentes de lisina são fornecidas (OVIEDO-

RONDÓN & WALDROUP, 2002; PACK et al., 2003; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

A partir dos resultados, considerando o modelo polinomial quadrático, pode-se afirmar que o consumo de lisina para CAM diminuiu em 0,79 e 2,73% no segundo e terceiro período experimental, respectivamente, quando comparado ao primeiro período. Todavia, aumentou o consumo de lisina para obtenção da CAM no quarto período em 0,07% quando comparada ao primeiro período experimental.

Com base no modelo polinomial quadrático, as CAM foram de 1,68; 1,63; 1,42 e 1,48 kg/kg que correspondem ao consumo de lisina 767; 761; 745 e 767 mg/ave/dia estimados para o primeiro, segundo, terceiro e quarto períodos, respectivamente. A combinação dos modelos broken line com o modelo polinomial quadrático, determinou conversões de 1,78; 1,81; 1,61 e 1,77, sendo o consumo de lisina de 606; 552; 594 e 577 mg/ave/dia no primeiro, segundo, terceiro e quarto período respectivamente. A partir da análise dos dados pode se inferir, que o consumo de lisina na CAM, considerando a combinação dos dois modelos, reduziu em 8,82; 1,97 e 4,73% no segundo, terceiro e quarto período respectivamente, quando comparados com o primeiro período.

A partir da análise estatística apresentada na tabela 13, foi possível obter as equações de regressão, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o consumo de lisina estimado para obtenção da ótima resposta da CAD. As equações de resposta ao consumo de lisina digestível estimadas por meio da equação quadrática e broken line para a variável de CAD são apresentadas na Tabela 17 e nas Figuras 9, 10, 11 e 12. Todos os modelos proporcionaram excelentes ajustes, evidenciados pelos respectivos  $R^2$ , entretanto, os níveis estimados pelos modelos foram diferentes.

A partir da análise do modelo broken line é possível afirmar que o consumo de lisina para CAD diminuiu em 3,29 e 18,16% no segundo e quarto período respectivamente, quando se compara com o primeiro, entretanto aumentou em 1,58% no terceiro período quando comparado ao primeiro período experimental.

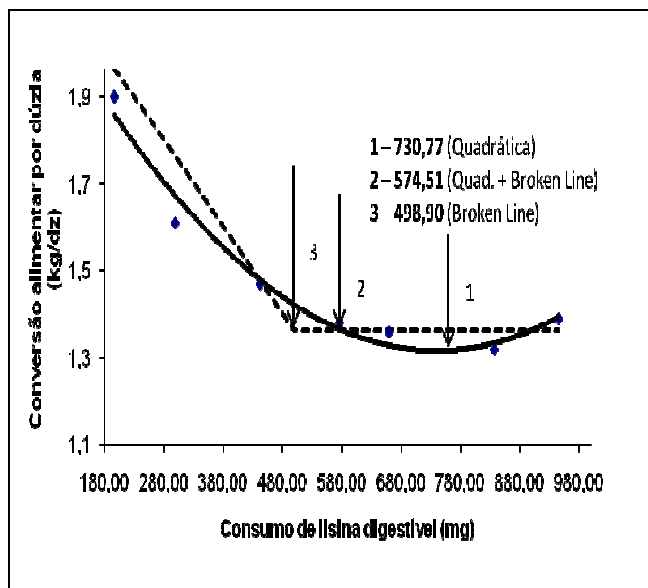
Com base no modelo broken line, as CAD foram de 1,36; 1,34; 1,29 e 1,55 kg/dz que correspondem ao consumo de lisina 499; 483; 507 e 408 mg/ave/dia estimados para o primeiro, segundo, terceiro e quarto períodos, respectivamente.

Pelo modelo polinomial quadrático, é possível aferir que o consumo de lisina aumentou em 1,90, 0,99 e 3,77% no segundo, terceiro e quarto período respectivamente quando comparado ao primeiro período para variável de CAD.

