

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO E REPRODUTIVAS DE AVES POEDEIRAS
POR INFERÊNCIA BAYESIANA**

Jaqueline Oliveira Rosa

Bióloga

2015

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

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO E REPRODUTIVAS DE AVES POEDEIRAS POR
INFERÊNCIA BAYESIANA**

Jaqueline Oliveira Rosa

Orientadora: Prof. Dra. Vera Fernanda Martins Hossepian de Lima

Coorientadores: Prof. Dr. Danísio Prado Munari

Dra. Valdecy Aparecida Rocha da Cruz

Dra. Mônica Corrêa Ledur

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre em
Genética e Melhoramento Animal.**

2015

R788p Rosa, Jaqueline Oliveira
Parâmetros genéticos para características de desempenho e reprodutivas de aves poedeiras por inferência bayesiana. / Jaqueline Oliveira Rosa. – – Jaboticabal, 2015
iv, 42 p. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Vera Fernanda Martins Hossepian de Lima
Coorientador: Danísio Prado Munari
Banca examinadora: João Ademir de Oliveira, Sabrina Luzia Caetano
Bibliografia

1. Avicultura. 2. Herdabilidade. 3. Inferência bayesiana. 4. Seleção. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.082:636.5

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

E-mail: jaqueolrosa@hotmail.com



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E REPRODUTIVAS DE AVES POEDEIRAS POR INFERÊNCIA BAYESIANA

AUTORA: JAQUELINE OLIVEIRA ROSA

ORIENTADORA: Profa. Dra. VERA FERNANDA MARTINS HOSSEPIAN DE LIMA

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. MÔNICA CORRÊA LEDUR

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. VALDECY APARECIDA ROCHA DA CRUZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI

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

Prof. Dr. JOAO ADEMIR DE OLIVEIRA

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

Profa. Dra. SABRINA LUZIÁ CAETANO

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos / Barretos/SP

Data da realização: 20 de fevereiro de 2015.

JAQUELINE OLIVEIRA ROSA - nascida em 09 de julho de 1989, na cidade de Ribeirão Preto, São Paulo, filha de Ricardo Ribeiro Rosa e Eliana de Souza Oliveira Rosa. Iniciou o curso de Ciências Biológicas na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal em março de 2009. Durante o ano de 2012 desenvolveu trabalho de Iniciação Científica na mesma instituição de ensino, sob orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari com bolsa de iniciação científica, PIBIC. Em 2012 obteve o título de Bacharel em Ciências Biológicas. Em março de 2013, ingressou no curso de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal sob orientação da Profa. Dra. Vera Fernanda Martins Hossepian de Lima e coorientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari, Dra. Mônica Corrêa Ledur e Dra. Valdecy Aparecida Rocha da Cruz. Foi bolsista CNPq de mestrado pelo período de março de 2013 a fevereiro de 2015. Em novembro de 2014 foi aprovada no Curso de Doutorado do Programa de Genética e Melhoramento Animal pela mesma instituição, sob orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari.

DEDICO

Aos meus pais Ricardo e Eliana,

Meu irmão Alisson,

Aos meus avós,

Pelo amor, carinho, dedicação e confiança.

Obrigada por tudo!!!

Agradecimentos

Primeiramente a Deus pela oportunidade da vida e evolução, por me proteger, me guiar nos momentos de dificuldades e pela força na execução deste trabalho.

Aos meus pais, Ricardo e Eliana, pelo amor, carinho, ensinamentos, pela dedicação e confiança que sempre depositaram em mim e pela luta diária para que eu sempre alcance meus objetivos e sonhos. Obrigada por estarem presentes em todas as etapas da minha vida e pelo meu crescimento pessoal. Amo muito vocês.

Aos meus avós pelo exemplo de amor, respeito, força e valores familiares. Vocês são a base de tudo.

Aos meus tios e primo Tania, Carlos e Caique, pelo amor, carinho e força. Amo vocês.

Ao meu irmão Alisson pelo companheirismo e amor.

À UNESP, pela formação profissional e pessoal, pelas oportunidades e experiências vividas.

Ao meu professor Dr. Danísio Prado Munari, pela oportunidade de trabalho, pela orientação, dedicação, confiança e conhecimento.

À minha orientadora prof Dr Vera, pela orientação e confiança.

Às coorientadoras Dra. Valdecy Aparecida Rocha da Cruz e Dra. Mônica Corrêa Ledur pela paciência, dedicação, coorientação, sugestões, críticas e ajuda para meu trabalho.

À EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia, SC, por ter cedido os dados para realização deste meu trabalho de mestrado.

Aos amigos do Departamento de Ciências Exatas: Tatiane, Priscila, Letícia, Ana, Thiaguinho, Marcos, Guilherme Venturini, Sabrina, Rodrigo, Salvador, Diego, Ismael, Natália, Valdecy, Giovana, Guilherme Bio, Bruno, Nedenia, Fabio e Tassia, pela amizade, colaboração, risadas, cafés e churrascos.

Às minhas companheiras de casa, Tati e Lê, pela amizade, irmandade, paciência, dedicação, amor, ajuda e companheirismo. Vocês são muito importantes.

À antiga e atual família Rep Hour: Tatiane (Pá-rôla), Juliana (Miss-Pórra), Josiane (Isposta), Laura (Ki-xana), Mariana (Varanella), Gabriele (Tsunami), Ana Carolina (Forfé), Bianca (K-labok) e bixetes. Pela amizade, alegrias, responsabilidades, ensinamentos, respeito, e pelas melhores anos da minha vida. Amo vocês!

Às minhas amigas de Ribeirão Preto: Annelise, Bruna, Carol, Laís, Larissa, Nayara e Stephanie pelos 10 anos de amizade, carinho e companheirismo. Apesar da distância, vocês sempre serão pessoas especiais e muito importantes na minha vida.

À minha amiga e eterna companheira acadêmica Amanda (Milkilo), por todos esses anos de amizade, crescimento, aprendizado, confidências, companheirismo e parceria.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Ao meu cachorro Tommy e aos meus “sobrinhos” adotivos, Bentinho e Zag, pelo amor incondicional e eterno.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Parâmetros genéticos	2
2.2 Inferência bayesiana e amostragem de gibbs.....	3
2.3 Características reprodutivas	5
2.4 Peso do ovo	7
2.5 Peso corporal	8
2.6 Idade à maturidade sexual	9
2.7 Relação altura-largura do ovo.....	10
2.8 Densidade específica do ovo	10
 CAPÍTULO 2 – ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E REPRODUTIVAS DE AVES POEDEIRAS POR INFERÊNCIA BAYESIANA.....	 16
RESUMO.....	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 População experimental.....	19
2.2 Dados fenotípicos	19
2.3 Análise estatística	20
2.4 Estimação de parâmetros genéticos	21
2.5 Análise de convergência	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4 CONCLUSÃO.....	29
5 REFERÊNCIAS.....	30
APÊNDICES.....	34
Apêndice 1	35
Apêndice 2	36

Apêndice 3	37
Apêndice 4	38
Apêndice 5	39
Apêndice 6	40
Apêndice 7	41
Apêndice 8	42

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E REPRODUTIVAS DE AVES POEDEIRAS POR INFERÊNCIA BAYESIANA

RESUMO - As estimativas de parâmetros genéticos das características relacionadas à produção de ovos auxiliam no processo de seleção de linhagem de aves poedeiras. O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros genéticos para as características de desempenho e reprodutivas, para fornecer suporte ao programa de melhoramento de poedeiras. As características reprodutivas estudadas foram registros de fertilidade (FERT), eclodibilidade (ECLO) e taxa de nascimento (NASC) medidas às 60 semanas de idade, e de desempenho foram peso corporal às 16 e 60 semanas de idade (PC16 e PC60), idade à maturidade sexual (IMS), relação altura-largura, peso e densidade dos ovos às 28, 36 e 40 semanas de idade (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 e DENS40, respectivamente). Foram utilizados dados de 1894 animais, provenientes de três gerações de uma linhagem denominada CC, desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético de Aves da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, SC. Análises multicaracterísticas foram realizadas pela metodologia de inferência bayesiana por meio do software GIBBS2F90 para cada conjunto de características (desempenho e reprodutivas). O modelo estatístico considerou os efeitos aleatórios genético aditivo e residuais e o efeito fixo de geração. A variação das médias *à posteriori* das estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas foi de $0,14 \pm 0,003$ (ECLO) à $0,22 \pm 0,005$ (FERT) e de $0,07 \pm 0,001$ (REL28) à $0,42 \pm 0,001$ (POVO40) para as características de desempenho. As médias *à posteriori* das estimativas de correlações genéticas entre as características reprodutivas variaram de $0,18 \pm 0,026$ (FERT e ECLO) até $0,79 \pm 0,007$ (FERT e NASC). Para as características de desempenho, as médias *à posteriori* das estimativas de correlação genética variaram de $-0,49 \pm 0,001$ (POVO36 e DENS36) à $0,75 \pm 0,003$ (DENS28 e DENS36). Em geral, as características poderiam ser utilizadas nos programas de melhoramento genético de aves de postura por apresentarem variabilidade genética suficiente para responder à seleção, com exceção da REL28. Conclui-se que a seleção aplicada sobre a taxa de nascimento seria mais indicada para melhorar a fertilidade e a eclodibilidade dos ovos com base no desempenho das aves. Além disso, a utilização da característica POVO40 poderia melhorar o peso dos ovos ou a uniformidade dos mesmos. Se a seleção for conduzida para reduzir o peso corporal às 16 semanas de idade, resultaria no aumento da idade à maturidade sexual e redução do peso corporal às 60 semanas de idade, peso e relação altura-largura dos ovos nas idades estudadas.

Palavras-chave: avicultura, herdabilidade, inferência bayesiana, seleção

GENETIC PARAMETERS ESTIMATION FOR PERFORMANCE AND REPRODUCTIVE TRAITS LAYING HENS IN BAYESIAN INFERENCE

ABSTRACT - Genetic parameter estimates for traits associated to egg production help in the selection process of laying hens. The aim of this study was to estimate genetic parameters for performance and reproductive traits to provide support for an egg stock breeding program. The reproductive traits studied were fertility (FERT), hatchability (ECLO), birth rate (NASC) at 60 weeks of age and the performance traits were body weight at 16 and 60 weeks of age (PC16 and PC60), age at first egg (IMS), eggs height-width ratio, weight and density at 28, 36 and 40 weeks of age (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 and DENS40, respectively). Data from 1894 animals from three generations of line of laying hens, developed by the Embrapa Poultry Breeding Program, Concordia, SC, was used. Analyses multi-trait were conducted by Bayesian inference through GIBBS2F90 software. The statistical model included the fixed effects of generation and additive and residual random. The posterior means of heritability for reproductive traits was 0.14 ± 0.003 (ECLO) to 0.22 ± 0.005 (FERT) and 0.07 ± 0.001 (REL28) to 0.42 ± 0.001 (POVO40) for the performance characteristics. The posterior means of genetic correlation estimates between reproductive traits ranged from 0.18 ± 0.026 (FERT and ECLO) to 0.79 ± 0.007 (FERT and NAAT). For performance traits, the posterior means of genetic correlation ranged from -0.49 ± 0.001 (POVO36 and DENS36) to 0.75 ± 0.003 (DENS28 and DENS36). In general, the traits could be used in animal breeding programs of laying hens because they have enough genetic variability to respond to selection, except for REL28. It is concluded that the applied selection on the birth rate would be most appropriate to improve fertility and hatchability of eggs. Also, the use of POVO40 could improve egg weight or uniformity thereof. If the selection is conducted to reduce body weight at 16 weeks of age, result in increased age at first egg and weight reduction at 60 weeks of age, weight and height-width ratio of eggs at the studied ages.

Keywords: poultry, heritability, Bayesian inference, selection

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A evolução da avicultura comercial brasileira iniciou-se na década de 60, com a importação de linhagens híbridas norte-americanas, especializadas em carne e ovos (ROSÁRIO et al., 2004). A partir de 1965, com a regulamentação da entrada de material genético apenas de avós, a avicultura brasileira estruturou-se nos moldes da americana, com granjas de avós, matrizes e produtores comerciais (MENDES, 1994).

O crescimento populacional, as mudanças de hábitos alimentares e o baixo custo da produção de ovos fizeram com que melhoristas explorassem o potencial genético das aves de postura (HOSTER e MATHUR, 1992). A competitividade, evolução econômica e dependência em material genético justificam as pesquisas na área de melhoramento genético visando o desenvolvimento de linhagens geneticamente melhoradas e comercialmente competitivas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), a produção de ovos de galinha foi de 686,275 milhões de dúzias no 1º trimestre de 2014. Tal produção comparada ao 1º trimestre de 2013 representou aumento de 2,4%. Esta evolução foi possível devido às melhorias no manejo, nutrição, ambiente, instalações, sanidade e, principalmente, ao progresso obtido pelo melhoramento genético. O grande aumento do volume de produção e a eficiência de produção por ave são atribuídos, na sua maioria, ao desenvolvimento genético das linhagens de aves (Albers e Groot, 1998).

