

**CORRELAÇÃO ENTRE MEDIDAS DA
QUALIDADE E PERDA DE OVOS NO
SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO**

ISMAEL MANSUR FURTADO

1999

47225

39169 MFN

ISMAEL MANSUR FURTADO

**Correlação entre medidas da qualidade e perda de ovos no
segundo ciclo de produção**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal/Avicultura, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Antonio Ilson Gomes de Oliveira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Furtado, Ismael Mansur

Correlação entre medidas da qualidade e perda de ovos no segundo ciclo de
produção / Ismael Mansur Furtado. – Lavras : UFLA, 1999.

49 p. : il.

Orientador: Antonio Ilson Gomes de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Poedeira. 2. Muda forçada. 3. Correlação. 4. Ovo – Produção. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.5142

ISMAEL MANSUR FURTADO

**Correlação entre medidas da qualidade e perda de ovos no
segundo ciclo de produção**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal/Avicultura, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 10/06/99

Prof. Benedito Lemos de Oliveira – UFLA

Prof. Daniel Furtado Ferreira – UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA


Prof. Antonioilson Gomes de Oliveira – UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus,

Ao meu Pai, João Furtado Ferreira (*in memoriam*)

OFEREÇO

À minha mãe, Nadime Mansur Ferreira

Aos meus irmãos, Salomão, Miguel, Daniel, Marcia, Natália,
Marta e Mara

À minha esposa, Alessandra,

Pelo amor, pelo carinho e pelo incentivo,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq), pela concessão da Bolsa de estudos.

Aos Professores, Antonio Ilson Gomes de Oliveira, Daniel Furtado Ferreira e Benedito Lemos de Oliveira, pela orientação, compreensão e amizade.

Ao Professor Luiz Henrique de Aquino, pela amizade.

Aos Professores, Paulo Borges Rodrigues e Jeferson Eder Ferreira de Oliveira, pela cessão dos dados.

Ao Professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas pela colaboração.

Aos Professores dos Departamentos de Zootecnia e Ciências Exatas, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas, Edésio Ribeiro, Euclides Reuter, Édson Fassani, Geraldo Alves de Souza Filho, Giovani Landa, Iran Parreira, Inês Gomide, Iraídes Rezende, José Libêncio Babilônia, Luciana Geressev, Marcelo Gomes, Marcos, Carvalho Maia, Pedro Silva e Francisco Edson Gomes, do curso de Mestrado em Zootecnia, pelo companheirismo e agradável convívio durante esta fase.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ISMAEL MANSUR FURTADO, filho de João Furtado Ferreira e Nadime Mansur Ferreira, nasceu aos 28 de Março de 1969 na cidade de Carrancas, Estado de Minas Gerais.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras – UFLA em janeiro de 1996.

Em março de 1996 iniciou o curso de mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal / Aves, pela Universidade Federal de Lavras – UFLA.

Em março de 1998, ingressou na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER-MG), onde começou a atuar como extensionista agropecuário.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	iii
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 QUALIDADE DO OVO.....	3
2.2 MEDIDAS DE QUALIDADE DA CASCA.....	4
2.2.1 Métodos Diretos.....	5
2.2.2 Métodos Indiretos.....	6
2.3 IDADE DA AVE.....	7
2.4 FATORES NUTRICIONAIS E A QUALIDADE DO OVO.....	8
2.5 METODOLOGIAS ESTATÍSTICAS PARA ESTABELECEER AS MELHORES MEDIDAS.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS, ÉPOCA DO ENSAIO, AVES, INSTALAÇÕES E MANEJO.....	14
3.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	17
3.2.1 <i>Qualidade externa do ovo</i>	17
3.2.1.1 Peso Específico.....	17
3.2.1.2 Espessura da casca.....	18
3.2.1.3 Peso da casca por unidade de superfície de área.....	19
3.2.1.4 Percentagem de casca.....	19
3.2.2 <i>Qualidade interna do ovo</i>	19
3.2.2.1 Unidade Haugh.....	19
3.2.3 <i>Perdas de ovos</i>	20
3.3 PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS.....	22
4.2 ESTRUTURA DE CORRELAÇÕES.....	23

4.3 IMPORTÂNCIA DAS VARIÁVEIS PARA AVALIAR A QUALIDADE DA CASCA.....	29
4.4 IMPORTÂNCIA DAS VARIÁVEIS PARA AVALIAR A QUALIDADE INTERNA DO OVO	34
5 CONCLUSÕES	41
6 SUGESTÕES.....	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

RESUMO

FURTADO, Ismael Mansur. **Correlação entre medidas de qualidade e perda de ovos no segundo ciclo de produção.** Lavras: UFLA, 1999, 49p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia)*

Com o objetivo de estabelecer as medidas que melhor definam a percentagem de perda de ovos e, adicionalmente, a qualidade interna medida por Unidades Haugh, foram utilizados dados oriundos de dois experimentos realizados no Setor de A do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Os períodos experimentais foram de 14/11/93 a 09/01/94 e de 22/05 a 09/07/94, experimentos 1 e 2, respectivamente. Foram utilizadas as seguintes aves: 1152 (experimento I) e 720 (experimento II), todas poedeiras comerciais da Linhagem Hy-line W-36, amostradas aleatoriamente de 2 plantéis comerciais de 51.000 aves cada e submetidas à muda forçada na 72ª semana de idade. Inicialmente, procurando elucidar qual a importância e possíveis estruturas de relação existentes entre as variáveis, utilizou-se a análise multivariada de agrupamento entre as variáveis (cluster analysis). Em seguida, adotou-se o modelo de regressão linear múltipla, sendo que as análises foram executadas utilizando-se o Proc Reg do sistema SAS. Para avaliar a importância das variáveis estudadas na qualidade da casca e na qualidade interna do ovo, numa primeira fase, estimou-se o coeficiente de determinação parcial de cada variável (Tipo II), e numa segunda fase, adotou-se o procedimento de seleção de equações ajustadas denominado “Backward”. Verificou-se que todas as variáveis mostraram-se influentes para a perda de ovos, sendo negativamente correlacionadas, e que a utilização somente de peso específico para avaliar a qualidade da casca é suficiente para explicar a percentagem de perda de ovos e a

* Comitê de Orientação: Antonio Ison Gomes de Oliveira – UFLA (Orientador), Benedito Lemos de Oliveira - UFLA, Daniel Mansur Furtado – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

qualidade interna do ovo medida por Unidades Haugh, devendo a variável peso específico receber maior atenção por parte dos pesquisadores e produtores.

ABSTRACT

FURTADO, Ismael Mansur. Correlation between quality traits and lost of the eggs in the second production cycle. Lavras: UFLA, 1999, 49p. (Dissertation – Master Program in Animal Science)*

Data from two trials carried out in poultry science sector of the Animal Science Department at Lavras Federal University – UFLA, were used for correlate the main factors that affected the shell breakage in second production cycles of the hens. Other objective was to find a predictor of the percentage of lost of the eggs (LOST) and of the internal egg quality (measured by Haugh Units). The number of hens and experimental periods are: 1152 hens from 14/11/93 to 09/01/94 and 720 hens from 22/05 to 09/07/94, respectively for trials 1 and 2. Hy-line W-36 hens are sampling randomized from two commercial flocks of 51,000 hens molted at 72-wk-old. Initially, in order to make clear the importance and possible relations structures existing among variables, the cluster analysis was used. Afterwards, the multiple regression linear model was used. The analysis was performed by Proc Reg of the SAS package. Firstly, it was estimated the partial determination coefficient of each trait (Type II) to evaluate the importance of the variables on egg shell quality and internal egg quality. Secondly, a procedure of adjusting equation selection named Backward was used. All variables affected LOST and were negatively correlated. The only utilization of Specific Gravity should be used to evaluate the LOST as well as internal egg quality (measure by Haugh units). It is also

* Guidance Committee: Antonio Ilson Gomes de Oliveira – UFLA (Major Professor), Benedito Lemos de Oliveira - UFLA, Daniel Mansur Furtado – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

important to point out that this variable (Specific Gravity) need to be more attention by eggs producers and researchers .

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes méritos da avicultura atual está relacionado ao melhoramento genético das aves de postura, que tem proporcionado altas produções às linhagens existentes. Entretanto, sabe-se que problemas relacionados à perda de ovos têm atingido a maioria dos produtores comerciais devido ao manejo e à qualidade da casca, sendo esta influenciada por fatores como idade e nutrição.

A qualidade da casca tem uma grande importância na qualidade do ovo e vem sendo intensamente estudada, pois constitui uma importante fonte de perda econômica, o que tem preocupado a maioria dos produtores. Segundo Roland (1977), as perdas de ovos por má qualidade das cascas atingem valores percentuais de 6 a 8% em média, sendo esse um dos maiores problemas do setor no que diz respeito à produção e processamento de ovos, atingindo diretamente o consumidor pela elevação do custo de produção.

Atualmente, a muda forçada tem sido utilizada como uma prática comum no Brasil, visto que isso acarreta uma economia para o produtor, que evita gastos iniciais na criação. No entanto, essa prática é sabidamente conhecida como uma fase em que as aves produzem ovos maiores e com maiores problemas de casca.

Na literatura existe uma diversidade de estudos relacionados com a qualidade do ovo para o primeiro ciclo de postura; entretanto, essas informações são escassas para o segundo ciclo de produção.

De uma forma geral, parece claro que a percentagem de perda de ovos é a característica que melhor define o prejuízo do produtor em função da qualidade da casca. Para avaliar essa perda, surge uma outra séria dificuldade: a grande gama de medidas usadas na sua avaliação, tais como: a espessura da casca, a percentagem de casca, o peso da casca por unidade de superfície de

área, o peso específico, dentre outros. Assim, é comum que em todos os trabalhos, os pesquisadores façam a avaliação de todas elas, o que demanda tempo e custos adicionais para a pesquisa, bem como para as empresas.

Levando-se em consideração esses aspectos, objetivou-se com este trabalho estabelecer as medidas que melhor definam a percentagem de perda de ovos e a qualidade interna do ovo, no segundo ciclo de produção

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade do ovo

A alta produção de ovos alcançada pelas aves de postura deve-se principalmente ao intenso melhoramento genético realizado nos últimos anos, associado às evoluções na área da nutrição.