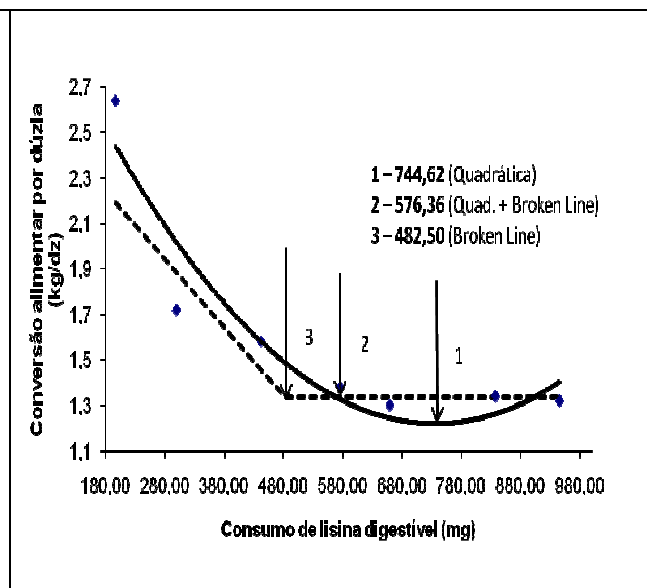
As CAD encontradas pelo ajuste do modelo quadrático foram 1,32; 1,26; 1,21 e 1,25 kg/dz no primeiro, segundo, terceiro e quarto período, respectivamente. Essas conversões correspondem, respectivamente, aos consumos de 731; 745; 738 e 758 mg de lisina por ave dia.

**Tabela 17.** Equações ajustadas por período para conversão alimentar por dúzia de ovos (CAD) em função do consumo de lisina digestível para poedeiras na fase de postura

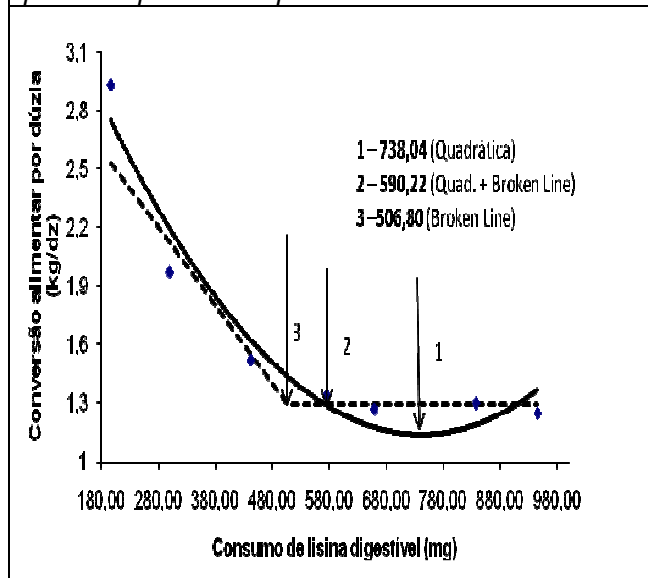
<b>Modelo</b>	<b>Conversão alimentar por dúzia</b>	<b>Nível ótimo (mg/ave/dia)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>1º Período</b>			
Broken Line	CAD= 1,363 + 0,002 (498,9- lis)	499	0,85
Quadrático	CAD= 2,423 - 0,003 lis + 0,000002 lis <sup>2</sup>	731	0,86
Quadr + BL	1,363= 2,423 - 0,003 lis + 0,000002 lis <sup>2</sup>	575	--
<b>2º Período</b>			
Broken Line	CAD= 1,335 + 0,003 ( 3482,5- lis)	483	0,79
Quadrático	CAD= 3,292 - 0,005 lis + 0,000003 lis <sup>2</sup>	745	0,80
Quadr + BL	1,335= 3,292 - 0,005 lis + 0,000003 lis <sup>2</sup>	576	--
<b>3º Período</b>			
Broken Line	CAD= 1,291 + 0,004 (506,8- lis)	507	0,72
Quadrático	CAD= 3,806 - 0,007 lis + 0,000004 lis <sup>2</sup>	738	0,75
Quadr + BL	1,291= 3,806 - 0,007 lis + 0,000004 lis <sup>2</sup>	590	--
<b>4º Período</b>			
Broken Line	CAD= 1,548 + 0,008 (408,3 - lis)	408	0,69
Quadrático	CAD= 4,812 - 0,009 lis + 0,00001 lis <sup>2</sup>	758	0,68
Quadr + BL	1,548= 4,812 - 0,009 lis + 0,00001 lis <sup>2</sup>	564	--