O melhoramento genético de poedeiras inicia-se com a seleção dos melhores animais para a reprodução, direcionada para melhorar características que possam incrementar o lucro da atividade comercial de produção de ovos. As aves de postura são avaliadas em gerações discretas e geralmente de curto intervalo, resultando em rápido ganho genético por período de tempo. Nas linhas de ovos brancos dois métodos de seleção vêm

sendo aplicados: seleção dentro de linha e seleção recorrente recíproca, usando informação das linhas puras e cruzadas. Em ambos os casos, o valor genético agregado é determinado utilizando função bioeconômica que contém as características: produção de ovos, peso do ovo, peso corporal e conversão alimentar. Para viabilidade, maturidade sexual, fertilidade, eclodibilidade e qualidade do ovo utiliza-se o método dos níveis independentes de descarte (FIGUEIREDO et al., 2000). As relações entre as características de desempenho (peso corporal, idade a maturidade sexual, peso, relação altura-largura, densidade e produção de ovos) e reprodutivas (fertilidade, eclodibilidade e taxa de nascimento) são de grande interesse econômico e comercial, portanto estas características são incluídas em programas de melhoramento genético que avaliam e selecionam várias características simultaneamente.

Este trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos para as características de desempenho: peso corporal às 16 e 60 semanas de idade, idade à maturidade sexual, relação altura-largura, peso e densidade dos ovos às 28, 36 e 40 semanas de idade e reprodutivas, fertilidade, eclodibilidade e taxa de nascimento medidas às 60 semanas de idade em uma linhagem de poedeiras de ovos brancos. A partir destas estimativas, pretendeu-se fornecer suporte ao programa de melhoramento genético da linhagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2. 1 Parâmetros genéticos

O conhecimento das estimativas dos parâmetros genéticos de características economicamente importantes em poedeiras é relevante para os programas de melhoramento, pois direcionam a seleção a ser praticada. Segundo Ledur et al. (1993), estas estimativas são ferramentas essenciais

para se alcançar altos ganhos genéticos na população e ter melhor eficiência na seleção das linhagens.

A herdabilidade no sentido restrito (h^2) expressa a razão entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica. Altos valores de herdabilidade indicam que grande parte da variação fenotípica dos indivíduos é decorrente do efeito aditivo dos genes. Por sua vez, baixos valores da herdabilidade indicam que a maior parte da variação fenotípica de uma característica é influenciada pelas condições ambientais, de manejo e efeito não aditivo dos genes (FALCONER e MACKAY, 1996).

O tamanho e sentido das respostas correlacionadas são determinados, principalmente, pela correlação genética entre as características envolvidas. A estimativa da correlação genética demonstra a direção e a magnitude da associação genética linear entre os valores genéticos das características avaliadas. Estas ocorrem devido à pleiotropia (causa permanente), isto é, a capacidade de um gene afetar duas ou mais características ou quando ocorre uma ligação gênica (*linkage*) e nesse caso a correlação genética é temporária. Mesmo havendo pleiotropia, se houver genes agindo antagonicamente, os dois efeitos podem se anular e não haverá correlação genética. O conhecimento da correlação genética é de suma importância quando a seleção é dificultada em razão de estimativa de herdabilidade baixa, uma vez que a seleção para determinada característica pode causar resposta em outra geneticamente correlacionada (VAYEGO, 2007).

2.2 Inferência bayesiana e amostragem de gibbs

A estatística Bayesiana foi fundamentada no teorema de Thomas Bayes, em 1761. No melhoramento genético animal, o método bayesiano foi introduzido por Gianola e Fernando (1986). Métodos bayesianos têm propiciado novas perspectivas a questões relacionadas à estimação de componentes de variância e parâmetros genéticos.

Na metodologia Bayesiana, a incerteza sobre os parâmetros desconhecidos associa-se a uma distribuição de probabilidade (GIANOLA e

FERNANDO, 1986), enquanto que, na metodologia frequentista, os parâmetros são valores fixos ou constantes, aos quais não se associam a qualquer distribuição (BLASCO, 2001). A inferência bayesiana possibilita a utilização de informação prévia, a qual é incluída na análise mediante o fornecimento de uma distribuição *a priori* dos parâmetros a serem analisados. A informação *a priori* deve ser derivada de considerações teóricas ou de análises prévias obtidas em outros experimentos com o mesmo objetivo (RESENDE, 2000). Porém, alguns conceitos de uso frequente no melhoramento genético, como a diferença entre efeitos fixos (incluindo os componentes de variância) e aleatórios, não são considerados na escola bayesiana, visto que o método considera todos os efeitos como aleatórios (BLASCO, 2001). O Teorema de Bayes é geralmente apresentado na forma:

$$p(\theta | Y) \propto p(\theta) * p(Y | \theta),$$

em que $p(\theta)$ é a densidade de probabilidade *a priori* de θ , a qual reflete o grau de conhecimento acumulado sobre os possíveis valores de θ , antes da obtenção de informações contidas em Y ; $p(Y | \theta)$ é a densidade de probabilidade *posterior* de θ , a qual inclui o grau de conhecimento prévio sobre θ “atualizado por informações adicionais” contidas em Y ; $\propto$ é o operador *proporcional a*.

A introdução de métodos de Monte Carlo baseados em cadeias de Markov, denominados MCMC (do inglês “Markov Chain Monte Carlo”), viabilizou a implementação do paradigma bayesiano (SORENSEN, 1996). O amostrador de Gibbs (método de simulação de Monte Carlo via cadeias de Markov) é procedimento de integração numérica, usado na estimação das distribuições conjunta e marginal de todos os parâmetros do modelo, por meio da reamostragem de todas as distribuições condicionais da cadeia de Markov, sendo uma técnica para a obtenção indireta de variáveis aleatórias de uma distribuição marginal, sem a necessidade de cálculo de sua densidade de probabilidade (BLASCO, 2001). Dada a função de máxima verossimilhança e as densidades *a priori*, calcula-se a densidade *a posteriori* dos parâmetros desconhecidos.

Publicações recentes (Gianola et al., 1990; Sorenson, 1996) tem mostrado vantagens da metodologia de modelos mistos quando abordada do ponto de vista da inferência estatística Bayesiana. Na análise de modelos lineares mistos pela abordagem freqüentista, rotineiramente a predição/estimação baseia-se no procedimento BLUP/REML (melhor predição linear não viciada/máxima verossimilhança restrita). Entretanto, este procedimento exige elevada demanda populacional, a distribuição e variância dos estimadores não são conhecidas, de forma que questões referentes a acurácia e precisão das predições e estimações não podem ser respondidas com rigor. O método REML propicia apenas intervalos de confiança aproximados para os componentes de variância, por meio do uso de aproximações e suposições de normalidade (argumentos assintóticos) (Gianola et al., 1990; Resende & Rosa Perez, 1999). Segundo Van Tassel, Casella e Pollak (1995), o uso da amostragem de Gibbs (*Gibbs Sampler*) apresenta várias vantagens com relação aos métodos usuais, pois não requer soluções para as equações de modelo misto, permite a análise de conjunto de dados maiores do que quando se usa a Máxima Verossimilhança Restrita com técnicas de matrizes esparsas e propicia estimativas diretas e acuradas dos componentes de variância, valores genéticos e intervalos de confiança para essas estimativas.

2.3 Características reprodutivas

Fertilidade é definida como a interação entre gametas materno e paterno (singamia) para produzir um zigoto viável e pode ser expressa como o número de ovos férteis por galinha. A galinha pode armazenar espermatozóides nas glândulas hospedeiras útero-vaginais e do infundíbulo durante um longo período após a inseminação artificial ou monta natural, resultando em produção de ovos férteis durante vários dias ou semanas (BAKST; SIEGEL; CHERRY, 1994). Após ocorrer a fertilização no oviduto, o ovo em formação permanece aproximadamente 24 horas dentro da galinha a

uma temperatura de 42°C. Tal condição permite o início do desenvolvimento embrionário (ETCHES, 1996).

O procedimento para avaliar a fertilidade é a ovoscopia, realizada em condições experimentais no décimo oitavo dia de incubação (Embrapa Suínos e Aves, SC), no qual se registra o número de ovos aparentemente férteis. Tal estimativa é subestimada considerando que o ovo, em que ocorreu morte embrionária precoce, escapa à detecção visual da fertilidade e é tido como infértil.

A seleção para aumento do peso corporal pode afetar negativamente a fertilidade, aumentando a frequência de espermatozoides e óvulos defeituosos. Tais defeitos são atribuídos aos desequilíbrios neuroendócrinos, interrupção da gametogênese, disfunções dos padrões de ovulação-oviposição e diminuição da libido (BARBATO et al., 1984). Nas linhagens de postura, podem-se manter altos níveis de fertilidade e eclodibilidade mediante utilização de níveis independentes de descarte, nos quais famílias de macho ou fêmea com performances muito abaixo das médias são descartadas. Teoricamente, tal procedimento seleciona contra genes deletérios recessivos (MERAT, 1990; GOWE et al., 1993; SCHMIDT et al., 1994). Na avicultura, altas taxas de fertilidade nos reprodutores são de fundamental importância, pois podem garantir o melhor retorno econômico a partir do número e da qualidade dos pintos produzidos por ave alojada.

A viabilidade embriônica, avaliada pela eclodibilidade, é fornecida pela porcentagem de pintos nascidos em relação ao número de ovos férteis incubados e a taxa de nascimento ou incubabilidade é a porcentagem de pintos nascidos em relação ao número total de ovos incubados (CUSTÓDIO et al., 1995). A eclodibilidade consiste em uma avaliação mais específica do incubatório, sendo indispensável a realização da ovoscopia. Para aumentar a quantidade de pintos por galinha, é necessário aumentar a eclodibilidade e a produção de ovos das fêmeas. A eclodibilidade de ovos férteis é constituída por dois componentes, sendo o primeiro, a viabilidade do embrião para sobreviver e, o segundo, a contribuição da reprodutora para a porção extra-embriônica do ovo, a qual fornece o ambiente para o desenvolvimento do

embrião (CRITTENDEN; BOHREN; ANDERSON, 1957) que, de acordo com Peters (2008), é afetada por vários fatores, que incluem fertilidade dos ovos e a constituição genética dos pais.

Fertilidade e eclodibilidade normalmente apresentam baixas estimativas de herdabilidade, bem como correlação genética negativa com a taxa de crescimento. A eclodibilidade está positivamente correlacionada com a produção de ovos (KINNEY JUNIOR, 1969). Savegnago et al. (2011a) relataram estimativa de herdabilidade de $0,12 \pm 0,04$ para a fertilidade para uma população F2, resultante do cruzamento recíproco entre uma linhagem de frangos de corte e uma linhagem de postura. Trabalhando com duas linhagens puras (C e D) da raça White Leghorn, Cavero et al. (2011) encontraram estimativas de herdabilidade para fertilidade de 0,13 e 0,15.

2.4 Peso do ovo

O peso dos ovos, assim como a taxa de postura, idade à maturidade sexual e o peso corporal são características utilizadas na avaliação do desempenho de linhagens de poedeiras, em função do seu alto valor econômico. O peso do primeiro ovo colocado por uma ave é cerca de 75% do máximo alcançado pela ave em idade adulta. O interesse no estudo da característica peso de ovo nas linhagens de postura está associado ao modo como é comercializada a produção de ovos. Os ovos são avaliados economicamente de acordo com sua classificação, a qual considera peso e forma.

Segundo Francesch et al. (1997), as médias de peso do ovo às 39 semanas de idade foram de $55,43 \pm 5,00$, $56,79 \pm 4,67$ e $56,91 \pm 4,63$ gramas, medidas em três linhagens de aves, sendo que as estimativas de herdabilidade para a mesma característica foram de $0,48 \pm 0,05$, $0,50 \pm 0,05$ e $0,59 \pm 0,06$. Nurgiartiningsih et al. (2002) relataram estimativas de herdabilidade para peso do ovo variando de 0,25 a 0,54 em duas linhagens White Leghorn.

Os efeitos maternos podem explicar cerca de 8 a 15% da variação do peso do ovo e existem altas proporções de dominância em relação aos efeitos genéticos aditivos (SATO; NORDSKOG, 1977). O efeito ligado ao sexo pode responder a aproximadamente 20 a 50% desta variação referente ao peso do ovo entre 21 a 40 semanas de idade (POGGENPOEL; DUCKITT, 1988).