Contudo, os produtores têm enfrentado contínuas perdas de ovos devido à baixa qualidade da casca que, em aves velhas, fica mais evidenciada.

Em 1998, estimou-se o plantel de poedeiras comerciais no Brasil, em torno de 56 milhões de aves, com uma produção de mais de um bilhão e cem milhões de dúzias de ovos (Aves e Ovos, 1999). Segundo Campos et al. (1981), a perda ocorrida em função da má qualidade da casca é de 7,4%, o que implica em uma perda de mais de 86 milhões de dúzias de ovos, ou seja, quase 46 milhões de reais sobre a produção brasileira no ano de 1998.

As perdas no Reino Unido (Anderson e Carter, 1976), Estados Unidos (Roland, 1977) e Canadá (Wasylyshen, 1976 citado por Baião e Cançado, 1997), devido à qualidade da casca, assemelham-se àquelas apontadas para o Brasil (Campos et al., 1981).

Hamilton et al (1979) estimaram que o custo anual dessas perdas seja em torno de 60 milhões de dólares para o produtor americano e 6 milhões de dólares para o produtor canadense. De acordo com Roland (1988), os defeitos da casca representam uma perda de 1,32 dólares por ave nos Estados Unidos.

Desde os trabalhos iniciais de Haugh (1937), a Unidade Haugh tem sido comumente usada para expressar a qualidade interna dos ovos. Essa medida citada por Card e Nesheim (1968), leva em consideração a altura do albúmen e o peso do ovo.

Sabe-se que ocorrem reações químicas no interior do albúmen, as quais resultam na formação de água e gás carbônico (CO₂). O CO₂ é difundido pela casca e o albúmen, conseqüentemente, torna-se liqüefeito. Gardner (1975?) sugere que a qualidade inferior do albúmen pode estar relacionada com uma intensificação nas trocas gasosas que ocorrem com o meio, troca esta facilitada quando há uma maior ocorrência de ovos com casca mais fina.

Com base no exposto, é possível inferir que a qualidade interna do albúmen, expressa em Unidades Haugh, pode ser dependente da qualidade da casca.

2.2 Medidas de Qualidade da casca

A casca do ovo é constituída basicamente de carbonato de cálcio e material orgânico. Sua arquitetura (Figura 1) é representada pela existência de seis camadas distintas: as membranas interna e externa da casca do ovo que encapsulam a clara e a gema, a camada mamilar, a camada empaliçada ou esponjosa, a camada vertical de cristas e a cutícula, (Solomon, 1991). O material orgânico é encontrado na membrana da casca, no núcleo mamilar, na matriz da casca (camada esponjosa) e na cutícula. O carbonato de cálcio se encontra na camada lamelar.

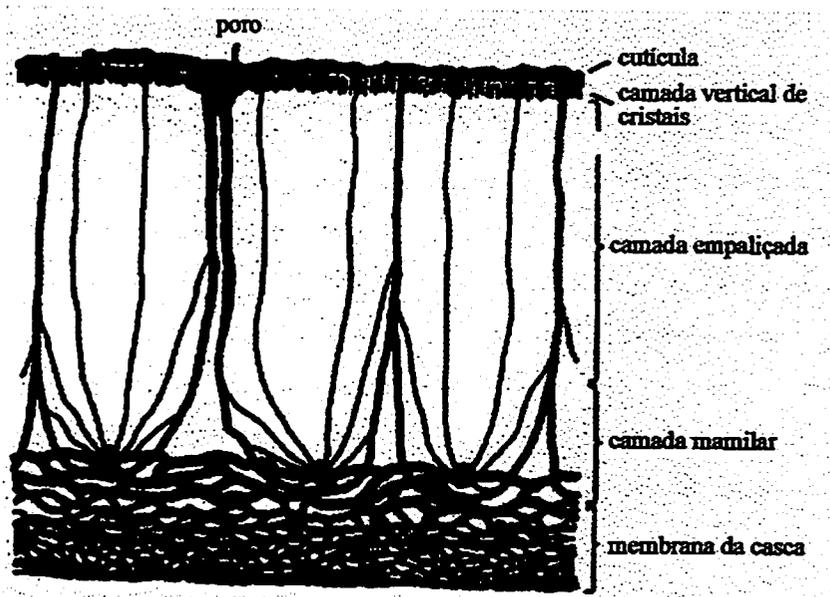


Figura 1- Estrutura da casca

Normalmente costuma-se associar a qualidade da casca com a ocorrência de ovos avariados.

Os métodos utilizados para avaliar a qualidade da casca podem ser divididos em duas categorias: diretos e indiretos. Segundo Hamilton (1982), os métodos diretos são mais precisos, porém exigem mais trabalho para determiná-los dos que os métodos indiretos.

2.2.1 Métodos Diretos

De acordo com Baião e Cançado (1997), são definidos como métodos diretos de avaliação a espessura da casca, a percentagem da casca em relação ao peso do ovo e o peso da casca por unidade de área.

Todos esses métodos têm como grande inconveniente a necessidade de destruir o ovo, e também o fato de serem extremamente trabalhosos.

A espessura da casca não é uniforme, sendo que normalmente é grossa na extremidade mais fina do ovo; fina na região equatorial e intermediária na extremidade mais larga (Tyler, 1961). Abdallah, Harms e El-Husseiny (1993) concluíram que existe uma correlação altamente negativa entre a percentagem de casca e o número de ovos quebrados, existindo correlação semelhante entre o peso da casca por unidade de área e a incidência de ovos danificados.

Adicionalmente, são citados outros métodos diretos extremamente eficientes, mas muito complexos, tais como a pressão semi-estática (Voisey e Hamilton, 1976), a fratura por força de impacto (Hamilton et al., 1979) e a força de perfuração (Stevenson et al., 1981).

2.2.2 Métodos Indiretos

O uso de métodos indiretos de avaliação da qualidade da casca tem sido muito estudado, tendo em vista a importância de não se destruir o ovo e, com isso tornar viável o seu uso na incubação.

Dentre outros, são citados na literatura o peso específico do ovo (Mounthey e Vanderzant, 1957) e a deformação não-destrutiva (Hamilton, 1982) como sendo métodos indiretos. Além deles, tem sido descrita a importância da técnica de “Beta Backscatter”, a qual, segundo James e Retzer (1967) utiliza rádioisótopos. A quantidade de partículas β que refletem a partir da casca do ovo, segundo Voisey e James (1970), é influenciada pelo albúmen do ovo e especialmente pelas membranas da casca.

Segundo Olsson (1934), citado por Baião e Cançado (1997), o peso específico do ovo mostra uma relação direta com a espessura da casca e a percentagem de casca em relação ao peso do ovo. Adicionalmente, Wells (1967), citado por Hamilton (1982), obteve dados os quais evidenciam que com

peso específico abaixo de 1,043, todos os ovos se quebram, enquanto que acima de 1,087, as quebras são irrisórias.

2.3 Idade da ave

É evidenciado em nível de campo que existe um decréscimo na qualidade da casca do ovo com o aumento da idade da ave.

Observações feitas por Roland (1976) e Hamilton (1978) constataam que o tamanho do ovo aumenta com a idade mais rapidamente que o peso da casca e, em consequência, diminuem a espessura da casca e sua porcentagem em relação ao peso do ovo. Isso indica que controlando o tamanho do ovo, a qualidade da casca do ovo de galinha velha pode ser melhorada. Entretanto, Hunt, Voisey e Thompsom (1977) encontraram uma correlação muito baixa entre o peso do ovo e a perda de ovos, e os resultados de Rodrigues (1995), Oliveira (1995) e Oliveira (1998), também sugerem que haja esta baixa correlação.

Em outro trabalho, Roland (1982) relata ser o tamanho do ovo responsável pela pior qualidade da casca em galinhas velhas. A quantidade de cálcio depositado nos ovos permanece durante todo o ciclo de postura mais ou menos constante. Entretanto, o ovo chega a aumentar em até 20% o seu tamanho do início ao final do ciclo de postura e, portanto, haverá menos cálcio por superfície de casca, o que, consequentemente, reduz a resistência da casca.

Com o aumento do peso do ovo, há uma redução na resistência da casca, o que leva, segundo Miyano (1993), à perda na qualidade da casca. Esse autor relaciona esse fato com o avanço da idade, sem proporcional aumento no peso da casca, relato este que é reforçado por Oliveira (1992).

Um outro fato importante citado por Mateos (1991), é que as aves velhas, assim como aquelas que produzem ovos com casca de má qualidade,

possuem menor atividade da enzima anidrase carbônica, o que levaria à menor calcificação da casca do ovo.

Segundo Elaroussi et al (1994), a taxa de retenção do cálcio varia de acordo com a idade. Assim, aves jovens apresentam uma taxa de retenção de aproximadamente 60%, enquanto aves mais velhas retêm apenas 40% do cálcio absorvido.

A muda forçada é uma prática que permite que as aves em idade avançada descansem por um período, o que lhes proporciona uma recuperação orgânica, restabelecendo uma boa produção e a qualidade dos ovos, qualidade esta que persiste por 12 a 16 semanas (Oliveira, 1992).

Já Keshavarz (1985) acredita que esse processo limparia o sistema reprodutivo de minerais e outros metabólitos ou toxinas presentes, provocando uma melhora na qualidade da casca.

2.4 Fatores nutricionais e a qualidade do ovo

Fatores nutricionais podem afetar a qualidade da casca reduzindo-a quando ocorre alterações na qualidade das rações proveniente de manipulações da fórmula.

Para Baião e Cançado (1997), é fácil piorar a qualidade da casca com interferência nas fórmulas de rações, porém, quando se deseja aumentar sua qualidade, isso se torna uma tarefa difícil, apesar da vasta literatura sobre o assunto.

Dentre os fatores nutricionais que podem influenciar a qualidade do ovo, citamos o cálcio, o fósforo, os aminoácidos sulfurosos e as vitaminas, dentre outros.