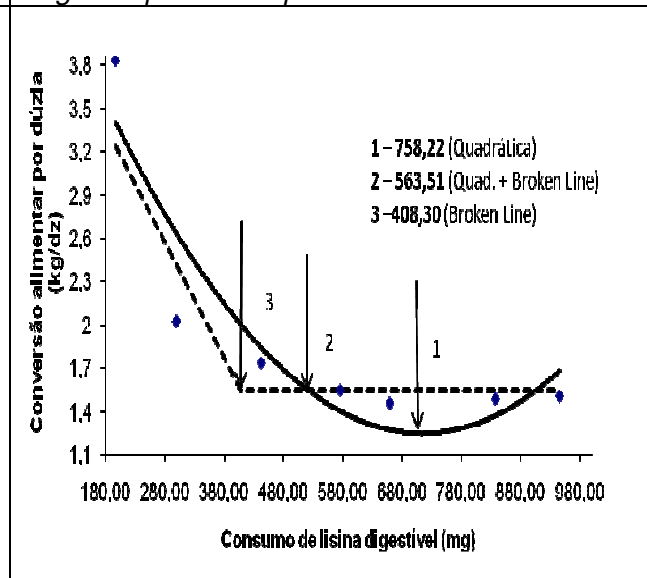
**Figura 9** – Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o primeiro período experimental.



**Figura 10** – Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o segundo período experimental.



**Figura 11** – Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o terceiro período experimental.



**Figura 12** – Conversão alimentar por dúzia de ovos em função do consumo de lisina para o quarto período experimental.

Analisando os resultados da combinação dos modelos broken line com o polinomial quadrático encontra-se no primeiro, segundo, terceiro e quarto período as respectivas conversões de 1,35; 1,32; 1,28 e 1,52 kg/dz, correspondentes ao consumo de lisina de 575; 576; 590 e 564 mg/ave/dia. Portanto é possível afirmar que no segundo e terceiro período houve aumento no consumo de lisina de 0,29 e

2,73%, respectivamente, quando comparado ao primeiro período. Entretanto, no quarto período, houve uma queda de 1,91% quando comparada com o primeiro período.

É importante destacar que foram ajustados os modelos de conversão, tanto para massa de ovos quanto para dúzia. No aspecto produtivo a conversão por massa de ovos é mais interessante, pois considera produção de ovos e peso dos ovos. Isso permite avaliar quantitativamente e qualitativamente o desempenho das aves. No aspecto de mercado, o mais interessante seria que todas as análises de conversão fossem baseadas em conversão por dúzia de ovos, pois quando o produto é vendido, o consumidor compra por dúzia de ovos.

### **3.2. Estimativas dos níveis ótimos econômicos com base no modelo de “Reading”**

Os dados utilizados para elaboração do modelo de “Reading” são apresentados na Tabela 18. As pressuposições de normalidade e homocedasticidade foram testadas e atendidas.

Os dados apresentados na tabela 18 foram ajustados pelo modelo de “Reading” (FISHER et al., 1973), para determinar as exigências de lisina que maximizam os lucros, baseando-se na relação do custo da lisina, com o valor do produto e o desvio padrão dos parâmetros das respostas das poedeiras.

O modelo de Reading é composto por sete parâmetros, conforme apresentado na equação:

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

onde :

$MO_{Max}$ : média da máxima produção de massa de ovos (MO), g/dia;

$\sigma MO_{Max}$ : desvio padrão da máxima taxa de produção de massa de ovo (MO);

PC: média de peso corporal;

$\sigma PC$ : desvio do peso corporal;

$r_{MOPC}$ : correlação entre MO e PC;

a: exigência do aminoácido por unidade de MO;

b: exigência do aminoácido para manutença por unidade de PC.

**Tabela 18 – Dados utilizados para elaboração do modelo de “Reading”**

Níveis de lisina (%)	Ingestão de lisina (mg/ave/dia)	Massa de ovos (g/a/d)	Peso corporal (kg)
<b>Primeiro período</b>			
0,273	216,65	27,20	1,31
0,364	328,63	37,65	1,28
0,455	449,02	47,50	1,39
0,546	562,50	52,80	1,48
0,636	661,16	55,23	1,54
0,818	842,94	58,02	1,54
0,909	923,83	54,89	1,55
<i>Desvio padrão</i>	----	5,60	0,14
<i>Média</i>	----	56,58	1,42
<i>CV%<sup>1</sup></i>	----	10,00	10,00
<b>Segundo período</b>			
0,273	183,62	16,10	1,31
0,364	279,09	29,72	1,28
0,455	443,34	44,70	1,39
0,546	572,91	54,22	1,48
0,636	673,12	59,93	1,54
0,818	860,64	61,01	1,54
0,909	961,32	60,92	1,55
<i>Desvio padrão</i>	----	6,10	0,14
<i>Média</i>	----	60,98	1,42
<i>CV%</i>	----	10,00	10,00
<b>Terceiro período</b>			
0,273	180,38	14,39	1,31
0,364	304,27	28,64	1,28
0,455	423,78	44,72	1,39
0,546	561,00	56,89	1,48
0,636	637,95	59,49	1,54
0,818	809,25	60,69	1,54
0,909	914,42	62,65	1,55
<i>Desvio padrão</i>	----	6,16	0,14
<i>Média</i>	----	61,60	1,42
<i>CV%</i>	----	10,00	10,00
<b>Quarto período</b>			
0,273	206,17	14,33	1,31
0,364	284,96	28,60	1,28
0,455	450,98	46,77	1,39
0,546	603,64	60,07	1,48
0,636	666,64	61,44	1,54
0,818	870,91	64,31	1,54
0,909	981,12	62,57	1,55
<i>Desvio padrão</i>	----	5,72	0,14
<i>Média</i>	----	63,50	1,42
<i>CV%</i>	----	9,00	10,00