2.5 Peso corporal

O peso corporal da ave é o principal fator que influencia o tamanho e o peso do ovo na maturidade sexual, interferindo na máxima produção de ovos e pode ser obtido pela simples pesagem individual do animal, não havendo distinção entre tamanho e peso. Avaliando o peso corporal e o peso do ovo, Leeson e Summers (1987) indicaram que aves mais pesadas tendem a produzir ovos mais pesados. Às 18 semanas de idade, Leeson e Summers (2001) compararam grupos de fêmeas pesadas e leves e observaram que, ao longo da fase de postura, as poedeiras leves se mantiveram abaixo do peso corporal recomendado, ou seja, mesmo recebendo dietas com alto teor de nutrientes, a produção e o tamanho do ovo foram menores do que o das poedeiras pesadas que consumiram dietas com menor teor de nutrientes. Isso enfatiza a importância do peso corporal ao atingir a maturidade sexual para a determinação da máxima produção de ovos.

O ajuste do peso corporal da poedeira ao atingir a maturidade sexual pode ser economicamente vantajoso, pela relação existente com o peso do ovo. Logo, a mudança do peso do ovo durante a postura é mais fácil de ser realizada por meio do controle do peso corporal da ave ao atingir a maturidade sexual (RUTZ et al., 2007). O peso corporal pode ser mensurado a intervalos regulares, caracterizando medidas repetidas ou dados longitudinais. O peso corporal medido antes da idade à maturidade sexual é influenciado pelo efeito genético materno, de dominância dos genes e pelo efeito de manejo (KINNEY, 1969). Porém, com o avanço da idade das aves (idade adulta) o efeito aditivo dos genes tem maior importância na variação dessa característica na população (KINNEY, 1969; MOU, 1991).

Besbes et al. (1992) relataram estimativas de herdabilidade para peso corporal às 40 semanas de idade, variando de $0,50 \pm 0,01$ a $0,51 \pm 0,01$ utilizando o método da máxima verossimilhança restrita (REML). Shadparvar et al. (2012) encontraram estimativas de herdabilidade em uma linhagem de poedeiras de 0,13, 0,23 e 0,29 para peso corporal ao nascimento, oito e doze semanas de idade, respectivamente.

2.6 Idade à maturidade sexual

A idade ao primeiro ovo é um dado importante quando se visa à reprodução das espécies de aves, pois caracteriza a maturidade sexual (aptidão da ave para reprodução) que é medida fenotipicamente pela idade, em dias, em que a ave se encontra ao pôr o primeiro ovo. O interesse nesta característica, de elevada importância econômica, objetiva conciliar precocidade e uniformidade das aves ao iniciar a oviposição. Para atingir a maturidade sexual, é necessário que o fornecimento de nutrientes seja adequado, proporcionando condições para o desenvolvimento corporal, empenamento e formação do aparelho reprodutor. Há variação na idade à maturidade sexual e também no peso do ovo das diferentes espécies de aves. A redução na idade à maturidade sexual e a eliminação das pausas de postura causadas por muda natural ou pelo choco, podem aumentar o número de ovos produzidos (SCHMIDT et al., 1996). Munari et al. (1992) obtiveram média e desvio-padrão de $148,7 \pm 9,1$ dias para a idade à maturidade sexual em fêmeas White Leghorn.

O início da produção de ovos tem grande relação com o peso médio corporal. Segundo Boni (1993), as aves mais pesadas são capazes de atingir a maturidade sexual mais precocemente. Akbas et al. (2002), relataram estimativa de correlação genética entre peso corporal na maturidade sexual e idade à maturidade sexual de $0,42 \pm 0,12$ e estimativa de herdabilidade de 0,29 e 0,34 para idade a maturidade sexual e peso corporal, respectivamente. Levando em conta que o programa de luz é o principal estímulo para a maturidade sexual, as fêmeas podem ser foto-estimuladas às 8 semanas de

idade e irão produzir ovos mais cedo do que o normal. Porém, para otimizar o desempenho produtivo, é necessário que as poedeiras tenham atingido o peso corporal padrão ao atingir a maturidade sexual (RUTZ et al., 2007). No estudo de Ayyagari et al. (1980), os autores relataram que o decréscimo da idade à maturidade sexual contribuiu para melhorar a característica número de ovos, em função do aumento de dias funcionais para a postura.

2.7 Relação altura-largura do ovo

O formato do ovo altera a resistência física da casca e o índice utilizado para avaliar o formato do ovo é a relação altura-largura (TEIXEIRA et al., 2013). O ovo considerado ideal para incubação é o de formato ovalado. Os formatos compridos ou excessivamente redondos possuem tendência de quebrar durante o processo de viragem nas incubadoras (ALBINO, 2005). Na avicultura comercial, além do prejuízo econômico relacionado à perda de ovos por quebras, o aspecto sanitário é outro fator importante, uma vez que a casca com espessura e resistência adequadas, protege o ovo de contaminações por bactérias e outros patógenos.

As estimativas de herdabilidade para a relação altura-largura do ovo às 36 semanas, utilizando o método dos quadrados mínimos, foram $0,22 \pm 0,06$ para o componente de meio-irmãs paternas, $0,26 \pm 0,04$ para o componente de irmãs completas e $0,30 \pm 0,08$ para o componente de meio-irmãs maternas, na 7ª geração da mesma linha considerada neste estudo (LEDUR et al., 1998).

2.8 Densidade específica do ovo

Parâmetro que indica a qualidade da casca em relação aos demais componentes do ovo. A densidade específica é obtida pela imersão do ovo em diferentes soluções salinas com densidades variando de 1,050 a 1,100, preparadas com o auxílio de um densímetro. Então, mergulha-se o ovo em

cada solução (da menor para a maior densidade) (HAMILTON, 1982). Na solução em que o ovo flutuar será determinada a gravidade, desta forma, quanto maior a gravidade específica melhor será a qualidade da casca. Segundo Miles (1993), quanto mais fina for a casca, menor será a gravidade específica e maior será a possibilidade de trinca e de quebra dessa casca.

Matrizes mais velhas têm maior frequência de ovos maiores, com redução da densidade específica, devido à maior porosidade da casca que favorece as trocas gasosas entre o ovo e o meio, determina maior perda de peso dos ovos durante a incubação e eleva a mortalidade embrionária, com consequente queda na eclodibilidade dos ovos (ROSA et al., 2002). Teixeira et al. (2013) avaliaram a densidade específica de ovos de codornas de corte encontrando estimativas de herdabilidade variando de 0,15 a 0,44. De acordo com estes os autores, a variabilidade em relação ao peso do ovo influencia na sua densidade. À medida que o peso dos ovos se torna mais homogêneo, diminui-se a variabilidade fenotípica da densidade específica.

3 REFERÊNCIAS

AKBAS, Y.; ÜNVER, Y.; OGUZ, I.; ALTAN, Ö. Estimation of genetic parameters for clutch traits in laying hens. In Proceedings of 7th World Congress on Genetic Applied to Livestock production. Montpellier, France, 2002.

ALBERS, G. A. A.; GROOT, A. Future trends in poultry breeding. **World Poultry**, v. 14, p. 42-44. 1998

ALBINO, L. F. T. **Criação de Frango e Galinha Caipira: Avicultura Alternativa**. 2. ed. Viçosa, MG, 2005. p. 94-109.

AYYAGARI, V.; MOHAPATRA, S.C.; VENKATRAMAIAH, A.; THIAGASUNDARAM, T.; CHOUDHURI, D.; JOHRI, D. C.; RENGANATHAN, P. Selection for egg production on part records. Part 1: evaluation of short term response to selection. **Theoretical Applied Genetics**, v. 57, p. 277-283, 1980.

BAKST, M. R.; WISAHRT, G.; BRILLARD, J.P. Oviductal sperm selection, transport and storage in poultry. **Poultry Science**, v. 5, p.117-143, 1994.

BARBATO, G. F.; SIEGEL, P. B.; CHERRY, J. A.; NIR, I. Selection for body weight at eight weeks of age. 17. Overfeeding. **Poultry Science**, v. 63, p. 11-18, 1984.

BESBES, B.; DUCROCQ, V.; FOULLEY, J-L.; PROTAIS, M.; TAVERNIER, A.; TIXIER-BOICHARD, M.; BEAUMONT, C. Estimation of genetic parameters of egg production traits of laying hens by restricted maximum likelihood applied to a multiple-trait reduced animal model. **Genetics Selection Evolution**, p. 1-9, 1992.

BLASCO, A. The Bayesian controversy in animal breeding. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2023-2046, 2001.

BONI, I. J. Manejo da maturidade sexual até o pico de postura. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos. **Anais...Santos: FACTA**, 1993. p. 83-94.

CAMPOS, E. J; PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético das aves. In: PEREIRA, Jonas Carlos Campos. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1999. Cap. 17, p. 284-314.

CAVERO, D.; SCHMUTZ, M.; ICKEN, W.; PREISINGER, R. Improving hatchability in white egg layer strains through breeding. **Lohmann Information**. v. 46, p. 44, 2011.
CRITTENDEN, L. B., BOHREN, B. B., ANDERSON, V.L. Genetic variance and covariance of the components of hatchability in New Hampshires. **Poultry Science**, v.36, n. 1, p.90-103, 1957.

CUSTÓDIO, R. W. S.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M. Fontes de variação significativas em um cruzamento dialélico de dois germoplasmas em galinhas. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba. **Anais... Curitiba**: p. 249-250.

ETCHES, R. J. **Reproduction in poultry**. CAB International, Wallingford, UK, 1996.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1996. 464 p.

FIGUEIREDO, E. A. P. de; SCHMIDT, G. S.; ROSA, P. S.; LEDUR, M. C. O programa de Melhoramento Genético de Aves da Embrapa. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte, MG. **Anais... Belo Horizonte: SBMA**, 2000. p. 58-62.

FRANCESCH, A.; ESTANY, J.; ALFONSO, L.; IGLESIAS, M. Genetic parameters for egg number, egg weight and eggshell color in three catalan poultry breeds. **Poultry Science**, v.76, p. 1627-1631, 1997.

GIANOLA, D.; FERNANDO, R. L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 217-244, 1986.

GOWE, R.S.; FAIRFULL, R.W.; McMILLAN, I.; SCHMIDT, U. S. A strategy for maintaining fertility and hatchability in a multiple-trait egg stock selection program. **Poultry Science**, v. 72, p. 1433-1448, 1993.

HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, n.6, p.1295-1300, 1982.

HOSTER, P.; MATHUR, P. K. Trends in economic values of selection traits for local egg production. In: WOLRLD'S POUTRY CONGRESS, 19., 1992, AMSTERDAM. **Proceedings...** Amsterdam, 1992. p. 577.

IBGE. Brasil. Estatística da Produção Pecuária. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201304_publ_completa.pdf >. Acesso em: 15 de novembro de 2014.

KINNEY JUNIOR, T. B. A summary of reported estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations for traits of chickens. **Agriculture Handbook Research Service**. p. 49, 1969.

LEDUR, M. C.; SCHMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; AVILA, V. S.; BALEN, L. Parâmetros genéticos e fenotípicos para características produtivas em linhagens de poedeiras de ovos brancos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 1031-1037, 1993.

LEDUR, M. C.; FIGUEIREDO, E. A. P.; SCHMIDT, G. S.; PIENIZ, L. C.; AVILA, V. S. Parâmetros genéticos e fenotípicos para características de qualidade do ovo em poedeiras de ovos brancos. **Ars Veterinária**, v.14, n. 3, p. 294-301, 1998.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Commercial poultry nutrition. 2nd ed. **Guelph: University Books**, 2001.

MERAT, P. Pleiotropic and associated effects of major genes. In: CRAWFORD, R.D. (Ed.). Poultry breeding and genetics. Amsterdam, **Elsevier Science**, p. 429-467, 1990.

MENDES, A. A. Produção e características das linhagens. In: **Manejo de Matrizes**. Campinas: FACTA, 1994. p. 29-46.

MILES, R. D. Gravedad específica del huevo-establecimiento de un programa de verificación. Generalidades sobre la calidad del cascarón de huevo. México: Asociación Americana de Soya, p. 1-8, 1993

MOU, L. J. Effects of different environments and selection for persistency in laying hens. III. Genetic and phenotypic parameters of egg production traits. **Animal Breeding Abstracts**, v. 59, n.10, p. 941, 1991.

MUNARI, D. P.; SCHMIDT, G. S.; GIANNONI, M. L. Variabilidade genética e fenotípica do desempenho de uma linhagem de aves Leghorn. I. Herdabilidades. **Ars Veterinária**, v. 8, n. 1, p. 49-57, 1992.

NURGIARTININGSIH, V. M. N.; MIELENZ, R.; PREISINGER, M.; SCHMUTZ; SCHUELER, L. Genetic parameters for egg production and egg weight of laying hens housed in single and group cages. **Arch. Tierz.** v. 5, n. 45, p. 501–508, 2002.