O cálcio é considerado o principal fator nutricional que influencia a qualidade da casca, sendo alvo de inúmeras pesquisas.

Segundo Mateos (1991), o cálcio soma cerca de 98% dos minerais responsáveis pela formação da casca, o que representa de 9 a 10% do peso do ovo fresco. Um ovo de tamanho médio contém de 2,1 a 2,4 g de Ca, que provém exclusivamente da dieta.

Além disso, deve-se ao cálcio várias outras funções no corpo das aves, sendo 99% encontrado no esqueleto e o restante fazendo parte do metabolismo celular, da ação neuro-muscular e da ativação da enzima atuante na coagulação sanguínea (Caceres, 1994).

Com relação ao fósforo, sabe-se que a casca do ovo contém uma pequena quantidade deste mineral ($\pm 22\text{mg}$), a qual não está distribuída homoganeamente, sendo depositado no período final de formação do ovo, e ficando concentrado, principalmente, nas camadas externas da casca (Mateos, 1991).

O fósforo é um nutriente fundamental nas dietas de poedeiras e na qualidade da casca do ovo (Vandepopuliere e Lyons, 1992), e sua utilização em níveis inadequados na dieta, seja em baixa ou alta concentração, pode prejudicar a qualidade da casca (Summers et al 1976, Choi et al 1980, Mikaelim e Sell, 1981, Miles e Harms 1982, Junqueira, 1993).

A diminuição do nível de fósforo leva a um incremento na qualidade da casca, segundo Taylor (1965), citado por Roland (1989), o qual atribuiu esse efeito a uma redução na formação de um complexo insolúvel no intestino.

As necessidades de aminoácidos sulfurosos totais (AAST) e metionina para poedeiras variam consideravelmente nos trabalhos publicados. A metionina é normalmente o primeiro aminoácido limitante em dietas práticas e sua suplementação fornece meios para aumentar a eficiência na utilização da proteína (Schutte, De Jong e Bertram, 1994). As dietas práticas, formuladas principalmente à base de milho e farelo de soja, não suprem as exigências em

metionina e AAST, levando à necessidade de adição de metionina sintética, o que onera o custo final da ração (Alves, 1986).

Com relação à Vitamina C, é conhecida a habilidade da biossíntese de ácido ascórbico pelas aves domésticas a nível renal. No entanto, em condições de estresse, necessita-se suplementação, devido a um bloqueio no sistema enzimático envolvido na biossíntese dessa vitamina (Bertechini, 1989).

O potencial de oxirredução, síntese de colágeno e carnitina, metabolismo de tirosina, absorção intestinal de ferro, metabolismo de colesterol e triglicerídeos e interrelações com a vitamina D, estão entre as principais funções da Vitamina C (Mann, 1991; Mann, 1992).

Dentre as vitaminas D, a D₃ (colecalfiferol) é aproveitada com melhor eficiência pelas aves. Seu principal papel fisiológico é o de aumentar a absorção intestinal do cálcio e fósforo, atuando diretamente no processo de calcificação (Harper, 1973). Caceres (1994) evidencia que o colecalfiferol é considerado como sendo mais um hormônio do que uma vitamina, e qualquer desordem no fígado ou rim pode afetar sua conversão. O colecalfiferol é um dos fatores dietéticos mais importantes em relação à qualidade da casca do ovo (Abe et al., 1982). Um inadequado suprimento de 1,25-(OH)₂-D₃ pode ser um fator-chave na redução da espessura da casca dos ovos de poedeiras velhas. Esses autores sugeriram que o aumento na taxa de ovos trincados ou de casca mole está associado a distúrbios no metabolismo de vitamina D₃.

2.5 Metodologias estatísticas para estabelecer as melhores medidas

O estudo da associação entre variáveis é, em geral, feito a partir de um modelo linear de regressão, da forma:

$$Y = X\theta + \varepsilon$$

em que, Y é o vetor de observações da variável independente; X é a matriz formada pelas variáveis independentes ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$); θ é o vetor de parâmetros, $\theta' = [b_0 \ b_1 \ \dots \ b_p]$; ε é vetor de desvios, do qual se assume distribuição normal, $N(0, I\sigma^2)$; e p é o número de variáveis independentes.

O estimador de θ , obtido pelo método dos quadrados mínimos (Draper e Smith, 1981), é dado por:

$$\hat{\theta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

cujo estimador da variância das estimativas é:

$$\hat{Var}(\hat{\theta}) = (X'X)^{-1} \hat{\sigma}^2$$

em que, $\hat{\sigma}^2$ é o estimador da variância residual.

Na busca de variáveis regressoras que trazem informações não redundantes para a variação da variável dependente, é comum o uso do procedimento Backward (Draper e Smith, 1981). Nesse procedimento, é estimado, para cada variável regressora, o F parcial, da seguinte forma:

$$F_{\text{Parcial } (i)} = \frac{(\hat{b}_i^2)/k_{ii}}{(\hat{\sigma}^2)}$$

em que, k_{ii} é o elemento da i -ésima linha e i -ésima coluna da matriz $(X'X)^{-1}$; \hat{b}_i é a estimativa do coeficiente de regressão para a i -ésima variável.

Com base nessa estatística, F_{parcial} , estima-se a significância da informação explicada por cada variável. A variável com menor valor de F_{parcial} e cuja significância for maior que o nível nominal (α) pré-estabelecido, deve ser eliminada do modelo, e o processo deve ser repetido para as variáveis remanescentes, até que não haja mais variáveis a serem eliminadas. É conveniente salientar que o teste de F_{parcial} é equivalente ao teste t, o qual pode ser obtido pela raiz quadrada do primeiro, adotando-se o sinal da estimativa, \hat{b}_i . O R^2 parcial de cada variável é obtido de maneira análoga, da seguinte forma:

$$R^2_{\text{parcial}} \text{ (i)} = \frac{(\hat{b}_i^2)/k_{ii}}{((\hat{b}_i^2)/k_{ii} + \text{SQE})}$$

em que SQE é a soma de quadrados do resíduo, de um modelo com as variáveis de um dado estágio do procedimento de Backward.

Uma outra possibilidade de se investigar as possíveis redundâncias de informações entre duas variáveis, é realizada por meio da estimação dos coeficientes de correlações de Pearson (Steel e Torrie, 1980). Os coeficientes de correlações de Pearson (r_{xz}), entre a variável X e Z quaisquer, são dados por:

$$r_{xz} = \frac{\text{Cov}(X, Z)}{\sqrt{\text{Var}(X) \times \text{Var}(Z)}}$$

em que $\text{Cov}(X, Z)$ é covariância entre X e Z; $\text{Var}(X)$ e $\text{Var}(Z)$ são as variâncias de X e Z, respectivamente.

O teste de hipótese da não associação entre as variáveis X e Z pode ser feito pela estatística t_c , dada por:

$$t_c = \frac{r_{xz}}{\sqrt{1 - r_{xz}^2}} \sqrt{n - 2}$$

que possui distribuição de t de Student com n-2 graus de liberdade, em que n é o tamanho da amostra.

Finalmente, para a necessidade de apresentar um procedimento exploratório que facilite o entendimento da complexa natureza das relações entre variáveis, Johnson e Wichern (1988) descrevem as técnicas de agrupamento (cluster analysis) de variáveis ou de objetos. Segundo os autores, a busca de agrupamentos naturais é uma importante técnica exploratória. Nesse contexto, os agrupamentos podem fornecer informações que possibilitam identificar Outliers, bem como sugerir interessantes hipóteses sobre os possíveis inter-relacionamentos das variáveis.

Os agrupamentos são baseados em medidas de similaridades ou de dissimilaridades (distâncias). Entre as medidas de similaridade, destaca-se o coeficiente de correlação. Com base nessas medidas, diversos métodos de agrupamentos são possíveis de serem aplicados, dentre eles, os métodos do vizinho mais próximo (single linkage) e o vizinho mais distante (complete linkage), são os mais usados. Esses dois métodos se enquadram dentro daqueles conhecidos como aglomerativos, cujo resultado final é um diagrama de árvore conhecido como dendograma. Segundo Johnson e Wichern (1988), os grupos são realizados a partir de um ponto na escala de dissimilaridades (ou similaridades) que depende de uma escolha arbitrária, a qual está vinculada ao conhecimento do pesquisador sobre o fenômeno, alvo de seu estudo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos dados, época do ensaio, aves, instalações e manejo

Os dados para realização deste trabalho foram oriundos de dois experimentos realizados no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, cujo município localiza-se na região Sul do Estado de Minas Gerais, a uma altitude de 910 metros, tendo como coordenadas geográficas 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste de Greenwich (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980).

Os períodos experimentais foram de 14 de novembro de 1993 a 09 de janeiro de 1994 e de 22 de maio a 09 de julho de 1994, correspondendo aos experimentos 1 e 2, respectivamente.

Conforme Rodrigues (1995) e Oliveira (1995), foram utilizadas 1152 (experimento I) e 720 (experimento II) poedeiras comerciais da Linhagem Hy-line W-36, amostradas aleatoriamente de 2 plantéis comerciais de 51.000 aves cada e submetidas à muda forçada na 72ª semana de idade, conforme Oliveira (1981).

Os plantéis encontravam-se em dois grupos distintos conforme sua idade. No 1º grupo, as poedeiras estavam na 4ª semana pós-muda forçada (fase inicial de postura), e no 2º grupo, encontravam-se na 34ª semana pós-muda forçada (fase final de postura).

Foram alojadas 3 aves por gaiola (25 x 45 x 40 cm) em um galpão convencional de postura. O manejo e a alimentação dos plantéis no primeiro ciclo foram semelhantes, com as devidas vacinações contra bronquite infecciosa e doença de New Castle.

Em ambos os experimentos, a unidade experimental constituiu-se de 4 gaiolas com 3 aves cada, totalizando 12 aves. No experimento I, utilizou-se um

DIC em esquema fatorial 2 x 4 (idade x semanas) e 12 repetições, enquanto no experimento II utilizou-se também um DIC em esquema fatorial 2 x 2 (idade x semanas) e 15 repetições. Para as análises, foram utilizados apenas os dados referentes ao tratamento-testemunha, constituindo-se, assim, em uma base de dados com 156 registros.