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação

De acordo com CURNOW (1973), a inclusão dos setes parâmetros descritos acima, compõe uma equação que não se modifica independente das condições ambientais, tornando, portanto uma característica ímpar do Modelo de

“Reading”. É importante destacar que a correlação da massa de ovo com o peso corporal ( $r_{MOPC}$ ) é nula, então a equação passa a ter a seguinte estrutura:

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

Na elaboração dos modelos foram utilizadas as variáveis de peso corporal, consumo de lisina e massa de ovos obtidas em cada período e estas foram ajustados pelo modelo de “Reading” e os parâmetros de variância estimados para população de poedeiras comerciais foram considerados para elaborar os modelos e estimar os níveis de lisina levando em consideração os parâmetros econômicos.

Os modelos elaborados e os níveis ótimos econômicos para cada período experimental são apresentados na Tabela 19.

**Tabela 19-** Equações ajustadas pelo modelo de “Reading” em cada período

<b>MODELO DE READING</b>	<b>Nível Ótimo mg/ave/dia</b>
<b>1º Período</b>	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 8,97.55,23 + 0,01.1,43 + y.x \sqrt{8,97^2.5,6^2 + 0,01^2.0,143^2}$ (1)	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 495,43 + 50,2.x$ (2)	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 495,43 + 50,2.1,8990$ (3)	571
<b>2º Período</b>	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 9,61.60,86 + 9,38.1,43 + y.x \sqrt{9,61^2.10,00^2 + 9,38^2.0,169^2}$	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 598,28 + 96,1.x$	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 598,28 + 96,1.1,8687$	778
<b>3º Período</b>	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 8,16.61,32 + 45,10.1,43 + y.x \sqrt{8,16^2.2,1^2 + 45,10^2.0,169^2}$	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 564,86 + 18,8.x$	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 564,86 + 18,8.1,9402$	601
<b>4º Período</b>	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 7,90.62,80 + 54,75.0,169 + y.x \sqrt{7,90^2.9,00^2 + 54,75^2.0,169^2}$	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 505,37 + 71,7.x$	
$Lisina_{opt} \frac{mg}{dia} = 505,37 + 71,7.1,9541$	646

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

Nos modelos apresentados acima (1) indica a equação completa onde primeiramente, calculou-se a exigência para um animal de produção média ( $A \frac{mg}{dia} = a.MO_{max} + b.PC$ ) e depois disso na segunda parte da equação  $y.x \sqrt{a^2.\sigma^2 E_{max} + b^2\sigma^2 BW}$  que descreve a variância populacional, reescrevendo a equação da seguinte forma:

$$y = x \{ \text{desvio padrão dos requerimentos individuais } [a.MO_{max} + b.PC] \}$$

A magnitude do  $y$ , portanto, depende de fatores econômicos ( $k$ ) e do formato da curva resposta, que por sua vez depende de  $a$ ,  $\sigma MO_{max}$  e  $\sigma PC$ . Sendo  $o$ ,  $k$  é relação custo benefício do fornecimento do aminoácido.

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

Na equação (2) foi calculado a exigência extra para os indivíduos mais produtivos, (3) indica o desvio padrão da curva normal que corta uma área  $a.k$  em uma cauda, é expresso em unidades padrão obtido a partir de tabelas da distribuição normal (é o valor de  $Z$  da Distribuição Normal Padrão, correspondente ao valor da expressão  $(0,5-(a.k))$ ). Logo, 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).

No primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental foram encontrados respectivamente para o parâmetro de produção ( $a$ ) os valores de 8,97; 9,61; 8,16 e 7,90 mg de lis/g de ovo.