PETERS, S. O.; ILORI, B. M.; OZOJE, M. O.; IKEOBI, C. O. N.; ADEBAMBO, O. A.; Gene segregation effects on fertility and hatchability of pure and crossbred chicken genotypes in the humid tropics. **Poultry Science**. v. 7, n. 10, p. 954-958, 2008.

POGGENPOEL, D.G.; DUCKITT, J. S. Genetic basis of the increase in egg weight with pullet age in a White Leghorn flock. **British Poultry Science**, v. 29, n. 4, p. 863-867, 1988.

RESENDE, M.; D.; V. Inferência Bayesiana e simulação estocástica (amostragem de Gibbs) na estimação de componentes de variância e de valores genéticos em plantas perenes. **Colombo: Embrapa Florestas (Documentos 46)**, 2000.

ROSA, P. S.; GUIDONI, A.L.; LIMA, I.L.; BERSCH, F.X.R. Influência da temperatura de incubação em ovos de matrizes de corte com diferentes idades e classificados por peso sobre os resultados de incubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p.1011-1016, 2002.

ROSÁRIO, M. F.; SILVA, M. A. N.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia, avaliação e perspectivas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1987-1996, 2004.

RUTZ, F.; ANCIUTI, A. M.; XAVIER, G. E.; ROLL F.B.V; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira Reprodução Animal**. v. 31, n. 3, p. 307- 317, 2007.

SATO, M.; NORDSKOG, A.W. On estimating components of genetic variance in diallel matings. **British Poultry Science**, v.18, p.699-704, 1977.

SAVEGNAGO R.P.; BUZANSKAS, M.E.; NUNES B.N.; RAMOS S.B.; LEDUR M.C.; NONES K.; MUNARI D.P.. Heritabilities and genetic correlations for reproductive traits in an F2 reciprocal cross chicken population. **Genetic Molecular Research**. v.10, n. 3, p. 1337-1344, 2011 a.

SCHMIDT, O. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; LEDUR, M.C. Fatores genéticos e seleção para fertilidade e eclodibilidade em aves. In: FUNDAÇÃO AFINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIA. . **Fisiologia da reprodução de aves**. Campinas, p. 77-94. 1994.

SCHMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; MUNARI, D. P.; ROSA, P. S.; LEDUR, M. C. Frequência de muda natural e choco em aves selecionadas para a produção de ovos. In: Conferência Apinco de Ciências e Tecnologia Avícolas, 1996, Curitiba. **Anais...**Campinas:FACTA, v. 1, p. 82-82, 1996.

SHADPARVAR, A. A.; ENAYATI, B. Genetic Parameters for Body Weight and Laying Traits in Mazandaran Native Breeder Hens. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 2, n. 3, p. 251-256, 2012.

SORENSEN, D. Gibbs Sampling in quantitative genetics. Intern Report, nº 82, Danish Institute of Animal. **Department of Breeding and Genetics**, Denmark, 1996.

TEIXEIRA, B. B; EUCLYDES, R. F.; TEIXEIRA, R. B.; SILVA, L. P.; TORRES, R. A.; SILVA, F. G.; LEHNER, H. G.; CAETANO, G. C. Heritability of production and laying traits in meat-type quails. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, 2013.

VAN TASSEL, C. P.; CASELLA, G.; POLLAK, E. J. Effects of selection on estimates of variance components using Gibbs sampling and restricted maximum likelihood. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 678-692, 1995.

VAYEGO, S. A. **Uso de Modelos Mistos na avaliação genética de linhagens de frango de corte**. 2007. 104f. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CAPÍTULO 2 – ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E REPRODUTIVAS DE AVES POEDEIRAS POR INFERÊNCIA BAYESIANA

RESUMO - O objetivo do presente estudo foi estimar parâmetros genéticos para características de desempenho e reprodutivas e estudar a associação genética entre estas com a finalidade de determinar as características que podem ser usadas para melhorar a produção de ovos em aves poedeiras. Foram utilizados registros de 1894 animais provenientes de três gerações de fêmeas da raça White Leghorn, de ovos brancos. As características estudadas foram registros de fertilidade (FERT), eclodibilidade (ECLO) e taxa de nascimento (NASC) medidas às 60 semanas de idade, peso corporal às 16 e 60 semanas de idade (PC16 e PC60), idade à maturidade sexual (IMS), relação altura-largura, peso e densidade dos ovos às 28, 36 e 40 semanas de idade (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 e DENS40, respectivamente). Foram estimados parâmetros genéticos e fenotípicos para as características pela metodologia de inferência bayesiana, sob modelo animal multicaracterística que considerou os efeitos aleatórios genético aditivo e residuais e o efeito fixo de geração. As médias *à posteriori* das estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas e de desempenho variaram de $0,14 \pm 0,003$ (ECLO) à $0,22 \pm 0,005$ (FERT) e $0,07 \pm 0,001$ (REL28) à $0,42 \pm 0,001$ (POVO40), respectivamente. As médias *à posteriori* das estimativas de correlação genética entre as características reprodutivas variaram de $0,18 \pm 0,026$ (FERT e ECLO) à $0,79 \pm 0,007$ (FERT e NASC). Para as características de desempenho, as médias *à posteriori* das estimativas de correlação genética variaram de $-0,49 \pm 0,001$ (POVO36 e DENS36) a $0,75 \pm 0,003$ (DENS28 e DENS36). As características estudadas apresentaram variabilidade genética suficiente para responder à seleção, no entanto, REL28 não seria indicada para inclusão no critério de seleção com base na estimativa da herdabilidade. As correlações genéticas entre PC e IMS indicaram que aves mais pesadas iniciam a produção de ovos mais precocemente. Conclui-se que a seleção aplicada sobre a taxa de nascimento seria mais indicada para melhorar a fertilidade e a eclodibilidade dos ovos com base no desempenho das aves. Além disso, a utilização da característica POVO40 poderia melhorar o peso dos ovos ou a uniformidade dos mesmos. Se a seleção for conduzida para reduzir o peso corporal às 16 semanas de idade, resultaria no aumento da idade à maturidade sexual e redução do peso corporal às 60 semanas de idade, peso e relação altura-largura dos ovos nas idades estudadas.

Palavras-chave: aves, correlação genética, herdabilidade, produção de ovos, White Leghorn

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento contínuo de características de interesse econômico por meio de estimativas de parâmetros genéticos tem como finalidade garantir elevado padrão de qualidade do ovo e seus subprodutos atendendo assim as exigências do mercado mundial (UBA, 2008). Características economicamente importantes como peso do ovo, idade à maturidade sexual, peso corporal, fertilidade, eclodibilidade e taxa de nascimento, assim como àquelas relacionadas à qualidade do ovo como tamanho e relação altura-largura devem ser levadas em consideração nos programas de melhoramento genético de aves de postura, por estarem associadas diretamente à produção de ovos e a integridade do produto durante o transporte e armazenamento. Porém, para que certas características sejam inseridas ou mantidas nos programas de melhoramento genético é necessário ter conhecimento de quão as mesmas apresentam variabilidade genética aditiva suficiente para atender ao processo de seleção visando maximizar o ganho genético da população, sendo, portanto, necessária a aplicação de metodologias que estimem os parâmetros genéticos e fenotípicos da população.

A utilização da metodologia bayesiana para estimação de parâmetros genéticos aparece como alternativa de grande flexibilidade, tanto em relação aos modelos que podem ser utilizados nas análises quanto em relação às inferências que podem ser realizadas a partir dos resultados. A sua aplicação em análises genéticas permite a obtenção de densidades posteriores das variáveis estudadas e pode ser utilizada tanto em pequenos ou grandes conjuntos de dados, não sendo necessário o conhecimento da distribuição inicial do parâmetro que se deseja estimar (FARIA et al., 2007).

Inúmeras publicações (GIANOLA e FOULLEY, 1982; GIANOLA e FERNANDO, 1986; WANG et al., 1994; VAN TASSEL; CASELLA; POLLAK, 1995; SCHENKEL; SCHAEFFER; BOETTCHER, 2002) demonstraram que a utilização da metodologia bayesiana pode ser indicada para resolução de problemas relacionados à avaliação genética dos animais. Tendo em vista a importância de estimar parâmetros genéticos para as características de

desempenho e reprodutivas, essa metodologia pode trazer ganhos consideráveis na acurácia das avaliações genéticas de linhagens de postura. O peso do ovo está associado ao modo como é comercializada a produção de ovos. Os ovos são avaliados economicamente de acordo com sua classificação, a qual considera peso e forma. O peso corporal pode ser obtido pela simples pesagem individual do animal. O intuito de se incluir o peso corporal no estudo da produção de ovos é avaliar o quanto esta característica está sendo afetada, de acordo com o critério de seleção utilizado. As aves de postura de peso corporal pequeno ou intermediário são preferidas por terem um custo de manutenção mais baixo. No entanto, um tamanho adulto adequado é ainda necessário para manter a produção de ovos de tamanho eficiente. A idade à maturidade sexual é medida fenotipicamente pela idade, em dias, em que a ave se encontra ao pôr o primeiro ovo. O interesse nesta característica, de elevada importância econômica, tem como objetivo conciliar precocidade e uniformidade das aves ao iniciar a ovoposição. A característica relação altura-largura dos ovos é o índice usado para avaliar o formato do ovo e consequentemente a resistência física da casca. A densidade específica é o método indireto para avaliar a qualidade da casca. A redução da densidade específica eleva a mortalidade embrionária e provoca queda na eclodibilidade.

Savegnago et al. (2011a) estudaram uma população F2 desenvolvida pelo cruzamento recíproco entre linhagens de corte e postura. Os autores observaram estimativas de herdabilidade para características reprodutivas (fertilidade, eclodibilidade e taxa de nascimento) de $0,12 \pm 0,04$, $0,27 \pm 0,04$ e $0,28 \pm 0,04$, respectivamente. Estimativas de herdabilidade encontradas por Rozempolska-Rucińska et al. (2011) para peso corporal às 16 semanas de idade foi de $0,56 \pm 0,02$ e $0,55 \pm 0,03$ em duas raças de poedeiras de ovos castanhos. Para a característica idade à maturidade sexual, Shadpavar et al. (2012) obtiveram estimativa de herdabilidade de $0,34 \pm 0,02$. Trabalhando com aves da linhagem White Leghorn, Sabri et al. (1999) relataram estimativas de herdabilidade de $0,45 \pm 0,17$ para peso do ovo de 26 às 30 semanas de idade. Savegnago et al. (2011b) encontraram estimativas de herdabilidade variando de $0,13 \pm 0,05$ até $0,16 \pm 0,05$ para relação altura-

largura dos ovos. Com a finalidade de identificar características que possam auxiliar o processo de seleção de aves de postura, o presente trabalho tem por objetivo estimar parâmetros genéticos para as características de desempenho e reprodutivas relacionadas à produção de ovos em uma linhagem de poedeiras de ovos brancos por meio de metodologia bayesiana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 População experimental

Os dados utilizados no presente estudo são referentes à linhagem de aves de postura da raça White Leghorn, definida como “CC”, pertencente ao Programa de Melhoramento Genético de Aves, desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves, localizado no Município de Concórdia, estado de Santa Catarina. Foram utilizados registros fenotípicos de 1894 animais de três gerações, cujos nascimentos ocorreram em 2009, 2010 e 2011. A linhagem CC é uma linha fêmea da raça White Leghorn, de ovos brancos, selecionada por 18 gerações, com o objetivo de melhorar a produção de ovos, o peso do ovo, a conversão alimentar, a viabilidade, a maturidade sexual, a fertilidade, a eclodibilidade, a qualidade do ovo e a redução do peso corporal.

2.2 Dados fenotípicos

Foram estudadas 16 características relacionadas com desempenho e reprodução das aves poedeiras, sendo estas descritas a seguir:

- Características reprodutivas: fertilidade, considerada como a razão entre o número de ovos férteis e o número total de ovos (FERT), eclodibilidade que relaciona a porcentagem de pintos nascidos e o número de ovos férteis incubados (ECLO) e taxa de nascimento que considera a porcentagem de pintos nascidos em relação ao número total de ovos incubados (NASC)

- Características de desempenho: peso corporal, mensurado individualmente sem distinção entre tamanho e peso às 16 e 60 semanas de idade (PC16 e PC60), idade à maturidade sexual medida pela idade, em dias, em que a ave inicia o ciclo de produção (IMS), relação altura-largura (REL), peso do ovo (POVO) e densidade do ovo (DENS), medidas às 28, 36 e 40 semanas de idade (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 e DENS40, respectivamente).