As dietas dos experimentos I e II, mostradas na Tabela 1, foram fornecidas à vontade, duas vezes ao dia, sendo que a água era corrente e constante. As aves receberam iluminação artificial durante a fase de postura, num total de 17 horas de luminosidade por dia.

Foram feitas anotações diárias de consumo de ração, quantidade de ovos íntegros, quebrados, sem casca e com casca mole, e das temperaturas máximas e mínimas por meio de um termômetro localizado num ponto central, e outro na extremidade lateral do galpão experimental.

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Experimento I	Experimento II
Milho	63,850	65,300
Farelo de Soja	22,615	22,500
Calcário	9,155	9,000
Fosfato bicálcico	1,345	1,500
Óleo vegetal	0,600	0,078
Sal	0,300	0,300
Suplemento Mineral ¹	0,050	0,050
Suplemento Vitaminico ^{2,3}	0,025	0,025
DL- Metionina (99%)	0,060	0,060
Areia	-	1,190
Sabugo Triturado	2,000	-
Total	100,000	100,000
Composição:		
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2750	2750
Proteína Bruta (%)	15,80	16,00
Metionina (%)	0,315	0,315
Met + Cis (%)	0,586	0,585
Lisina (%)	0,796	0,791
Cálcio (%)	3,800	3,800
Fósforo disp. (%)	0,350	0,350
Vitamina D ₃ (UI/kg)	2000	2000

¹ Suplemento Mineral contendo por kg: Mn – 160.000 mg; Fe – 100.000 mg; Zn – 100.000 mg; Cu – 20.000 mg; Co – 2.000 mg; I – 2.000 mg; Veículo q.s.p. – 1.000 g.

² Suplemento Vitaminico contendo por kg: Vit. A – 32.000.000 UI; D₃ – 6.400.000 UI; E – 40.000 UI; B₁ – 8.000 mg; B₆ – 8.000 mg; B₁₂ – 40.000 mcg; K₃ – 8.000 mg; Ácido Pantotênico – 40.000 mg; Ácido Nicotínico – 8.000 mg; Antioxidante – 10 g; Veículo q.s.p. – 1.000 g.

³ Incluiu-se 80 mg de Vitamina D₃, 500 (500.000 UI/g) para obter o nível de 2.000 UI/kg.

3.2 Variáveis estudadas

3.2.1 Qualidade externa do ovo

Ao final da 3ª e 7ª semana (experimento I) e 3ª, 4ª, 7ª e 8ª semana (experimento II) após o início do experimento, foram coletados 3 ovos de cada parcela, sendo estes pesados individualmente, com o objetivo de se determinar a qualidade externa e interna do ovo, excetuando-se o peso específico, em que todos os ovos íntegros produzidos nas últimas 24 horas de cada uma dessas semanas foram avaliados.

3.2.1.1 Peso Específico

Segundo Carbó (1987), o peso específico é um método para avaliação da qualidade da casca que se baseia no fato de que o peso específico da casca é maior que o do conteúdo do ovo (aproximadamente o dobro).

Voisey e Hamilton (1976) relatam que a técnica da flutuação é um método simples de medição do peso específico, em que uma série de recipientes plásticos contendo soluções salinas em crescentes concentrações são usadas para verificar o peso específico dos ovos. O grau de resolução é limitado somente pelo número de recipientes usados e a acurácia com que as soluções são medidas e controladas. É muito prático o uso de incrementos nas soluções de 0,002 (Hunt e Voisey, 1966; Voisey et al, 1969). Entretanto, para reduzir o trabalho na determinação, Voisey (1975) sugere o uso de incrementos maiores, geralmente 0,005. Na prática utilizam-se incrementos de 0,004.

Uma vantagem do método é que se pode testar vários ovos simultaneamente, colocando-os em uma cesta e imergindo-a em cada solução; entretanto, existe a desvantagem de os ovos precisarem ser lavados e secados

após passar por cada recipiente. A acurácia na determinação é afetada por fatores como: temperatura da solução, precisão do densímetro usado no teste da solução, rachaduras na casca e habilidade do operador (Voisey e Hamilton , 1976).

Nos experimentos do presente trabalho, os ovos íntegros de todas as parcelas, produzidos nas últimas 24 horas de cada semana, foram utilizados para avaliar o peso específico.

Para isso, utilizaram-se 9 soluções de cloreto de sódio (NaCl) em baldes de plástico, segundo Teixeira (1979), com densidade variando de 1,068 a 1,100 g/cm³ e um gradiente de 0,004 entre elas, determinadas através de um densímetro. A seguir, os ovos foram imersos nas soluções de menor para maior gravidade, retirando aqueles que flutuaram e registrando em fichas apropriadas.

Atribuíram-se notas, variando de zero para solução de 1,068 g/cm³, até oito para solução de 1,100 g/cm³. Baseado nisso, calculou-se a média ponderada dos pontos por ovo para cada parcela em cada período de 28 dias, sendo que essa foi usada para análise de variância.

3.2.1.2 Espessura da casca

As medidas de espessura da casca (ESPC), incluindo a membrana, expressas em mm, foram obtidas utilizando-se os três ovos amostrados em cada parcela, os quais, após serem quebrados, tiveram suas cascas lavadas com água e secadas ao ar, tomando a leitura de 3 pontos na região equatorial da casca, utilizando-se no experimento I um micrômetro MITUTOYO e no II um micrômetro da marca STARRET, N° 232M. Os valores obtidos nos 3 ovos de cada parcela foram transformados em um valor médio por parcela.

3.2.1.3 Peso da casca por unidade de superfície de área

Calculou-se o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), expresso em mg/cm², utilizando-se a fórmula descrita por Abdallah, Harms e El-Husseiny (1993):

$$PCSA = [PC / (3,9782 \times PO^{0,7056})] \times 1.000$$

em que:

PC: peso da casca, PO: peso do ovo

3.2.1.4 Percentagem de casca

Após a medição as cascas, devidamente identificadas, elas foram secas em estufa a 65°C, por 72 horas, sendo, em seguida, pesadas, obtendo-se o percentual através da relação peso da casca/peso do ovo x 100 (PERCC).

3.2.2 Qualidade interna do ovo

3.2.2.1 Unidade Haugh

Todos os ovos utilizados para medir o peso e espessura da casca também foram utilizados para tomar as medidas de altura do albúmen através do esferômetro tipo AMES 5 – 6428 (U.S.D.A 1964). Os valores de Unidade Haugh foram calculados utilizando-se a fórmula apresentada por Card e Nesheim (1968):

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$$

em que:

UH: Unidade Haugh, H: altura do albúmen, PO: peso do ovo

3.2.3 Perdas de ovos

Diariamente foram anotados os ovos trincados, quebrados, de casca mole ou sem casca e, ao final de cada semana, calculou-se a relação entre os ovos perdidos e o total produzido.

3.3 Procedimento estatístico

Adotou-se, inicialmente, um modelo de regressão linear múltipla, para avaliar a influência das principais medidas sobre a qualidade da casca dos ovos, medida pela perda de ovos em aves no segundo ciclo de postura, e também sobre a qualidade interna dos ovos, medida pela Unidade Haugh. O modelo usado foi:

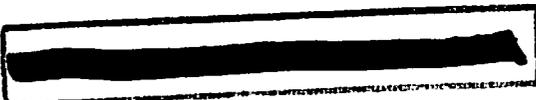
$$Y_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + b_4 X_{4i} + \varepsilon_i$$

em que, Y_i representa a percentagem de perda (PERDA) na i -ésima parcela; X_{1i} , ..., X_{4i} , representam a PERCC, PCSA, ESPC e PE da i -ésima parcela, respectivamente, que foram descritos anteriormente; ε_i representa o desvio de regressão da i -ésima observação, assumido normal e independentemente distribuído, $NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

Para elucidar a estrutura de relações entre as variáveis independentes do referido modelo, inicialmente estimaram-se as correlações de Pearson (Draper e Smith, 1981) entre todos os pares possíveis, utilizando-se para isso o Proc Corr

do sistema SAS (Statistical Analysis System) (1995). Procurando ainda definir qual a importância e possíveis estruturas de relação existentes entre as variáveis, utilizou-se a análise multivariada de agrupamento entre as variáveis (cluster analysis), conforme procedimento descrito em Johnson e Wichern (1988). As medidas de dissimilaridades utilizadas para compor a matriz de distâncias para todas as variáveis, foram estimadas como sendo 1 (um) menos o módulo dos coeficientes de correlação linear simples de Pearson. Adotou-se o método do vizinho mais distante (complete linkage) e obteve-se o dendograma utilizando-se o programa Statistica.

Finalmente, foi ajustado o modelo de regressão apresentado anteriormente, utilizando-se o Proc Reg do sistema SAS. Para avaliar a importância das variáveis estudadas na qualidade da casca, numa primeira fase, estimou-se o coeficiente de determinação parcial de cada variável (Tipo II), e numa segunda fase, adotou-se o procedimento de seleção de equações ajustadas denominado Backward (Draper e Smith, 1981). O procedimento foi realizado passo a passo, eliminando-se as variáveis de menor importância em cada etapa. A importância das variáveis foram verificadas por meio do F parcial, equivalente ao teste de t para o coeficiente de regressão associado. A variável com menor valor de F parcial, cujo teste de hipótese $H_0: b_i=0$ ($i=1, 2, \dots, 4$) não foi rejeitado (F não significativo), foi eliminada naquele passo. O processo foi repetido até que houvessem apenas variáveis com F parcial significativos no modelo. As variáveis remanescentes no modelo foram classificadas quanto à importância, de acordo com os maiores valores de F parcial (ou dos valores em módulo do t de Student). As variáveis eliminadas foram classificadas pela sua importância, de acordo com a ordem de eliminação no processo de Backward.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estatísticas Descritivas

As estatísticas descritivas (média, desvio padrão, erro padrão, mínimo e máximo) apresentadas na Tabela 2, referem-se às variáveis estudadas nas 156 unidades experimentais do experimento. A percentagem de perda de ovos média foi de 5,6 (0,32)%. Este valor do erro padrão representa 5,7% da média, sendo considerado pela literatura (Steel e Torrie, 1980) um valor de pequena magnitude. Apesar do baixo erro padrão estimado, foram encontradas unidades experimentais com perdas de 0 e 15,9 %. Esse resultado pode ser também confirmado pelo elevado desvio padrão estimado, o que indica grande variabilidade das perdas entre as parcelas (Coeficiente de Variação = 71%). A perda de ovos encontrada (5,6%) é coerente com a literatura, uma vez que Roland (1977) obteve valores de perdas entre 4 a 12,15%, com média de 6,37% dos ovos produzidos nos Estados Unidos, e Campos et al. (1981) obtiveram, no Brasil, valor médio de 7,4% de perdas.