BRAY (1969) relataram que o parâmetro  $a$  para atender as exigência de lisina para poedeiras da linhagem Leghorn White, é de 11,6 mg/g de ovo, sendo esse valor maior que as estimativas do presente estudo. Essas discrepâncias nos resultados podem ter ocorrido devido a diferentes técnicas de formulação. No presente estudo utilizou-se a técnica de diluição de dietas e o trabalho realizado por BRAY (1969) fez uso de lisina purificada que foi adicionada a dieta mantendo o nível de proteína constante (12%). Segundo MC DONALD & MORRIS (1985), o uso da técnica da suplementação causa desequilíbrio dos aminoácidos.

Utilizando a técnica da diluição, PILBROW & MORRIS (1974) e GRIESSEL (1980) encontraram, respectivamente, 10,26 e 10,43 mg/g de ovo para o

parâmetro *a*. Conforme LATSHAW (1976) e MC DONALD (1979) ao utilizar a suplementação de lisina em uma dieta basal fixa, os mesmos observaram os valores de *a* de 7,89 e 13,29 mg/g de ovo produzido, respectivamente.

Analisando os parâmetros de manutenção (*b*), foi encontrado, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental os valores de 0,01; 9,38; 45,10 e 54,75 mg/kg de peso vivo. O coeficiente de manutenção estimado para o primeiro período (0,01) não deve ser considerado, pois de acordo com FISHER et al. (2001) quando trabalharam com reprodutores verificaram que valores entre zero e 0,02 mg/kg PC, gerou uma extrapolação da manutenção pelo modelo de "Reading" que não estimou valores coerentes. O coeficiente de manutenção estimado no segundo período (9,38) é similar ao encontrado por MC DONALD & MORRIS (1985) que obtiveram o valor de 9,99 mg/kg PC. No entanto, os parâmetros determinados diferem do valor proposto por esses autores, no qual determinaram 73 mg/kg PC para frangas em crescimento. ROSTAGNO et al. (2005) estimaram o valor de 84,2 mg/kg PC para estes mesmos parâmetros.

As exigências extras para os indivíduos mais produtivos que os animais médios da população são respectivamente, 95,3; 179,6; 36,5 e 140,1 mg de lisina por ave dia em cada período experimental. Estes valores referem-se ao desvio padrão individual, que deve ser corrigido para a relação custo:benefício do fornecimento de lisina (CURNOW, 1973). Essa quantidade extra de aminoácido é destinada às aves que ainda não atingiram seu máximo potencial de postura.

A variável *x* é dependente do custo do aminoácido, ou seja, essa variável leva em consideração a relação custo benefício do aminoácido, determinando a quantidade do aminoácido para atender as necessidades aminoacídicas dos animais mais exigentes. Quanto mais elevado o custo do aminoácido, menor quantidade será fornecido às aves.

Os modelos propostos para cada período experimental podem ser aplicados em qualquer situação, na qual os aminoácidos ingeridos estão relacionados às respostas de produção, independente das condições ambientais.

O modelo de "Reading" utiliza os princípios do método fatorial. Ao contrário de outros modelos, não fornece uma estimativa de exigência de forma direta. Esse modelo baseia-se no princípio de que a resposta de cada indivíduo de uma população pode ser representada pelo conceito de resposta linear-platô (broken line). Essa abordagem permite obter uma série de respostas individuais e conseqüentemente a resposta média da população para estabelecer o ótimo econômico com base na resposta marginal. De acordo com MORRIS (1989), no modelo de "Reading" é considerada a variabilidade entre os animais. O modelo estima a dose ótima independente do número de doses avaliadas. Isto não ocorre com ajustes obtidos pelo modelo polinomial quadrático.

As curvas obtidas por equações polinomiais quadráticas, geralmente levam à superestimação do consumo necessário para um determinado nível de produção na área de respostas, enquanto as equações broken line, geralmente tendem a subestimar as exigências. Além disso, esses modelos possuem outras limitações, pois quando se ajusta uma equação empírica, não é permitido prever as respostas de outras populações ou grupos de animais com diferentes níveis de produção de ovos ou peso corporal (FISHER et al., 1973).

Pelo uso do modelo de "Reading" é possível obter estimativas para outro grupo de animais pelo modelo gerado. Além disso, esse modelo tem como vantagem a aplicação em uma série de dados de diversos experimentos, estimando o melhor coeficiente. O modelo também permite obter a eficiência de utilização da lisina bem como analisar e verificar os componentes do modelo de forma isolada. A variação na composição do ovo e a utilização de nutrientes podem ser estudadas de forma independente e os resultados desses estudos, incorporados no modelo.