2.3 Análise estatística

A edição do arquivo de dados foi realizada por meio do programa computacional SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA). O método dos quadrados mínimos (SAS GLM) foi utilizado para definir os efeitos fixos a serem incluídos no modelo misto ($P < 0,01$). O efeito fixo constituiu-se por geração. Os animais sem registro foram excluídos do conjunto de dados. As estatísticas descritivas das características de desempenho e reprodutivas envolvidas no estudo (Tabela 1) foram realizadas por meio do procedimento PROC MEANS do SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Tabela 1. Número de animais, média dos valores fenotípicos, desvio-padrão (DP), valores mínimo e máximo e coeficiente de variação (CV) das características estudadas.

Característica	N	Média	DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
FERT (%)	496	79,27	23,78	0,00	100,00	29,99
ECLO (%)	496	74,91	28,5	0,00	100,00	38,04
NASC (%)	496	54,41	30,83	0,00	94,44	56,66
PC16 (g)	1396	1196,81	130,23	674,00	1620,00	10,88
PC60 (g)	1381	1933,28	245,92	1230,00	2836,00	12,72
IMS (dias)	1398	145,74	10,61	125,00	189,00	7,28
POVO28 (g)	1398	54,55	4,60	37,00	74,00	8,43
REL28	1398	1,29	0,09	1,10	4,30	6,97
DENS28 (g/cm ³)	1398	4,73	1,25	1,00	9,00	26,42
POVO36 (g)	1398	58,33	5,51	5,00	76,00	9,44
REL36	1398	1,31	0,11	1,10	5,13	8,39
DENS36 (g/cm ³)	1397	4,32	1,28	1,00	8,00	29,62
POVO40 (g)	1398	59,86	5,63	40,00	83,00	9,40
REL40	1398	1,32	0,11	1,15	5,13	8,33
DENS40 (g/cm ³)	1397	4,09	1,36	1,00	8,00	33,25

FERT = fertilidade; ECLO = eclodibilidade; NASC = taxa de nascimento às 60 semanas de idade; PC16 = peso corporal às 16 semanas; PC60 = peso corporal às 60 semanas; IMS = idade à maturidade sexual; POVO28 = peso do ovo às 28 semanas; POVO36 = peso do ovo às 36 semanas; POVO40 = peso do ovo às 40 semanas; REL28 = relação altura-largura às 28 semanas; REL36 = relação altura-largura às 36 semanas; REL40 = relação altura-largura às 40 semanas; DENS28 = densidade do ovo às 28 semanas; DENS36 = densidade do ovo às 36 semanas; DENS40 = densidade do ovo às 40 semanas.

2.4 Estimação de parâmetros genéticos

Os parâmetros genéticos para as características em estudo foram estimados por inferência bayesiana por meio do software GIBBS2F90 (MISZTAL, 2004). No modelo estatístico considerou-se os efeitos aleatórios genético aditivo e residuais e o efeito fixo de geração. O modelo geral pode ser representado como:

$$y = X\beta + Za + e$$

em que y é o vetor das observações, β é o vetor do efeito fixo (geração), a é o vetor de efeito aleatório genético aditivo de cada animal, e o vetor de efeitos aleatórios residuais, e X e Z são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos e efeitos aleatórios genéticos aditivos, respectivamente. Assumiu-se que $E[y]=X\beta$; $\text{Var}(a)=A \otimes S_a$ e $\text{Var}(e)=I \otimes S_e$, em que S_a = matriz de covariâncias genéticas aditivas; S_e = matriz de covariância residual; A = matriz do numerador de relações genético-aditivas; I = matriz identidade; e $\otimes$ = produto direto ou de Kronecker entre matrizes.

As características foram analisadas individualmente com intuito de obter as estimativas de componentes de variância iniciais. Os parâmetros genéticos foram estimados em análises multicaracterísticas para cada conjunto de características (desempenho e reprodutivas). Na implementação da Amostragem de Gibbs utilizou-se uma cadeia inicial de 1.500.000 iterações, sendo que os primeiros 500.000 ciclos foram descartados (“burn-in”) e amostras foram retiradas a cada 200 ciclos (“thin”), totalizando 5.000 amostras. Intervalos de credibilidade a 95% (IC-95%) foram determinados para todos os parâmetros. A partir da amostra a posteriori gerada consideraram-se todos os n valores das variâncias e herdabilidades em ordem crescente, descartando-se os $(\alpha/2)\%$ menores e os $(\alpha/2)\%$ maiores, sendo $\alpha = 0,05$. Assim, o IC-95% foi calculado como o intervalo real que foi do menor até o maior dos valores restantes. As estimativas das herdabilidades, correlações genéticas, fenotípicas e ambientais foram obtidas pela média dos valores das respectivas amostras *a posteriori*. As médias das estimativas das correlações genéticas foram submetidas ao teste t para verificar se eram significativamente ($P < 0,05$) diferentes de zero.

2.5 Análise de convergência

Para a análise de convergência foram consideradas técnicas gráficas e critérios de avaliação de convergência das sequências de Markov, encontradas em Gelman e Rubin (1992), Raftery e Lewis (1992), Geweke (1992), Heidelberger e Welch (1983) e Brooks e Gelman (1997). Verificou-se convergência das cadeias por meio do programa R 2.9.0 (The R Foundation For Statistical Computing, 2009), utilizando o pacote BOA, descrito por SMITH (2005), no qual foram gerados diagnósticos de convergência de Raftery e Lewis (1992) e pelo método visual.

O critério sugerido por Raftery e Lewis (1992) estima quantas iterações são necessárias para que o algoritmo apresente convergência a uma distribuição estacionária. O método fornece alternativas do período de aquecimento ou *burn in* (número de iterações que devem ser descartadas), do número de iterações que devem ser computadas e o valor da distância mínima entre uma iteração e outra (*thin*). O critério de Raftery e Lewis considera também o fator de dependência que é responsável pelo acréscimo multiplicativo ao número de iterações necessárias para se alcançar a convergência. Se esse fator for maior que 5, pode-se dizer que a convergência não foi obtida, necessitando reparametrizar o modelo em estudo. Por meio do método gráfico (Apêndice 1, 2, 3, 4, 5 e 6) foi verificada a convergência das cadeias, observando a tendência de sua distribuição e as áreas de densidade da distribuição. As distribuições de densidades *à posteriori* (Apêndices 1 e 4) das estimativas de herdabilidade dos parâmetros das características de desempenho foram simétricas e assimétricas para as reprodutivas, indicativo de não convergência das estimativas. As médias (Apêndices 2, 3, 5 e 6) estabilizam-se com as cadeias evidenciando que o valor considerado para o *burn-in* na análise foi confiável e permitiu a convergência das mesmas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de FERT e ECLO (Tabela 1) foram inferiores às relatadas na literatura (Savegnago et al., 2011a). A média de PC60 foi superior à apresentada por Savegnago et al. (2011b) que obteve média de $1861,43 \pm 244,98\text{g}$ para a mesma linhagem do presente estudo. Schmidt et al. (2004) encontraram média para IMS, medida nas 16^a e 40^a semanas de idade, superior à do presente estudo ($148,75 \pm 9,93$) para a linhagem CC, indicando o resultado da seleção para reduzir a idade à maturidade sexual. A média de POVO28 foi maior do que a encontrada por Sabri et al. (1999), que obtiveram média de 50,6g para peso do ovo de 26^a à 29^a semanas em poedeiras White Leghorn. Ledur et al. (1993) encontraram médias inferiores às do presente estudo para peso do ovo variando de $56,42 \pm 0,20$ a $57,19 \pm 0,17$, obtidas em duas pesagens realizadas na 36^a e 39^a semanas de idade, respectivamente, para a linhagem CC. Para a característica relação altura-largura dos ovos, Schmidt et al. (2004), obtiveram médias $1,34 \pm 5,64$ para o período de 75^a a 111^a semanas, próximas às do presente estudo. As médias para a característica densidade do ovo foram superiores às encontradas por Schmidt et al. (2004) de $2,89 \pm 1,48$ para a mesma linhagem em período diferente.

As medidas de posição *à posteriori* (média, moda e mediana) das estimativas de herdabilidade para cada característica estudada (Tabela 2) foram muito próximas, indicando que a distribuição destas foram aproximadamente simétricas. Embora estimativas de herdabilidade com valores extremos (mínimos e máximos) tenham sido obtidas, estas ocorreram em pequena proporção (menor do 5%), porque não afetaram as medidas de posição. Dado que os intervalos de credibilidade a 95% para as mesmas estimativas tiveram pequena amplitude (0,01) e os respectivos erros-padrão de Monte Carlo foram baixos (menores ou iguais a 0,026), tanto para estimativas de herdabilidade quanto para as de correlações genéticas e ambientais (Tabela 3 e 4), considerou-se que o tamanho da cadeia de Gibbs utilizado foi suficiente para convergência das análises e, portanto, todas as estimativas de parâmetros genéticos e ambientais foram confiáveis.

Tabela 2. Estatísticas descritivas *à posteriori* das estimativas de herdabilidade para características de desempenho e reprodutivas.

Característica	Média	Mediana	Moda	Min	Máx	IC-95%
FERT	0,22	0,21	0,20	0,00	0,45	0,21 a 0,22
ECLO	0,14	0,13	0,11	0,00	0,45	0,13 a 0,14
NASC	0,21	0,21	0,20	0,03	0,59	0,21 a 0,22
PC16	0,37	0,31	0,31	0,26	0,48	0,36 a 0,37
PC60	0,31	0,31	0,31	0,26	0,48	0,31 a 0,32
IMS	0,34	0,34	0,34	0,20	0,49	0,33 a 0,34
POVO28	0,36	0,36	0,36	0,22	0,52	0,35 a 0,36
REL28	0,07	0,07	0,07	0,03	0,20	0,07 a 0,08
DENS28	0,31	0,31	0,32	0,16	0,50	0,31 a 0,32
POVO36	0,34	0,34	0,34	0,20	0,50	0,34 a 0,35
REL36	0,20	0,19	0,19	0,09	0,35	0,19 a 0,20
DENS36	0,36	0,36	0,36	0,20	0,54	0,35 a 0,36
POVO40	0,42	0,42	0,42	0,28	0,56	0,41 a 0,42
REL40	0,20	0,20	0,20	0,11	0,35	0,20 a 0,21
DENS40	0,32	0,32	0,31	0,15	0,48	0,31 a 0,32

FERT = fertilidade; ECLO = eclodibilidade; NASC = taxa de nascimento, medidas as 60 semanas de idade; PC16 = peso corporal às 16 semanas; PC60 = peso corporal às 60 semanas; IMS = idade à maturidade sexual; POVO28 = peso do ovo às 28 semanas; POVO36 = peso do ovo às 36 semanas; POVO40 = peso do ovo às 40 semanas; REL28 = relação altura-largura às 28 semanas; REL36 = relação altura-largura às 36 semanas; REL40 = relação altura-largura às 40 semanas; DENS28 = densidade do ovo às 28 semanas; DENS36 = densidade do ovo às 36 semanas; DENS40 = densidade do ovo às 40 semanas; min = valor mínimo; máx = valor máximo; IC-95% = intervalo de credibilidade a 95%.

As médias das estimativas de herdabilidade para as características reprodutivas (Tabela 3) indicaram existência de variabilidade genética aditiva para as mesmas na linhagem estudada, sendo possível a obtenção de progresso genético por seleção dos indivíduos superiores fenotipicamente. A seleção seria mais eficiente para FERT e NASC, pois estas características apresentaram estimativas de herdabilidade superiores à ECLO. Todavia, NASC deve ser indicada como critério de seleção, considerando que esta característica é mais fácil de ser medida no incubatório do que FERT. As

diferenças entre as estimativas estudadas e as encontradas na literatura se devem possivelmente a fatores genéticos (linhagens), ao método de estimação e à idade em que o caráter foi medido.

Insko; Steele; Whiteman (1947), relataram a tendência da fertilidade e da eclodibilidade diminuírem com a idade. A eclodibilidade das aves poedeiras aumenta até seis semanas e depois diminui com passar da idade (GARWOOD e LOWE, 1982). Características reprodutivas, geralmente, apresentam baixas estimativas de herdabilidade, como foi o caso no presente estudo, para ECLO. Esta menor magnitude de herdabilidade indica forte influência ambiental e de efeitos genéticos não aditivos que estariam atuando na variação fenotípica desta característica.

As médias *a posteriori* das estimativas de herdabilidades, correlações genéticas e ambientais das características reprodutivas e de desempenho podem ser verificadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente. Os conjuntos de dados das características reprodutivas e de desempenho foram analisados separadamente, pois parte dos animais com registros fenotípicos de desempenho não possuíam registros características reprodutivas.

Tabela 3. Médias *à posteriori* das estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) e os respectivos erros-padrão de Monte Carlo para as características reprodutivas, obtidas na análise multicaracterística.