As demais variáveis, percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), unidades Haugh (UH), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE), apresentaram médias iguais a 8,5%, 73,6mg/cm², 78,4, 0,4mm e 1,085g/cm³, respectivamente. Os erros padrões variaram entre 0,002 e 0,8 % do valor da média de cada variável, o que indica que essas características apresentaram pouca variabilidade ao longo das unidades amostrais. Os valores obtidos são similares aos encontrados por Hamilton (1982), Romanoff e Romanoff (1949) e Oliveira (1998). As demais estatísticas descritivas apresentaram estimativas da média com alta precisão, chamando atenção a variável peso específico (PE) por apresentar, em valor relativo, o menor erro padrão de todas (apenas 0,02 % da estimativa da média).

Tabela 2 - Estatísticas descritivas (média, desvio padrão, erro padrão, mínimo, máximo e coeficiente de variação) da percentagem de perda de ovos (PERDA), da percentagem de casca (PERCC), do peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), da espessura da casca (ESPC), do peso específico (PE) e da unidade Haugh (UH), referente as 156 unidades experimentais estudadas.

Variável	Média	Desvio padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	C.V.(%)
PERDA(%)	5,567	3,955	0,3167	0,000	15,870	71,04
PERCC (%)	8,497	0,718	0,0575	6,530	11,445	8,45
PCSA(mg/cm ²)	73,648	5,846	0,4681	57,329	93,053	7,94
ESPC(mm)	0,384	0,029	0,0023	0,310	0,450	7,55
PE(g/cm ³)	1,085	0,003	0,0002	1,078	1,093	0,28
UH	78,394	8,251	0,6606	58,000	99,900	10,53

4.2 Estrutura de Correlações

Pelos coeficientes de correlação entre as variáveis estudadas, apresentadas nas Tabelas 3 e 4, juntamente com suas significâncias, pode-se notar que todas as medidas tiveram correlações negativas com a variável percentagem de perda (PERDA), quando essas foram avaliadas individualmente, as quais, apesar de baixas, foram altamente significativas ($P < 0,01$). O fato dessas correlações serem negativas é facilmente explicável, tendo em vista que as medidas foram estabelecidas com o objetivo de melhorar a casca e com isso reduzir as perdas.

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre percentagem de perda de ovos (PERDA), percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE) e a significância do teste de hipótese $H_0 : \rho_{ij} = 0$, para as variáveis i e j ($i \neq j = 1, 2, \dots, 5$).

Variáveis	Variáveis				
	PERDA	PERCC	PCSA	ESPC	PE
		(NS) ¹	(NS)	(NS)	(NS)
PERDA	1,000	-0,236 (0,003)	-0,249 (0,002)	-0,225 (0,005)	-0,542 (0,000)
PERCC		1,000	0,965 (0,000)	0,714 (0,000)	0,544 (0,000)
PCSA			1,000	0,794 (0,000)	0,526 (0,000)
ESPC				1,000	0,406 (0,000)
PE					1,000

¹ NS – Nível de significância

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre a qualidade interna do ovo expressa em unidades Haugh (UH), percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE) e a significância do teste de hipótese $H_0 : \rho_{ij} = 0$, para as variáveis i e j ($i \neq j = 1, 2, \dots, 5$).

Variáveis	Variáveis				
	UH	PERCC	PCSA	ESPC	PE
		(NS) ¹	(NS)	(NS)	(NS)
UH	1,000	0,093 (0,250)	0,056 (0,487)	0,044 (0,581)	0,409 (0,000)
PERCC		1,000	0,965 (0,000)	0,714 (0,000)	0,544 (0,000)
PCSA			1,000	0,794 (0,000)	0,526 (0,000)
ESPC				1,000	0,406 (0,000)
PE					1,000

¹ NS – Nível de significância

Verificou-se que a maior correlação estimada com PERDA foi a variável PE (-0,542). Esse resultado de PE é semelhante aos obtidos por Holder e Bradford (1979) e Wells, 1967, citado por Hamilton (1982). As demais variáveis (PERCC, PCSA e ESPC) apresentaram correlações semelhantes com PERDA (-0,236, -0,249 e -0,225).

De uma maneira geral, algumas das demais variáveis apresentaram, semelhantemente ao trabalho de Narushim (1997), coeficientes de correlação altos e significativos entre si, o que concorda com os resultados citados por Hamilton (1982), principalmente entre PERCC, PCSA e ESPC. Essa correlação indica haver uma redundância quanto à informação que elas explicam da variação que ocorre na variável PERDA.

Com relação aos coeficientes estimados para a variável UH, nota-se que apenas a variável PE apresentou correlação positiva e significativa com a variável que avalia a qualidade interna do ovo.

Buscando elucidar a estrutura de relação existente entre as variáveis, apresentam-se os dendogramas das Figuras 2 e 3. Adotando-se o ponto de corte em torno de 0,5 na distância de ligação (Figura 2), de forma arbitrária como é realizado pela maioria da literatura especializada (Johnson e Wichern, 1988), verificou-se que formaram-se 2 grupos distintos de variáveis: (PE e PERDA) e (ESPC, PCSA e PERCC). Verificou-se também que as variáveis PCSA e PERCC são as mais similares, por possuírem o menor ponto de fusão (menor distância de ligação). Deve ser ressaltado que PE e PERDA formaram um único grupo, ressaltando a importância da variável PE para a PERDA.

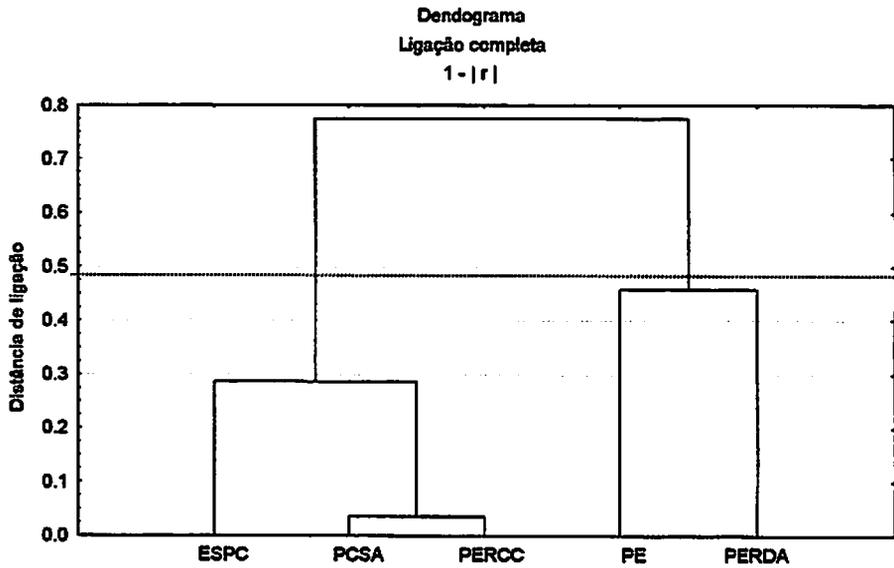


Figura 2. Dendograma resultante da análise de agrupamento (cluster analysis), utilizando como medida de dissimilaridade $1 - |r|$ (r : correlação de Pearson) e o método do vizinho mais distante, para a variável percentagem de perda de ovos (PERDA) e as medidas percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE).

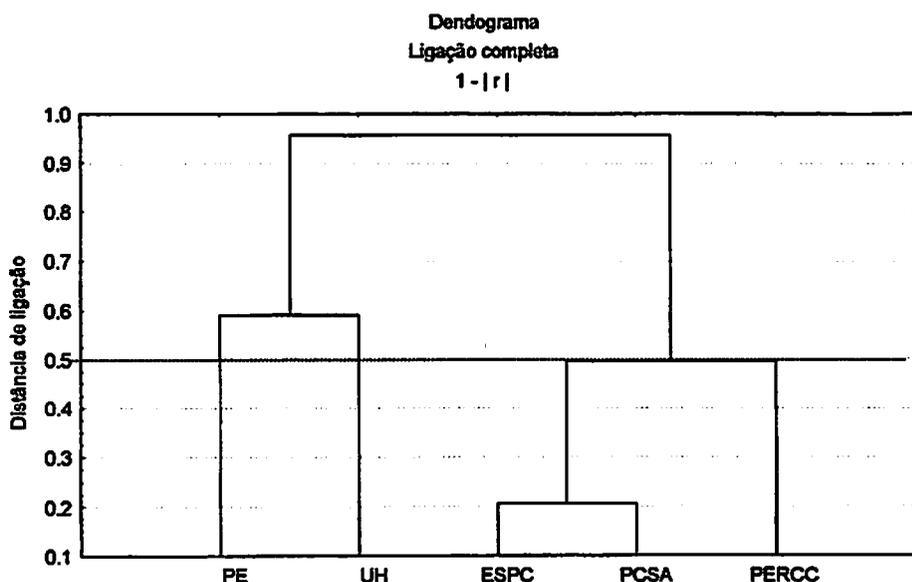


Figura 3. Dendograma resultante da análise de agrupamento (cluster analysis), utilizando como medida de dissimilaridade $1 - |r|$ (r : correlação de Pearson) e o método do vizinho mais distante, para a variável Unidade Haugh (UH) e para as medidas percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE).

Esses resultados permitem especular que há uma maior associação de PERDA com PE, sendo que as demais têm pouco relacionamento com PERDA.