De acordo com FISHER et al. (1973), esse modelo é capaz de fornecer uma descrição razoavelmente consistente dos dados experimentais disponíveis que não foram obtidos por ajustes de curvas mais convencionais.

PACK (1996) afirma que com o modelo de "Reading" é possível estimar a dose ótima econômica, considerando os preços dos nutrientes e a produção de ovos. Além disso, o autor relata que a grande limitação desse modelo é a

dificuldade de considerar dados de conversão alimentar e características produtivas. Outra limitação é a dificuldade de combinar mais de um parâmetro para cálculo econômico e ainda possui grande complexidade matemática.

A eficiência de utilização e os parâmetros de manutenção e produção para cada período encontram-se na Tabela 20.

**Tabela 20** – Parâmetros de produção, manutenção e eficiência de utilização de lisina

Parâmetros	1º Período	2º Período	3º Período	4º Período
Produção (mg/g MO)	8,97	9,61	8,16	7,90
Mantença (mg/kg PV)	0,01	9,38	45,1	54,75
Eficiência de utilização (%)	92,53	86,37	101,72	105,06

A eficiência de utilização da lisina obtida para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período respectivamente foi de 92,53; 86,37; 101,72 e 105,06%. Esses resultados foram obtidos considerando o teor de 8,3 mg de lisina no ovo (FISHER, 1998). As eficiências determinadas são diferentes da obtida por ROSTAGNO et al (2005), de 72,17. Analisando os resultados é possível aferir que com o passar do tempo as aves ficaram mais eficientes demandando menos aminoácidos para manter a produção. Com base nos modelos propostos foi realizada uma simulação para avaliar a aplicabilidade dos modelos. Foram utilizados os parâmetros de PC, MO, CV (PC e MO) e desvio padrão (PC e MO) para gerar uma população de 5000 indivíduos apresentados na Tabela 21.

**Tabela 21** – Parâmetros utilizados na simulação dos modelos propostos

Idade	PC	CV <sup>(1)</sup>	DPPC <sup>(2)</sup>	MO	DPMO <sup>(3)</sup>	a	b	Exigência Média <sup>(4)</sup>	Níveis determinados dose-resposta <sup>(5)</sup>	Nível ótimo Econômico <sup>(6)</sup>
Semanas	Kg	%		G		mg/g	mg/kg	mg/a/d	mg/a/d	mg/a/d
33-36	1,43	10	0,14	55,23	5,60	8,97	0,01	495	632	590
37-40	1,43	10	0,17	60,86	10,00	9,61	9,38	598	727	778
41-44	1,43	10	0,17	61,32	2,10	8,16	45,10	565	699	601
45-48	1,43	10	0,17	62,80	9,00	7,90	54,75	575	684	715

<sup>(1)</sup> Coeficiente de variação, <sup>(2)</sup> Desvio padrão para peso corporal, <sup>(3)</sup> desvio padrão para massa de ovos, <sup>(4)</sup> exigências médias de uma população baseada no modelo de "Reading", <sup>(5)</sup> níveis determinados com base na resposta de massa de ovos e <sup>(6)</sup> níveis ótimos econômicos determinados com base no modelo de "Reading".

A exigência média estimada de lisina da população ao integrar todos indivíduos no modelo, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período foram respectivamente, 495; 598; 565 e 575 mg/ave/dia. Na estimativa do ótimo econômico, o preço da dúzia foi de R\$ 1,53 e o preço da L-Lisina HCl 78% foi de R\$ 4,99 o quilo. O extra de lisina adicionado à exigência média para permitir um ótimo econômico foi de 95; 180; 36 e 140 mg de lisina digestível por dia, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental. Sendo assim o nível ótimo econômico do primeiro, segundo, terceiro e quarto período, respectivamente, são 590; 778; 601 e 715 mg/ave/dia.

Observou-se que as exigências de lisina digestível obtidas pelos modelos propostos por meio da simulação foi inferior ao encontrado por PILBROW & MORRIS (1974) no qual determinaram o requerimento de 655 mg de lisina/ave/dia. THOMAS (1966) estimou o requerimento de 710 mg de lisina/ave/dia quando analisou poedeiras com 2 kg e massa de ovos de 50 g/ave/dia.