	FERT	ECLO	NASC
FERT	0,22±0,005	0,18±0,026	0,79±0,007
ECLO	-0,09±0,004	0,14±0,003	0,71±0,014
NASC	0,60±0,001	0,70±0,002	0,21±0,002

FERT = fertilidade; ECLO = eclodibilidade; NASC = taxa de nascimento, medidas as 60 semanas de idade.*Significativamente diferentes de zero pelo teste t ($p < 0,05$).

A média *à posteriori* das estimativas de herdabilidade para a FERT (Tabela 3) foi superior às relatadas na literatura (de $0,09 \pm 0,01$, por BEAUMONT et al., 1997; de $0,12 \pm 0,04$ por SAVEGNAGO et al., 2011a e de

0,13 e 0,15, por CAVERO et al., 2011). As médias das estimativas de herdabilidade para ECLO e NASC foram inferiores às relatadas por Savegnago et al. (2011a), que encontraram estimativas de $0,27 \pm 0,04$ e $0,28 \pm 0,04$, respectivamente. Porém, os autores trabalharam com F2, resultante de um cruzamento entre uma linhagem de poedeiras com outra de corte, o que pode influenciar na magnitude das estimativas. Resultados semelhantes aos do presente estudo para as mesmas características foram verificados por Rozempolska-Rucińska (2010), que encontrou estimativas de herdabilidade para taxa de nascimento variando de 0,07 a 0,26 e para eclodibilidade de 0,10 em aves poedeiras. Custódio (2000), trabalhando em dois experimentos com três populações de frangos de corte, relataram estimativas de herdabilidade para taxa de nascimento de $0,58 \pm 0,21$ e $0,48 \pm 0,20$, superiores às do presente estudo. Neste caso, deve-se considerar também que os erros-padrão das estimativas também foram maiores, o que exige cautela na comparação com os resultados do presente trabalho.

A média *à posteriori* das estimativas de correlação genética entre FERT e ECLO (Tabela 3), apesar de positiva, foi de baixa magnitude comparada com às demais estimativas, indicando que a seleção para FERT poderá trazer poucos ganhos genéticos para ECLO, que é influenciada pela FERT, pela combinação não aditiva dos genes e pelo ambiente. Uma alternativa para manter altos os níveis de FERT e ECLO em poedeiras seria o uso de níveis independentes de descarte, melhorando o desempenho geral das aves (MERAT, 1990; GOWE et al., 1993; SCHMIDT et al, 1994). Caveró et al. (2011) encontraram maior magnitude de correlação genética entre FERT e ECLO, variando de 0,47 a 0,53 em duas linhagens White Leghorn.

As médias *à posteriori* das correlações genéticas entre FERT e NASC e entre ECLO e NASC (Tabela 3) indicaram que a seleção para o aumento da NASC seria indicada para aumentar a fertilidade e a eclodibilidade. Portanto, recomenda-se o uso de NASC como critério de seleção para melhorar a reprodução das aves em programas de melhoramento.

As estimativas de herdabilidade das características de desempenho (Tabela 4), com exceção da relação altura-largura do ovo às 28 semanas,

indicaram que há proporção suficiente de variância fenotípica atribuída aos efeitos aditivos dos genes e, conseqüentemente, que a seleção individual para estas características seria eficiente, em termos de ganho genético. A magnitude da estimativa de herdabilidade para REL28, próxima à zero, pode indicar que a seleção fenotípica para esta característica seria pouco eficiente e que a mesma é altamente influenciada por fatores ambientais e não aditivos dos genes.

Tabela 4. Médias das estimativas de herdabilidade (diagonal), correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) e os respectivos erros-padrão de Monte Carlo entre as características produtivas obtidas na análise multicaracterística.

	PC16	PC60	IMS	POVO28	REL28	DENS28	POVO36	REL36	DENS36	POVO40	REL40	DENS40
PC16	0,37±0,001	0,68±0,002	-0,18±0,004	0,42±0,002	0,48±0,001	-0,01±0,003	0,57±0,004	0,67±0,002	-0,07±0,003	0,70±0,001	0,69±0,004	0,07±0,004
PC60	0,48±0,000	0,31±0,002	0,07±0,003	0,17±0,003	0,10±0,011	0,01±0,004	0,38±0,004	0,24±0,007	-0,05±0,004	0,32±0,003	0,18±0,006	0,05±0,005
IMS	-0,10±0,015	0,13±0,001	0,34±0,000	-0,30±0,003	0,00±0,012	0,30±0,004	-0,20±0,004	0,00±0,006	0,25±0,004	-0,13±0,003	-0,09±0,006	0,36±0,004
POVO28	0,34±0,001	0,26±0,001	0,17±0,001	0,36±0,001	0,59±0,013	-0,35±0,003	0,91±0,002	0,22±0,005	-0,55±0,004	0,81±0,001	0,15±0,005	-0,34±0,004
REL28	0,14±0,001	0,14±0,001	0,01±0,001	0,27±0,002	0,07±0,001	0,00±0,011	0,63±0,012	0,47±0,017	-0,09±0,011	0,63±0,010	0,41±0,017	-0,07±0,010
DENS28	-0,16±0,001	-0,02±0,001	0,08±0,001	-0,17±0,001	0,15±0,001	0,31±0,002	-0,26±0,004	-0,14±0,004	0,75±0,003	-0,21±0,003	-0,16±0,004	0,68±0,004
POVO36	-0,35±0,001	0,26±0,001	0,18±0,012	0,56±0,001	0,16±0,002	-0,09±0,001	0,34±0,002	0,19±0,006	-0,49±0,001	0,92±0,003	0,14±0,002	-0,28±0,001
REL36	-0,01±0,001	0,02±0,001	0,04±0,001	0,14±0,001	0,07±0,002	-0,01±0,000	-0,07±0,001	0,20±0,002	-0,07±0,002	0,35±0,001	0,95±0,000	-0,10±0,002
DENS36	-0,12±0,001	-0,07±0,002	0,05±0,001	-0,03±0,001	-0,07±0,001	0,34±0,001	-0,09±0,001	0,02±0,002	0,36±0,002	-0,43±0,001	-0,05±0,002	0,68±0,001
POVO40	0,37±0,001	0,33±0,001	0,16±0,000	0,62±0,001	0,15±0,002	-0,10±0,001	0,67±0,001	0,14±0,001	-0,05±0,001	0,42±0,001	0,36±0,0001	-0,14±0,001
REL40	-0,03±0,001	0,05±0,001	0,05±0,001	0,15±0,001	0,06±0,002	0,03±0,000	-0,12±0,001	0,92±0,000	0,05±0,002	0,21±0,001	0,20±0,002	-0,06±0,002
DENS40	-0,08±0,001	-0,07±0,001	-0,01±0,001	-0,03±0,001	-0,03±0,001	0,25±0,001	-0,09±0,001	-0,02±0,002	0,39±0,001	-0,15±0,001	-0,01±0,001	0,32±0,001

PC16 = peso corporal às 16 semanas; PC60 = peso corporal às 60 semanas; IMS = idade à maturidade sexual; POVO28 = peso do ovo às 28 semanas; POVO36 = peso do ovo às 36 semanas; POVO40 = peso do ovo às 40 semanas; REL28 = relação altura-largura às 28 semanas; REL36 = relação altura-largura às 36 semanas; REL40 = relação altura-largura às 40 semanas; DENS28 = densidade do ovo às 28 semanas; DENS36 = densidade do ovo às 36 semanas; DENS40 = densidade do ovo às 40 semanas.*Significativamente diferente de zero pelo teste t ($p < 0,05$).

Maiores estimativas de herdabilidade para peso corporal às 16 semanas de idade do que aquela obtida no presente estudo (Tabela 4) foram verificadas por Rozempolska-Rucińska et al. (2011), que relataram estimativas de herdabilidade para peso corporal às 16 semanas de idade, em duas raças de poederias de ovos castanhos, de $0,55 \pm 0,03$ e $0,56 \pm 0,02$. Comparada à deste trabalho, Savegnago et al. (2011b) encontraram estimativa de herdabilidade superior para peso corporal às 62 semanas de idade de $0,63 \pm 0,06$. Estimativas de herdabilidade para IMS encontradas por Akbas et al. (2002) foram inferiores às relatadas neste estudo, variando de 0,26 a 0,32. Estimativas semelhantes aos do presente trabalho para IMS foram verificadas por Shadpavar e Enayati (2012), que encontraram estimativa de herdabilidade de $0,34 \pm 0,02$. Os mesmos autores encontraram estimativas de herdabilidade para peso do ovo de 28 às 32 semanas de idade de $0,24 \pm 0,003$.

Comparada à estimativa de herdabilidade para peso do ovo às 40 semanas de idade do presente estudo (Tabela 4), Tongsiri et al. (2014) encontraram estimativa semelhante para peso do ovo às 17 semanas de produção de 0,43 em poedeiras da raça White Plymouth Rock. Sabri et al. (1999) relataram estimativas de herdabilidade de $0,45 \pm 0,17$ para peso do ovo de 26 à 30 semanas de idade em poedeiras da mesma raça deste estudo, porém de linhagem diferente. Rozempolska-Rucińska et al. (2011) obtiveram estimativas de herdabilidade superiores às do presente estudo para peso do ovo às 34 semanas variando de $0,40 \pm 0,02$ a $0,44 \pm 0,03$ nas raças Rhode Island White e Rhode Island Red. Para a característica relação altura-largura do ovo nas aves de idades de 32, 37 e 40 semanas de idade, Savegnago et al. (2011b) estimaram herdabilidade variando de $0,13 \pm 0,05$ a $0,16 \pm 0,05$. As estimativas obtidas para a herdabilidade da característica densidade do ovo nas diferentes idades, estão próximos aos encontrados por Besbes et al. (1992) de 0,34 em duas linhagens de poedeiras.

As estimativas de correlação genética (Tabela 4) entre peso corporal às 16 e 60 semanas de idade e peso dos ovos nas diferentes idades, exceto entre PC60 e POVO28 ($0,17 \pm 0,003$), foram positivas e variaram de $0,32 \pm$

0,003 à $0,70 \pm 0,001$, indicando relação linear entre os genes envolvidos na expressão de ambas as características. De acordo com Summers (1994), o peso corporal é um dos fatores que influenciam o peso dos primeiros ovos. Assim, o processo de seleção para reduzir o peso corporal diminui o peso dos ovos. Nas linhagens de poedeiras em que há necessidade de aumentar a produção de ovos, a seleção é conduzida para diminuir o peso corporal, dado que a correlação genética entre ambas é negativa (Ledur et al., 2003; Teixeira et al., 2012). Porém, este procedimento deve ser feito com cautela. No presente trabalho, a seleção contra PC16 reduziria a média dos valores genéticos para peso do ovo às 28, 36 e 40 semanas de idade.

Se PC16 fosse indicada como critério de seleção para melhorar o peso dos ovos, as aves teriam ganhos genéticos para essa característica. Tongsirini et al. (2014) relataram estimativa de correlação genética entre peso corporal e peso do ovo de $0,46 \pm 0,08$. Savegnago et al. (2011b) encontraram estimativas de correlação genética entre peso corporal e peso dos ovos variando de $0,42 \pm 0,11$ a $0,57 \pm 0,09$. Entre peso corporal e densidade nas diferentes idades as estimativas de correlação genética foram nulas, indicando que não há associação genética linear entre as mesmas.

As estimativas de correlação genética entre PC16 e IMS e IMS e POVO nas diferentes idades foram negativas, indicando que a seleção para diminuição do peso corporal às 16 semanas resultaria no aumento da idade à maturidade sexual, ou seja, aves mais pesadas atingem a idade à maturidade sexual mais precocemente e a seleção para a redução da idade à maturidade sexual resultaria em ovos mais pesados. A estimativa de correlação genética entre PC60 e IMS foi de baixa magnitude indicando que a seleção para IMS poderá trazer poucos ganhos genéticos para a PC60. Shadpavar e Enayat (2012) relataram correlação genética entre peso corporal às 8 e 12 semanas e idade à maturidade sexual de -0,10 e -0,12. Schmidt e Figueiredo (2004) obtiveram estimativas de correlações genéticas, no primeiro ciclo de postura em linhagem de aves White Leghorn, de 0,20 entre idade à maturidade sexual e peso corporal às 40 semanas de idade e 0,22 entre idade à maturidade sexual e peso médio do ovo. A seleção para idade à maturidade sexual deve

ser feita com cautela e objetivando conciliar precocidade e uniformidade. O controle do início da postura de uma população em desenvolvimento facilitará o manejo das futuras matrizes.