A Figura 3 apresenta o dendograma substituindo a variável PERDA por UH. Pode-se verificar, adotando-se o mesmo nível de corte (0,5), que foram formados 3 grupos nessa situação: um deles com UH, outro com PE e um terceiro com as outras três (ESPC, PCSA e PERCC). Verificou-se novamente a mesma tendência das medidas ESPC, PCSA e PERCC de formarem um só grupo, indicando que são medidas com bastante similaridade, ou seja, devem

conter grande parte de informações redundantes mutuamente. Apesar de PE e UH não formarem um único grupo, elas mostraram ter mais similaridades entre si do que em relação às demais.

Para UH, foram obtidos (Figura 3) resultados similares, mostrando também uma maior associação dessa variável, que avalia a qualidade interna do ovo com PE, como já ressaltado anteriormente.

4.3 Importância das variáveis para avaliar a qualidade da casca

Observa-se pelos coeficientes de determinação parcial e respectiva significância do teste de hipótese, apresentados na Tabela 5, que as medidas PERCC, PCSA e ESPC apresentaram os menores coeficientes de determinação parcial, sendo todos eles não significativos ($P > 0,05$). A variável PE, mesmo tendo explicação redundante com as demais, mostrou maiores coeficientes de determinação parcial ($P < 0,01$). PE foi a variável que apresentou a maior estimativa (0,2572), mostrando ser a variável que mais influencia a percentagem de perda (PERDA). Wells (1967), citado por Hamilton (1982), afirma em seu trabalho, no qual os dados variavam desde valores menores que 1,043, até valores acima de 1,087, que ocorrem perdas muito baixas com PE acima de 1,078, sendo irrisórias com PE acima de 1,087. Os dados analisados no presente trabalho apresentaram valores sempre maiores que 1,078, e dessa forma, acredita-se que mesmo com a evolução ocorrida nesses trinta anos e que elevou os valores de PE, os resultados demonstram que essa variável continua sendo um fator importante na avaliação de perda de ovos.

Tabela 5. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre as variáveis consideradas no modelo: percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE), com a variável que avalia a qualidade da casca (PERDA) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PERCC	0,0093	0,2362
PCSA	0,0033	0,4816
ESPC	0,0010	0,7002
PE	0,2572	0,0001

Como possíveis redundâncias entre variáveis podem mascarar o efeito de algumas delas, procedeu-se à eliminação daquela com o menor coeficiente de determinação parcial e que tenha sido não significativo. Repetiu-se o processo até que todas as variáveis apresentassem significância a 5 % para o teste dessa hipótese. A variável ESPC foi a que teve maior informação redundante, sendo eliminada do modelo.

Pelo resultado dos coeficientes de determinação parcial das variáveis PERCC, PCSA e PE com PERDA (Tabela 6), em um modelo eliminando-se ESPC, verifica-se a mesma tendência destacada no modelo anterior. As variáveis PERCC e PCSA continuaram apresentando-se não significativas, embora tenham se aproximado mais do valor da significância ($P=0,05$). Comparando as

estimativas do modelo completo (Tabela 5) com as do modelo sem ESPC (Tabela 6), para PERCC e PCSA, verificou-se um pequeno incremento do coeficiente de determinação parcial para a primeira (35%) e um grande valor para a segunda (154%).

Tabela 6. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre as variáveis consideradas no modelo: percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA) e peso específico (PE), com a variável que avalia a qualidade da casca (PERDA) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PERCC	0,0126	0,1650
PCSA	0,0084	0,2593
PE	0,2579	0,0001

Pode-se explicar facilmente esse resultado se for observada a correlação entre ESPC e PCSA e entre ESPC e PERCC (Tabela 3). Verifica-se que a maior correlação, redundância, ocorre com o par ESPC e PCSA, mostrando que PCSA é mais influenciada pela variável eliminada (ESPC). Mesmo assim, PCSA mostrou-se como tendo ainda a menor estimativa do coeficiente de determinação parcial com PERDA. A variável PE aumentou muito pouco as estimativas dos coeficientes de determinação parcial no modelo sem ESPC (2,72%), mostrando que por estar fortemente correlacionada com as três (ESPC, PERCC e PCSA), a saída de apenas uma delas não influencia o coeficiente de PE. Neste segundo

modelo, a medida de maior redundância foi PCSA, sendo esta eliminada neste estágio.

No terceiro modelo com PERCC e PE, cujos coeficientes são apresentados na Tabela 7, os coeficientes de determinação parcial mostram que PERCC apresentou estimativa não significativa, sendo eliminada do modelo como nos casos anteriores.

Tabela 7. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre as variáveis consideradas no modelo: percentagem de casca (PERCC) e peso específico (PE), com a variável que avalia a qualidade da casca (PERDA) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PERCC	0,0068	0,3063
PE	0,2566	0,0001

Na Tabela 8, encontram-se os resultados do coeficiente de determinação parcial da última medida remanescente no modelo (PE), com a variável que expressa o prejuízo em função da baixa da qualidade da casca (PERDA). Verificou-se que o processo se encerra, pois essa medida apresentou significância para a hipótese do coeficiente de determinação parcial ser nulo, ou seja, o mesmo é estatisticamente diferente de zero. O coeficiente de determinação conjunto ajustado foi de 0,2862 (R^2 ajustado do modelo completo com todas as medidas), ou seja, 28,62% da variação da percentagem de perda foi explicada conjuntamente por todas as medidas. O coeficiente de determinação parcial da medida PE, individualmente (Tabela 9), com PERDA (29,32%),

mostra que essa medida sozinha é responsável por praticamente toda a variação na variável PERDA., mostrando que essa variável foi significativamente importante na determinação da perda.

Tabela 8. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre a variável peso específico (PE), considerada no modelo, com a variável que avalia a qualidade da casca (PERDA) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PE	0,2932	0,0001

Tabela 9. Coeficiente de determinação entre a variável que avalia a qualidade da casca (PERDA) e as variáveis: percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE), consideradas individualmente.

Variável	Coeficiente de determinação
PERCC	0,0557
PCSA	0,0618
ESPC	0,0504
PE	0,2932

Esse resultado mostra que o método indireto de medição (PE) estima a perda de ovos (PERDA) melhor que os métodos diretos (ESPC, PERCC e PCSA), o que está em desacordo com a afirmação de Hamilton (1982), segundo o qual os métodos diretos são os mais precisos.

4.4 Importância das variáveis para avaliar a qualidade interna do ovo

A qualidade interna do albúmen, expressa em Unidades Haugh (UH), a qual, segundo Card e Nesheim (1968), é uma variável que avalia a qualidade interna do ovo, pode ser dependente da qualidade da casca do ovo, conforme já foi discutido anteriormente.

Desta forma, visando a definir, dentre as medidas de qualidade da casca, aquela que tem maior influência sobre a qualidade interna do ovo, medida por UH, foi realizado inicialmente um estudo com a finalidade de apurar as possíveis redundâncias entre as variáveis analisadas para a explicação da UH, buscando-se estimar os coeficientes de determinação parcial. Esses coeficientes e a respectiva significância do teste estão apresentados na Tabela 10.

Semelhantemente ao obtido para PERDA, as variáveis PERCC, PCSA e ESPC apresentaram os menores coeficientes de determinação parcial, sendo todos eles não significativos ($P > 0,05$). A variável PE, mesmo tendo explicação redundante com as demais, mostrou maiores coeficientes de determinação parcial ($P < 0,01$). PE foi a variável que apresentou a maior estimativa (0,1875), mostrando ser a variável que mais influencia a qualidade interna do ovo medida por UH.

Com relação a esta variável, PE, os dados analisados no presente trabalho apresentaram valores sempre maiores que 1,078, conforme foi dito anteriormente e, mesmo apresentando valores muito próximos, conforme

demonstrado pelo erro padrão dos dados de PE (Tabela 2), os resultados demonstram que essa variável continua sendo um parâmetro importante na avaliação da qualidade interna dos ovos.

Tabela 10. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre as variáveis consideradas no modelo: percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE), com a variável que avalia a qualidade interna do ovo (UH) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PERCC	0,0084	0,2609
PCSA	0,0197	0,0839
ESPC	0,0017	0,6179
PE	0,1875	0,0001

Eliminou-se, então, a variável com menor coeficiente de determinação parcial e que tenha sido não significativo, tendo em vista que possíveis redundâncias entre variáveis podem mascarar o efeito de algumas delas. Nesse primeiro passo, a variável ESPC, semelhante ao ocorrido com a variável PERDA, de menor coeficiente de determinação parcial (0,0017) com teste da hipótese não significativo, foi eliminada do modelo. Repetiu-se o processo até

que todas as variáveis apresentassem significância a 5 % para o teste dessa hipótese.

O resultado dos coeficientes de determinação parcial das variáveis PERCC, PCSA e PE com UH (Tabela 11), em um modelo eliminando-se ESPC, mostra a mesma tendência destacada no modelo anterior. As variáveis PERCC e PCSA continuaram apresentando-se não significativas, sendo que PCSA aproximou-se ainda mais do valor da significância ($P=0,05$). Verificaram-se pequenas alterações nos coeficientes de determinação para PERCC e PCSA, quando se comparam as estimativas do modelo completo (Tabela 10) com as do modelo sem ESPC (Tabela 11).

Embora a correlação entre PCSA e ESPC (variável eliminada) tenha sido maior que entre PERCC e ESPC, podendo-se esperar maior redundância no primeiro par, mostrando que PCSA é mais influenciada pela variável eliminada (ESPC). PERCC mostrou-se como tendo a menor estimativa do coeficiente de determinação parcial com UH. A variável PE praticamente não alterou a estimativa do coeficiente de determinação parcial nesse modelo (aumento de apenas 0,5%) sem ESPC, sendo significativamente ($P<0,01$) diferente de zero. Assim, a variável de maior redundância nesse modelo foi PERCC, sendo esta eliminada neste estágio.

Tabela 11. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre as variáveis consideradas no modelo: percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA) e peso específico (PE), com a variável que avalia a qualidade interna do ovo (UH) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PERCC	0,0068	0,3076
PCSA	0,0203	0,0775
PE	0,1882	0,0001

Os coeficientes de determinação parcial das variáveis PCSA e PE, apresentados na Tabela 12, mostram que ambas foram significativas ($P < 0,05$ e $P < 0,01$).