Quando comparamos os níveis de lisina determinados pelo dose-resposta e pelo modelo de "Reading" é possível observar que o modelo de "Reading" apresenta maior flexibilidade na obtenção de um valor ótimo econômico e do valor biológico, considerando a variabilidade dos animais. Os valores encontrados são empíricos, podendo ser aplicado em diferentes lugares e grupo de animais, enquanto o dose-resposta é uma metodologia estática no qual fornece um valor fixo e sem nenhuma flexibilidade.

#### **4. CONCLUSÕES**

Com base na resposta das poedeiras em massa de ovos, utilizando o modelo broken line, conclui-se que é necessário o consumo de 534; 624, 598 e 590 mg de lisina/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental, respectivamente.

Utilizando o modelo polinomial quadrático, com base na resposta de poedeiras em massa de ovos, conclui-se que é necessário o consumo de 784,

846, 827 e 840 mg de lisina/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental, respectivamente.

Conclui-se, com base na combinação do modelo broken line com o quadrático, baseado na resposta de poedeiras em massa de ovos, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental os consumos de 632; 727; 699 e 684.

Considerando a resposta da população, o preço dos ovos e custo da lisina, recomenda-se o nível ótimo econômico de 590; 778; 601 e 715 mg/ave/dia para o primeiro, segundo, terceiro e quarto período experimental, respectivamente.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BAKER, D.H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. **Poultry Science**, v.73, p.1441-1447, 1994.

BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T.M.; AUGSPURGER, N.R.; PARSONS, C.M. Ideal ration (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. **Poultry Science**, Savoy, v.81, p.485-494, 2002.

BOORMAN, K.N. Regulation of protein and amino acid intake. In: Boorman, K.N., Freeman, B.M. (ed.). Food intake regulation in poultry. Edinburg: **British Poultry Science Ltda.**, p.13-62, 1979.

BRAY, D. J. Studies with corn-soya laying diets. 8. Requirements for limiting amino acids—the basal diet and the requirements for isoleucine, lysine and tryptophane. **Poultry Science**, 48: 674-684, 1969.

BERTECHINI, A. G.; TEIXEIRA, A. S.; CEREZER, C. E. Níveis de lisina para poedeiras comerciais leves na fase de pico de postura. In: CONFERÊNCIA

APINCO' DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995. p.75-76.

CARVALHO, D.C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências nutricionais de lisina para poedeiras leves no período final de postura, submetidas a estresse térmico. In CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. **Anais...** Santos: APINCO, 2004. p.26.

CUPERTINO, E. S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; DONZELLE, J.L.; MELLO, H.H.C.; SCHIMIDT, M.; CALDERANO, A.A. Exigência nutricional de lisina digestível para galinhas poedeiras de 54 a 70 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.480-487, 2009.

CURNOW, R.N. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. **Biometrics**, v.29, p.1-10, 1973.

EFG Software. **Broiler growth model (version 6), Broiler nutrition optimiser (version 1)**, 2006.

FISHER, C. Lysine: Amino acid requirements of broiler breeders. **Poultry Science**, v.77, p.124-133, 1998.

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.

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, p.469 – 484, 1973.

FISHER, C.; GOUS, R.M.; GODDARD, L. Lysine requirements of broiler breeders. In: **Benalve d** (ed.), AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM POULTRY RESEARCH FOUNDATION SYDNEY, p. 183-186, 2001.

GERALDO, A. **Aminoácidos sulfurosos, lisina, e treonina digestíveis para poedeiras comerciais leves em produção**. 2006. 189f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

GRIESSEL, M. **Biological and economic response of laying hens to dietary isoleucine, methionine and energy**. Ph.D. Thesis, University of Natal, 1980.

GOULART, C.C. **Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas**. 1997. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

JARDIM FILHO, R.M.; SANTOS, G.P.; STRINGHINI, J.H. et al. Influência dos níveis de lisina sobre o desempenho de poedeiras comerciais – Hy-Line W36. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Suplemento 6, p.103, 2004.

JARDIM FILHO, R.M.; STRINGHINI, J.H.; ANDRADE, M.A.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; CARVALHO, F.B. Níveis de lisina digestível para poedeiras Hy-Line W-36 em produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.787-495, 2010.

KLASING, K.C. Amino acid. In: KIASING, K.C. (Ed.) **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CAB International, 1998. p.133-170.

LAMBERSON, W.R.; FIRMAN, J.D. A comparison of quadratic versus segmented regression procedures for estimating nutrient requirements. **Poultry Science**, v.81, p.481-484, 2002.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Loughborough: Nottingham University Press, 1994.

LATSHAW, J.D. Lysine requirement of hens fed diets with corn as major cereal grain. **Poultry Science**, v.55, n.6, p.2348-2353, 1976.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Funep, 2002, 375p.