As estimativas de correlação genética entre idade à maturidade sexual e densidade foram positivas e variaram de $0,25 \pm 0,004$ até $0,36 \pm 0,004$, indicando que há associação genética linear entre as mesmas e que a seleção objetivando a redução da idade à maturidade sexual poderá promover a redução da densidade, o que determina perda de peso dos ovos, eleva a mortalidade embrionária e conseqüentemente queda na eclodibilidade dos ovos. Salehinasab et al. (2014) encontraram estimativa de correlação genética de $0,53 \pm 0,17$ entre idade à maturidade sexual e densidade. As correlações genéticas entre idade à maturidade sexual e relação altura-largura do ovo foram próximas de zero. Schmidt e Figueiredo (2004) também obtiveram correlação genética próxima de zero entre idade à maturidade sexual e relação altura-largura do ovo.

As correlações genéticas entre peso do ovo e relação altura-largura do ovo nas diferentes idades foram positivas, variando de $0,14 \pm 0,002$ até $0,59 \pm 0,013$ (Tabela 4), indicando associação genética linear entre as características e que a seleção para o aumento do peso resultaria em aumento da relação altura-largura, o que garante melhor qualidade e uniformidade dos ovos. Essa uniformização seria importante no aspecto econômico, pois a legislação brasileira (Decreto n.56.585 de 20 de julho de 1965) exige um mínimo de peso por dúzia que varia de 540 a 720 gramas por dúzia, de acordo com o grupo (branco ou castanho) e a classe (A, B e C). Por outro lado, no caso de ovos grandes demais, haveria maior pressão nas bandejas inferiores, durante a colheita, com conseqüente maior índice de quebra. Schmidt e Figueiredo (2004) obtiveram correlações genéticas de 0,27 entre peso médio do ovo e relação altura-largura. Entre peso do ovo e densidade as estimativas de correlações genéticas obtidas por esses autores, foram negativas, demonstrando o antagonismo genético existente entre essas duas características.

As correlações genéticas entre relação altura-largura e peso dos ovos nas diferentes idades foram positivas e variaram de $0,35 \pm 0,001$ até $0,63 \pm 0,012$ (Tabela 4), indicando associação genética linear entre as mesmas. As características de qualidade dos ovos (DENS e REL) tiveram correlações genéticas negativas e próximas de zero, indicando que há pouca associação genética linear entre as mesmas e que a magnitude da relação genética linear entre ambas é negativa, ou seja, a seleção para aumento de REL pode provocar diminuição da DENS, uma vez que a característica densidade dos ovos é mais influenciada pela idade da ave.

As correlações ambientais entre PC16 e POVO36, IMS e POVO28, IMS e POVO36, IMS e POVO40, IMS e REL40 e REL28 e POVO36 foram de sinais contrários às correlações genéticas e magnitudes que variaram de $-0,35 \pm 0,001$ até $0,92 \pm 0,000$ (Tabela 4), indicando que a interpretação da correlação genética entre estas características deve ser feita com cautela. As correlações fenotípicas (Apêndices 7 e 8) variaram de $-0,05 \pm 0,001$ até $0,70 \pm 0,000$ para as características reprodutivas e de zero até $0,92 \pm 0,000$ para as características de desempenho.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a seleção aplicada sobre a taxa de nascimento seria mais indicada para melhorar a fertilidade e a eclodibilidade dos ovos com base no desempenho das aves. Além disso, a utilização da característica POVO40 poderia melhorar o peso dos ovos ou a uniformidade dos mesmos. Se a seleção for conduzida para reduzir o peso corporal às 16 semanas de idade, resultaria no aumento da idade à maturidade sexual e redução do peso corporal às 60 semanas de idade, peso e relação altura-largura dos ovos nas idades estudadas.

5 REFERÊNCIAS

AKBAS, Y.; ÜNVER, Y.; OGUZ, I.; ALTAN, Ö. Estimation of genetic parameters for clutch traits in laying hens. In WORLD CONGRESS ON GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002. Montpellier, 2002. p. 1-4.

BEAUMONT, C.; MILLET, N.; LEBIHANDUVAL, E.; KIPI, A.; DUPUY, V. Genetic parameters of survival to the different stages of embryonic death in laying hens. **Poultry Science**. v. 76, p. 1193–1196, 1997.

BESBES, B.; DUCROCQ, V.; FOULLEY, J-L.; PROTAIS, M.; TAVERNIER, A.; TIXIER-BOICHARD, M.; BEAUMONT, C. Estimation of genetic parameters of egg production traits of laying hens by restricted maximum likelihood applied to a multiple-trait reduced animal model. **Genetics Selection Evolution**, p. 1-9, 1992.

BROOKS, S.; GELMAN, A. General methods for monitoring convergence of iterative simulations. **Journal of Computational and Graphical Statistics**. v. 6, p. 251-265, 1997.

CAVERO, D.; SCHMUTZ, M.; ICKEN, W.; PREISINGER, R. Improving hatchability in white egg layer strains through breeding. **Lohmann Information**. v. 46, p. 44, 2011.

CUSTÓDIO, R. W. S. Estimativas de repetibilidades e herdabilidades para produção de ovos e pintos com acasalamentos hierárquicos em galinhas para corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n. 5, p. 967-974, 2000.

FARIA, C. U.; MAGNABOSCO, C. U.; BORJAS, A. R.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F. Inferência bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 75-86, 2007.

GARWOOD, V. A.; LOWE, P. C. The effect of age upon fertility and hatchability. **Poultry Science**, v. 61, p. 977-981, 1982.

GELMAN, A.; RUBIN, D. Inference from iterative simulation using multiple sequence. **Statistical Science**. v. 7, p. 457-511, 1992.

GEWEKE, J. **Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments**. Oxford University Press, New York, 1992.

GIANOLA, D.; FOLLEY, J.L. Non linear prediction of latent genetic liability with binary expression: An empirical Bayes approach. In: WORLD CONGRESS OF GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 2., Madri, Espanha, 1982. Proceedings... Madri, v. 7, p. 293-303. 1982.

GIANOLA, D.; FERNANDO, R.L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 217-244, 1986.

GOWE, R.S.; FAIRFULL, R.W.; McMILLAN, I.; SCHMIDT, U. S. A strategy for maintaining fertility and hatchability in a multiple-trait egg stock selection program. **Poultry Science**, v. 72, p. 1433-1448, 1993.

HEILDEBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research**, v. 31, p. 1109-1144, 1983.

INSKO, W. M. JR.; STEELE, D. G.; WHITEMAN, E. T. Reproductive phenomena in aging hens. **Kentucky Agr. Exp. Sta. Bull.** v. 498, p. 1-25, 1949.

MERAT, P. Pleiotropic and associated effects of major genes. **Poultry breeding and genetics**, p. 429-467, 1990.

MISZTAL, I. GIBBS2F90 manual. Disponível em: <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/blupf90.pdf>>. [2004] Acesso em: 18 Mar. 2014.

RAFTERY, A.E.; LEWIS S. How many iterations in the Gibbs sampler? Oxford, 1992. p. 763-773.

ROZEMPOLSKA-RUCIŃSKA, I. Reliability of breeding value estimation of laying hens for hatching characteristics. **Annal. Animal Science**, v. 10, p. 49-55, 2010.

ROZEMPOLSKA-RUCIŃSKA, I.; ZIEBA, G.; LUKASZEWICZ, M.; CIECHONSKA, M.; WITKOWSKI, A.; SLASKA, B. Egg specific gravity in improvement of hatchability in laying hens. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 487, p. 47, 2011.

SABRI, H.M.; WILSON, H. R.; HARMS, R.H; WILCOX, C. J. Genetic parameters for egg and related characteristics of white leghorn hens in a subtropical environment. **Genetics and Molecular Biology**, v.2, n. 22, p. 183–186. 1999.

SALEHINASAB, M.; ZEREHDARAN, S.; ABBASI, M. A.; ALIJANI, S.; HASSANI, S. Genetic Properties of Productive Traits in Iranian Native Fowl: Genetic Relationship between Performance and Egg Quality Traits. **Journal of Agricultural Science Technology**, v. 16, p. 1055-1062, 2014.

SAVEGNAGO, R. P.; BUZANSKAS, M. E.; NUNES, B. N.; RAMOS, S. B.; LEDUR, M. C.; NONES, K.; MUNARI, D. P. Heritabilities and genetic correlations for reproductive traits in an F2 reciprocal cross chicken population. **Genetic Molecular Research**, v. 10, n. 3, p. 1337-1344, 2011 a.

SAVEGNAGO, R. P.; CAETANO, S. L.; RAMOS, S. B.; NASCIEMNTO, G. B.; SCHMIDT, G. S.; LEDUR, M. C.; MUNARI, D. P. Estimates of genetic parameters,

and cluster and principal components analysis of breeding values related to egg production traits in a White Leghorn population. **Poultry. Science.** v. 90, p. 2174–2188, 2011 b.

SCHENKEL, F.S.; SCHAEFFER, L.R.; BOETTCHER, P.J. Comparison between estimation of breeding values and fixed effects using Bayesian and empirical BLUP estimation under selection on parents and missing pedigree information. **Genetic, Selection, Evolution**, v. 34, p. 41-59, 2002.

SCHMIDT, G.S., LEDUR, M.C, FIGUEIREDO, E. A. P. Fatores genéticos e seleção para fertilidade e eclodibilidade em Aves. **Fisiologia da Reprodução em Aves.** 1994.

SCHMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. A. P. Efeito da seleção no primeiro ciclo de postura para produção de ovos sobre o desempenho no segundo ciclo. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 225-229, 2004.

SHADPARVAR, A. A.; ENAYATI, B. Genetic Parameters for Body Weight and Laying Traits in Mazandaran Native Breeder Hens. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 2, n. 3, p. 251-256, 2012.

SMITH, B.J. Bayesian Output Analysis program (BOA) version 1.1 user's manual. 2005. 43p. Available at: <[http://www. public-health.uiowa.edu/boa/BOA.pdf](http://www.public-health.uiowa.edu/boa/BOA.pdf)> Acesso em: 10 Mar. 2013.

SUMMERS, J. D. A importância do peso corporal e da idade de maturidade sexual - Influência dos programas adequados de manejo e alimentação para obtenção de uma poedeira lucrativa. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 1994, **Anais...**São Paulo: APA, p. 127-49.

TEIXEIRA, B. B.; TEIXEIRA, R. B.; SILVA, L. P.; TORRES, R. A. CAETANO, G. C.; EUCLYDES, R. F. Estimação dos componentes de variância para as características de produção e de qualidade de ovos em matrizes de codorna de corte. **Ciência Rural**, v.42, n.4, p.713-717, 2012.

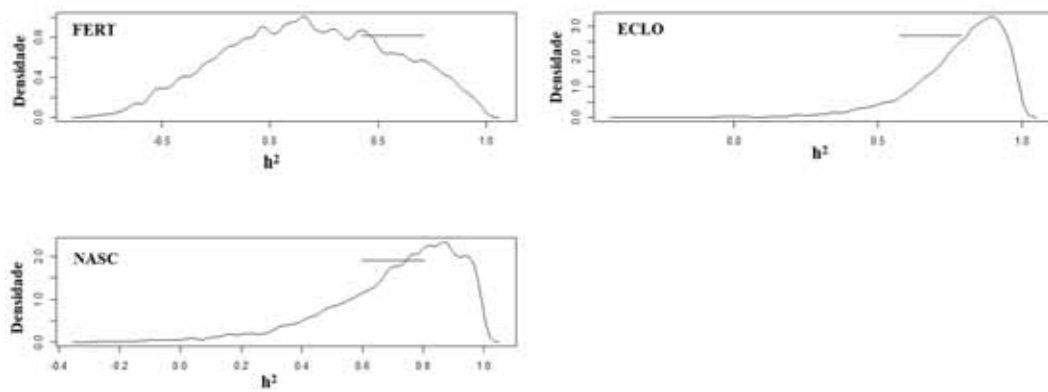
TONGSIRI, S.; JEYARUBAN, M. G.; VAN DER WERF, J. H.; THUMMABOOD, S. Genetic Parameters for Production Traits of Rhode Island Red and White Plymouth Rock Breeds Selected under Tropical Condition in Thailand. In World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 10., 2014. Canadá.

UBA, Protocolo de boas práticas de produção de ovos. 2008. Disponível em: http://www.avisite.com.br/legislacao/anexos/protocolo_de_boas_praticas_de_producao_de_ovos.pdf. Acesso em: 28 outubro 2014.