A percentagem da variação na qualidade interna do ovo medida por UH explicada pela variável PCSA, individualmente, foi de 0,31%, e pela variável PE foi de 16,76% (Tabela 13). Esse resultado evidencia que o fato de PCSA ser um preditor de UH deve-se principalmente ao fato de estar associado com PE. Obviamente existe um grau de redundância entre PE e PCSA, uma vez que as explicações individuais de PE superam a explicação conjunta. É curioso observar que para PCSA, a presença de PE no modelo revelou variações explicadas da UH, que não existiam individualmente entre elas (UH e PCSA).

Com base nesse resultado, podemos constatar que os métodos de avaliação da qualidade da casca (PCSA e PE) podem ser também eficazes para medição indireta da qualidade interna dos ovos, com maior ênfase para PE, pois ela explica mais a variação em UH.

Outro ponto importante a destacar é que a determinação do peso específico, por ser um método indireto, não exige a destruição do ovo, viabilizando a identificação das qualidades interna e externa do ovo. O seu uso viabiliza a utilização posterior dos ovos em programas de melhoramento genético, pois os mesmos poderão ser incubados.

Ressalta-se que esses resultados são restritos a ovos avaliados no dia da postura.

Tabela 12. Coeficiente de determinação parcial (tipo II) entre as variáveis consideradas no modelo: percentagem de casca (PERCC) e peso específico (PE), com a variável que avalia a qualidade interna do ovo (UH) e significância do teste da hipótese $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$.

Variável	Coeficiente de determinação parcial	Significância $H_0 : \rho_{ij}(\text{parcial}) = 0$
PCSA	0,0420	0,0105
PE	0,2000	0,0001

Tabela 13. Coeficiente de determinação entre a variável que avalia a qualidade interna do ovo (UH) e as variáveis: percentagem de casca (PERCC), peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), espessura da casca (ESPC) e peso específico (PE), consideradas individualmente.

Variável	Coeficiente de determinação
PERCC	0,0086
PCSA	0,0031
ESPC	0,0020
PE	0,1676

A Tabela 14 apresenta as médias das percentagens de perda de ovos (PERDA) e qualidade interna medida por Unidade Haugh (UH), de acordo com diferentes classes de Peso Específico (PE).

É possível constatar que o aumento do peso específico leva à redução da percentagem de perdas e a um aumento na Unidade Haugh, confirmando os resultados obtidos de que maiores pesos específicos estão associados à melhoria na qualidade da casca e na qualidade interna do ovo.

Tabela 14. Médias de percentagem de perda de ovos (PERDA) e qualidade interna medida por Unidade Haugh (UH), de acordo com diferentes classes de Peso Específico (PE).

Classes de PE	CASOS	PERDA	UH
Menor que 1,081	9	7,1767	75,6167
1,081 a 1,083	33	10,1527	72,6509
1,084 a 1,085	39	4,3515	77,3910
1,086 a 1,087	30	5,2980	79,2500
1,088 a 1,089	33	3,2200	82,9851
Maior que 1,089	12	2,8200	84,7608

5 CONCLUSÕES

Para aves do segundo ciclo de postura, é possível concluir:

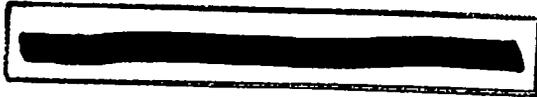
- As medidas espessura de casca, percentagem de casca, peso de casca por superfície de área e peso específico são negativamente correlacionadas com a variável perda de ovos;
- Na avaliação da qualidade da casca, a medição do peso específico é suficiente, podendo a mesma ser utilizada rotineiramente por parte de produtores e pesquisadores;
- É possível se avaliar, indiretamente, a qualidade do albúmen, através da realização, no dia da postura, de medidas que avaliem a qualidade da casca, sendo que a medição do peso específico é também suficiente.

6 SUGESTÕES

Recomenda-se o uso do peso específico rotineiramente pelos granjeiros para avaliar as qualidades interna e externa dos ovos, sendo o mesmo um método menos oneroso e menos trabalhoso.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, A.G.; HARMS, R.H.; EL-HUSSEINY, O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. *Poultry Science*, Champaign, v.72, n.11, p.2038-2043, Nov. 1993.
- ABE, E.; HORIKAWA, H.; MASUMURA, T.; et al. Disorders of cholecalciferol metabolism in old egg-laying hens. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.112, n.2, p. 436-446, Feb. 1982.
- ALVES, M.I.G. Substituição da metionina suplementar por sulfato de cálcio na ração de poedeiras. Lavras: ESAL, 1986. 70p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- ALVES, M.I.G.; OLIVEIRA, B.L. de; TELXEIRA, A.S.; et al. Substituição parcial e total da metionina suplementar por sulfato de cálcio na ração de poedeiras - experimento 2. *Ciência e Prática*, Lavras, v.14, n.3, p.344-351, set./dez. 1990.
- ANDERSON, C.B., CARTER, T.C. The hens eggs: shell crackage at impact on a heavy, stiff body and factors that affect it. *British Poultry Science*, Edinburgh. v. 17, n. 6, p. 613-626, Nov. 1976.
- ANDREWS, D.K.; BERRY, W.D.; BRAKE, J. Effect of lighting program and nutrition on reproductive performance of molted single comb white leghorn hens. *Poultry Science*, Champaign, v.66, n.8, p.1298-1305, Aug. 1987a.
- ANDREWS, D.K.; BERRY, W.D.; BRAKE, J. Effect of lighting program and nutrition on feather replacement of molted single comb white leghorn hens. *Poultry Science*, Champaign, v.66, n.10, p.1635-1639, Oct. 1987b.
- AVES E OVOS, São Paulo: APA, v. 15, n. 7, 42 p., maio 1999.
- BAIÃO, N.C., CANÇADO, S.V. Fatores que afetam a qualidade da casca do ovo. *Caderno Técnico da Escola de Veterinária UFMG*, Belo Horizonte, n. 21, p. 43-59, 1997.
- BELYAVIN, C.G. Feed composition and egg - shell quality. In: *EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION*, Venezia - Mestre, 1991. *Proceedings...* Venezia - Mestre: WPSA, 1991. p.117-133.
- BERTECHINI, A.G. *Nutrição de monogástricos*. Brasília: ABEAS, 1989. 193p. (Curso de especialização por tutoria à distância).

- 
- CACERES, V.C. Efectos nutricionales sobre la caledad de 1ª cascara. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Santos,. Anais... Campinas: FACTA, 1994. p. 35-66.
- CAMPOS, E.J., SOARES, N.M., GAMA, J.R.Q., et al. Danos sofridos pela casca durante o manuseio dos ovos de consumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA, 7, 1981, Recife. Anais... Recife: UBA, 1981. v. 1, p. 94-105.
- CAPELLA, M.; CREGER, C. Comparacion de dos metodos de pelecha forzada. Requerimientos de proteina Y metionina de gallinas pelechadas. In: CONGRESSO MUNDIAL DE AVICULTURA, 16, Rio de Janeiro, 1978. Proceedings... Rio de Janeiro: WPSA, 1978. v.3, p.294-299.
- CARBÓ, C.B. La gallina ponedora: Sistemas de explotacion y técnicas de producción. Madrid, Mundi-Prensa 519p. 1987
- CARD, L.E.; NESHEIM, M.C. Producción Avícola. Nueva York: Ithaca, 1968. 392p.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E. de A.; Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. Ciência e Prática, Lavras, v.4, n. 1, p. 46-55, jan./jun., 1980.
- CHARLES, O.W.; ERNST, R.A. Effect of age calcium level and vitamin D metabolites on egg shell quality of S.C.W.L. Poultry Science, Champaign, v.53 (suppl. 1), p. 1908, 1974.
- CHOI, J.H.; MILES, R.D.; HARMS, R.H. Interaction of dietary phosphorus and egg production hens. Poultry Science, Champaign, v. 59, n. 8, p. 1897-1900, Sept. 1980.
- COLNAGO, G.L.; XAVIER, O.J.; RESENDE, J. de A. de A.; et al. Niveis de metionina para galinhas poedeiras no segundo ciclo de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA, 9, 1985, Brasília. Anais... Brasília: UBA, 1985. p.61-62.
- DIAS CORREIA A.A.; DIAS CORREIA, J.H.R. Bioquímica Animal. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985. 1250p.
- DORR, P.E.; NOCKELS, C.F. Effects of aging and dietary ascorbic acid on tissue ascorbic acid in the domestic hen. Poultry Science, Champaign, v.50, n.5, p.1375-1382, Sept. 1971.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. Applied regression analysis. 2. ed. New York: John Wiley, 1981. 709p.

- ELAROUSSI, M.A.; FORTE, L.R.; EBER, S.L.; et al. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. *Poultry Science*, Champaign, v.73, n.10, p.1581-1589, Oct. 1994.
- GARDNER, F.A. Fatores de qualidade do ovo desde produção até o consumo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. *Tópicos Avícolas*. Campinas, [1975?]. p. 1-9.
- GARLICH, J.; WYATT, R.D. Effects of increased vitamin D₃ on calcium retention and eggshell calcification. *Poultry Science*, Champaign, v.50, n.3, p.950-956, May 1971.
- HAMILTON, R.G.M., Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science*, Champaign, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, Oct. 1982.
- HAMILTON, R.G.M. Observations on the changes in physical characteristics that influence egg shell quality in ten strains of. White leghorn. *Poultry Science*, Champaign, v. 57, n. 5, p. 1192-1198, Sept. 1978.
- HAMILTON, R.M.G., HOLLANDS, K.G., VOISEY, P.W., et al. Relationship between egg shell quality and shell breakage in the field – a review. *World Poultry Science Journal*, Madison, v. 35, n. 3, p. 177-190, Aug./Oct. 1979.
- HARPER, H.A. *Manual de química fisiológica*. 3.ed. São Paulo: Atheneu Editora de São Paulo, 1973. 570p.
- HAUGH, R.R. The Haugh unity for measuring egg quality. *US. Egg Poultry Magazine*, v. 43, p. 552-555, 572-573, 1937.
- HOLDER, D.P.; BRADFORD, M.V. Relationship of specific gravity of chicken eggs to number of cracked eggs observed and percent shell. *Poultry Science*, Champaign, v. 58, n. 1, p. 250-251, May 1979.
- HUNT, J.R., VOISEY, P.M. Physical properties of egg shells: 1. Relationship of resistance of compression and force at failure of egg shells. *Poultry Science*, Champaign, v. 45, n. 6, p. 1398-1404, May 1966.
- HUNT, J.R., VOISEY, P.M., THOMPSON, B.K. Physical properties of eggshells: A comparison of the puncture and compression test for estimating shell strength. *Canadian Journal of Animal Science*, Alberta, v. 57, n. 2, p. 329-338, 1977.
- JAMES, P.E.; RETZER, H.J. Measuring egg shell strength by beta backscatter technique. *Poultry Science*, Champaign, v. 46, n. 6, p. 1200-1203, June 1967.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. 2th edition. New York: Prentice Hall, 1988. 607p.