MARCH, B.E.; BIELY, J. The effects of protein level and amino acid balance in wheat-based laying rations. **Poultry Science**, v.51, n.1, p.547-557, 1972.

MATOS, M.S.; LEANDRO, N.S.M.; CARVALHO, F.B. et al. Níveis de lisina e treonina digestível na ração de poedeiras comerciais sobre o desempenho. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** Santos: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2006. p.100.

MCDONALD, M. W. Lysine and methionine supplements in diets for laying pullets. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.30, p.983-990, 1979.

MCDONALD, M. W.; MORRIS, T. R. Quantitative review of optimum amino acid intakes for laying pullets. **British Poultry Science**, v20, p.253-264, 1985.

MENDONÇA JUNIOR, C.X.; LIMA, F.R. Efeito dos níveis de proteína e de metionina da dieta sobre o desempenho de galinhas poedeiras após muda forçada. **Journal Veterinary Research and Animal Science**, v.36, p.332-338, 1999.

MORRIS, T.R. The interpretation of responses data from animal feedings trials. In: **RECENT DEVELOPMENTS IN POULTRY NUTRITION (Eds.: D.J.A. Cole e W. Harasign)**, Butterworths, London, p.1-11, 1989.

MORRIS, T.R.; GOUS, R.M. Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight . **British. Poultry. Science**, v.29, n.1, p.93-97, 1988.

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

MOUGHAN, P. J. Modelling amino acid metabolism in the growing pig. p.133-154. In: *Amino Acid in Farm Animal Nutrition*. JPF D' Mello, Ed. CAB Internacional, Wallingford, UK. 1994.

NOVAK, C.L.; SCHEIDELER, S.E. The combined effects of lysine and TSAA in two strains of laying hens. **Poultry Science**, v.77, p.1-180, 1998.

NOVAK, C.L.; YAKOUT, H.S.; SCHEIDELER, S. Lysine levels in laying hens diets. **The Nebraska Poultry Report**, p.21-23, 2000.

NOVAK, C.L.; YAKOUT, H.S.; SCHEIDELER, S. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in dekalb delta laying hens. **Poultry Science**, v.83, p.977-984, 2004.

OVIEDO-RONDÓN, E.O. ; WALDROUP, P. W. Models to estimate amino acid requirements for broiler chickens: a review. *International Journal of Poultry Science*, v.5, p.106-113, 2000

PACK, M. ; HOEHLER, D. ; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'MELLO, J.P.F. ( Ed. ) *Amino acids in animal nutrition*. **Cambridge**, 2003. p.459-483.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'Mello J.P.F. **Amino Acids in Animal Nutrition**, 2nd edition, CABI Publishing. p.459-483, 1996.

PAIK, I. Application of chelated microminerals in animal production. **Asian-Australasian Journal of animal Science**, Seoul, v. 14, n, 2, p.191-198, 2001.

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.

ROBBINS, K.R.; NORTON, H.W.; BAKER, D.H. Estimation of nutrient requirement from growth data. **Journal of Nutrition**, v. 109, p.1710-1714, 1979.

ROCHA, T.C. **Níveis de lisina digestível em rações para poedeiras leves no período de produção**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

ROCHA, T.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para poedeiras no período de 24 a 40 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1726-1731, 2009.

ROMBOLA, L.G.; RIZZO, M.F.; FARIA, D.E. et al. Alimentação de poedeiras com diferentes níveis de proteína e lisina: desempenho e qualidade dos ovos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2004, Santos. **Anais...** Santos: 2004. p.23.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186 p.

RUNHO, R. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LOPES, P. S.; POZZA, P. C. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 187-196, 2001.

SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de lisina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1829-1836, 2007.

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

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. 6th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2008.

SCHIMIDT, T.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; NUNES, R.V.; CUPERTINO, E.S. Exigência nutricional de lisina para poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.10, p. 1956-1961, 2009.

SILVA, M.F.R.; FARIA, D.R.; RIZZOLI, P.W.; SANTOS, A.E.; SAKAMOTO, M.I.; SOUZA, R.B. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2246-2252, 2010.

THOMAS, O.P. **Studies to determine the available lysine requirements of chickens and the relationship between serum protein level and body composition**. PhD thesis, University of Maryland, 1966.

VIEIRA, S. L. Idade da matriz, tamanho do ovo e desempenho do pintinho. In: **CONFERÊNCIA APINCO 2001 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, Campinas, SP, 2001. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001. v.2, p. 117-123.