- JUNQUEIRA, O.M.** Avanços recentes nas exigências de fósforo para poedeiras. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos. Anais...** Campinas: FACTA, 1993. p.167-175.
- KESHAVARZ, K.** Factors influencing shell quality. **Poultry Digest, Mt. Morris, v. 44, n. 521, p. 294-302, July 1985.**
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S.** Reevaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. **Poultry Science, Champaign, v.72, n.1, p.144-153, Jan. 1993.**
- MANN, H.G.** Aspectos generales de metabolismo y funciones del ácido ascórbico (vitamina C) en aves domesticas. In: **CONGRESSO NACIONAL DE AVICULTURA, 4 e SEMINÁRIO AVÍCOLA NACIONAL, 1992, Caribe. Conferências...** Caribe: FENAVI, 1992. s.p.
- MANN, H.G.** Efecto de la suplementacion de ácido ascórbico en diferentes niveles de inclusion sobre los parametros productivos de gallinas de postura comercial. In: **PROCEEDINGS OF THE FORTIETH WESTERN POULTRY DISEASE CONFERENCE, 1991, Acapulco. Proceedings...** Acapulco: ANECA, 1991. p.162-167.
- MATEOS, G.C.** Factores que influyen en la calidad del huevo. In: **Nutrición y alimentación de las gallinas ponedoras. 9.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. p. 227-248.**
- MIKAELIN, K.S.; SELL, J.L.,** Performance of laying hens fed various phosphorus levels continuously or phase fed detrimental phosphorus levels. **Poultry Science, Champaign, v.60, n.8, p.1916-1924, Aug. 1981.**
- MILES, R.D.; COSTA, P.T.; HARMS, R.H.** The influence of dietary phosphorus level on laying hen performance, eggshell quality, and various blood parameters. **Poultry Science, Champaign, v.62, n.6, p.1033-1037, June 1983.**
- MILES, R.D.; HARMS, R.H.** Relationship between egg specific gravity and plasma phosphorus from hens fed different dietary calcium, phosphorus and sodium levels. **Poultry Science, Champaign, v.61, n.1, p.175-177, Jan. 1982.**
- MIYANO, O.A.** Viabilidade econômica da muda forçada em poedeiras comerciais. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos. Anais....** Campinas: FACTA, 1993, p. 159-166.
- MOUNTNEY, G.J. e VANDERZANT, C.** Relationship of selected egg quality measurements. **Poultry Science, Champaign, v.36, n. 4, p. 908-913, 1957.**

- NARUSHIN, V.G.** Non-destructive measurements of egg parameters and quality characteristics. *World Poultry Science Journal*, Madison, v. 53, n. 2, p. 141-153, June 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** Nutrient requirements of poultry. 8.ed. Washington, 1984. 71p. (Nutrient requirements of domestic animals).
- OLIVEIRA, A.M.G.** Planos para alimentação de poedeiras leves no segundo ciclo de postura. Lavras: UFLA, 1998. 74 p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)
- OLIVEIRA, B.L.** Muda forçada em poedeiras comerciais. Lavras: ESAL, 1981. 5p. (Boletim Técnico, 1).
- OLIVEIRA, B.L.** Pontos críticos do manejo de poedeiras. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1992, Campinas. Anais... Campinas: FACTA, 1992. p.137-144.
- OLIVEIRA, J.E.F.** Níveis de cálcio, forma de fornecimento do calcário e qualidade de ovo de poedeiras leves no segundo ciclo de postura. Lavras: UFLA, 1995. 102 p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)
- ORBAN, J.I.; ROLAND, D.A.; CUMMINS, K.; et al.** Influence of large doses of ascorbic acid on performance, plasma calcium, bone characteristics, and eggshell quality in broilers and leghorn hens. *Poultry Science*, Champaign, v.72, n.4, p.691- 700, Apr. 1993.
- PARDUE, S.L.; THAXTON, J.P.** Ascorbic acid in poultry: a review. *World Poultry Science Journal*, Madison, v.42, n.2, p.107-123, June 1986.
- RAO, S.K.; ROLAND, D.A.; HOERR, F.J.** Response of early - and late - maturing commercial leghorn pullets to low levels of dietary phosphorus. *Poultry Science*, Champaign, v.71, n.4, p.691-699, Apr. 1992.
- RODRIGUES, P.B.** Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. Lavras: UFLA, 1995. 139p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)
- ROLAND Sr., D.A.** Phosphorus requirements of commercial leghorns. In: NUTRITION CONFERENCE FOR THE FEED INDUSTRY, 26, 1989, Georgia. Proceedings... Atlanta, 1989. p.26-35.
- ROLAND Sr., D.A.** Egg shell quality III. Calcium and phosphorus requirements of commercial leghorns. *World Poultry Science Journal*, Madison, v.42, n.2, p.154-165, June 1986.
- ROLAND Sr., D.A.** Egg shell problems: estimates of incidence and economic impact. *Poultry Science*, Champaign, v. 67, n. 12, p. 1801-1803, Dec. 1988.

- ROLAND Sr., D.A. Relationship of body-checked eggs to photoperiod and breaking strength. *Poultry Science*, Champaign, v. 61, n. 12, p. 2338-2343, Dec. 1982.
- ROLAND Sr., D.A. The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. *Poultry Science*, Champaign, v. 56, n. 5, p. 1517-1521, Sept. 1977.
- ROLAND Sr., D.A. Recent developments in egg shell quality. *Feed Stuffs*, Minneapolis, v. 48, n. 29, p. 31, 1976.
- ROLAND, D.A.; PUTTMAN, C.E.; HILBURN, R.L. The relationship of age on ability of hens to maintain egg shell calcification when stressed with inadequate dietary calcium. *Poultry Science*, Champaign, v.57, n.6, p.1616-1621, Nov. 1978.
- ROMANOFF, A.L. e ROMANOFF, A.J. *The avian egg*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1949. 918.
- SCHUTTE, J.B.; DE JONG, J.; BERTRAM, H.L. Requirement of the laying hen for sulfur amino acids. *Poultry Science*, Champaign, v.73, n.2, p.274-280, Feb. 1994.
- SOLOMON, S.E. *Egg and egg shell quality*. London: Wolfe Pub., 1991. 149p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. 2 ed. New York: McGraw-Hill Book, 1980. 633p.
- STEVENSON, I.L., VOISEY, P.W.; HAMILTON, R.M.G. Scanning electron microscopy of fractors in egg shells subjected to the puncture test.. *Poultry Science*, Champaign, v.60, n.1, p.89-97, Jan. 1981.
- SUMMERS, J.D.; GRANDHI, R.; LEESON, S. Calcium and phosphorus requirements of laying hens. *Poultry Science*, Champaign, v.55, n.1, p.402-413, Mar. 1976.
- SWANSON, M.H.; JOHNSTON, G. Eggshell damage during handling. *Poultry Digest*, New Jersey, v.32, n.371, p.12-13, Jan. 1973.
- TEIXEIRA, A.S. *Variação granulométrica do calcário e diferentes níveis de cálcio em rações de poedeiras*. Lavras: ESAL, 1982.83p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)
- TILLMAN, P.B. Vitamin C for laying hens: a review. In: MULTI- STATE POULTRY FEEDING AND NUTRITION CONFERENCE, 1993, Indianapolis. Conference... Indianapolis, 1993. p.1-31.

- TSANG, C.P.W.; GRUNDER, A.A.; SOARES, J.H.; et al. Effect of 1α -25-dihydroxycholecalciferol on egg shell quality and egg production. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.31, n.2, p.241-247, Jan. 1990.
- TYLER, C. Studies on egg shells. XVI Variations in shell thickness over different parts of the same shell. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.12, n.8, p. 459-470, June 1961.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. AGRICULTURAL MARKETING SERVICE. **Egg grading manual**. Washington, 1964. 64p.
- VANDEPOPULIERE, J.M.; LYONS, J.J. Effect of inorganic phosphate source and dietary phosphorus level on laying hen performance and eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.71, n.6, p.1022-1031, June 1992.
- VOISEY, P.W., HAMILTON, R.G.M. Factors affecting the non-destructive and destructive methods of measuring egg shell strength by the quasi-static compression test. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 17, n. 1, p. 103-124, Jan. 1976a.
- VOISEY, P.W., HAMILTON, R.G.M. Notes on the measurement of egg specific gravity to estimate egg shell quality. Rep. Number 7322-598, **Engineering Research Service**, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, 67 p., Mar. 1976b.
- VOISEY, P.W., JAMES, P.E. Factors affecting the performance of the beta backscatter egg shell measurement. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 12, n. 1, p. 48-51, 1970.
- VOISEY, P.W., HUNT, J.R., JAMES, P.E. A comparison of the beta backscatter and quasi-static compression methods of measuring eggshell strength. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 49, p. 157-168, 1969.
- VOISEY, P.W., Field comparison of two instruments for measuring shell deformation to estimate egg shell strength. **Poultry Science**, Champaign, v. 54, n. 1, p. 190-194, Apr. 1975.