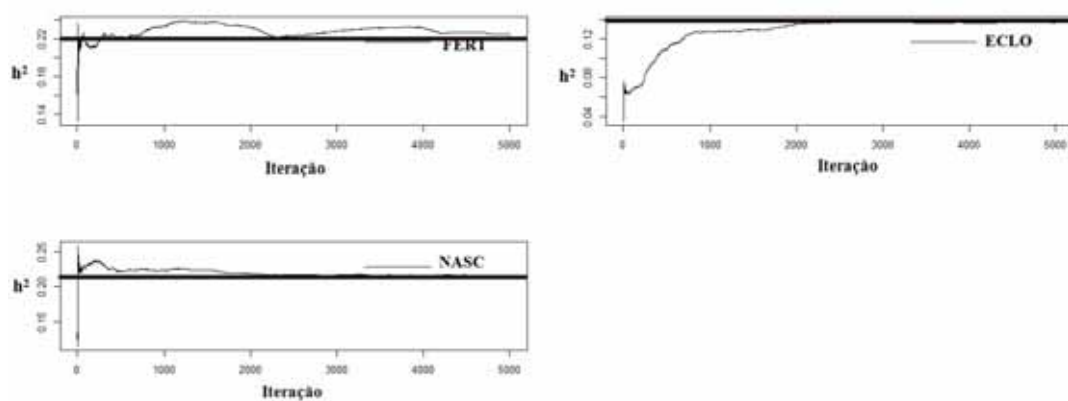
VAN TASSEL, C.P., CASELLA, G., POLLAK, E.J. Effects of selection on estimates of variance components using Gibbs sampling and restricted maximum likelihood. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 678-692, 1995.

WANG, C. S., GIANOLA, D.; SORENSEN, D. A.; JENSEN, J.; CHRSTENSEN, A.; RUTHLETDGE, J.J. Response to Selection for Letter Size in Danish Landrace Pigs: A Bayesian Analysis. **Theor. Appl. Genet**, v. 88, p. 220-230, 1994.

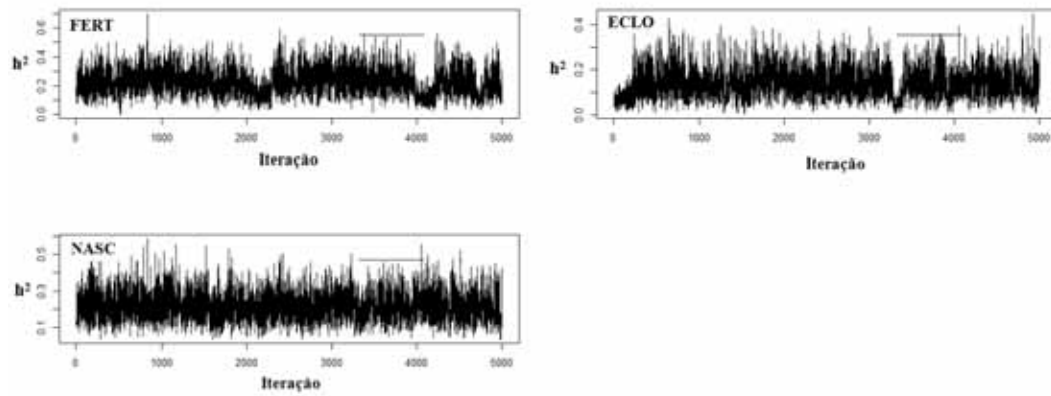
APÊNDICES



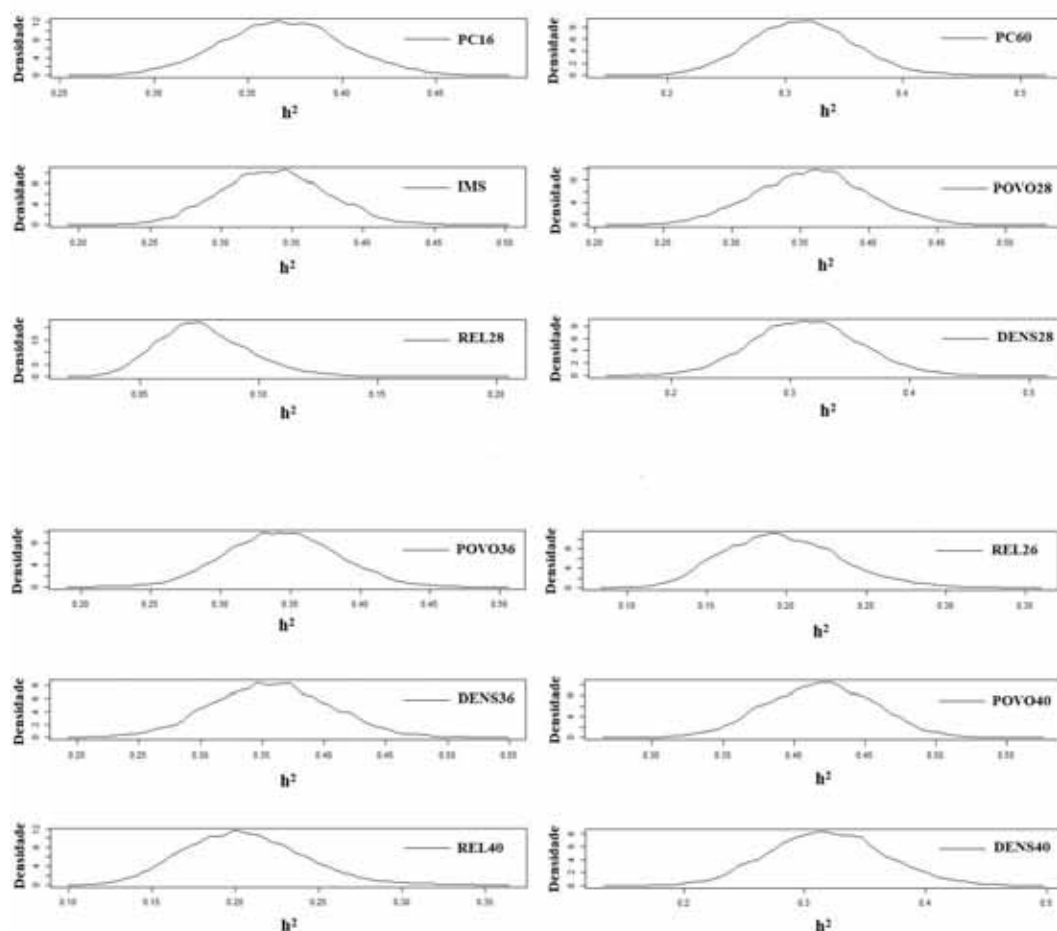
Apêndice 1. Densidades a posteriori das estimativas de herdabilidade (h^2) em análise multicaracterística para fertilidade (FERT), eclodibilidade (ECLO) e nascimento (NASC).



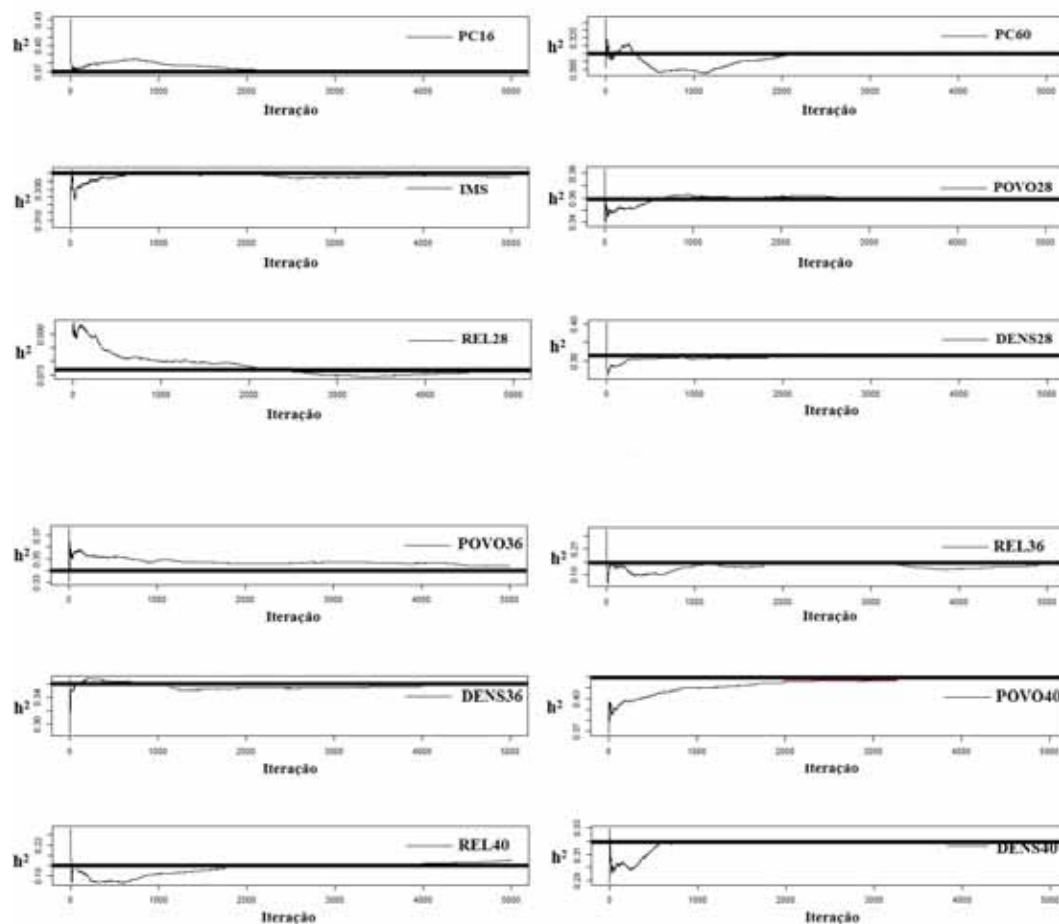
Apêndice 2. Trajetória das cadeias das estimativas de herdabilidade (h^2) em análise multicaracterística para fertilidade (FERT), eclodibilidade (ECLO) e nascimento (NASC).



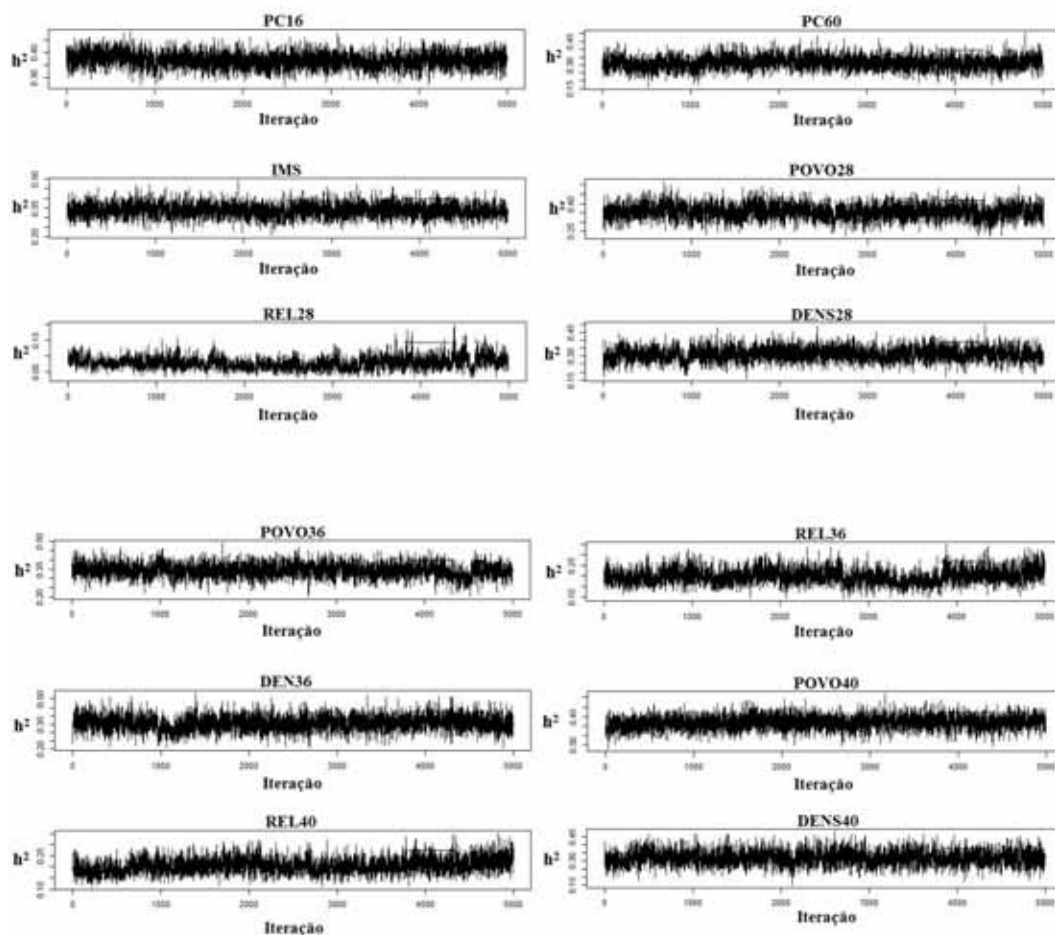
Apêndice 3. Trajetória das cadeias das estimativas de herdabilidade (h^2) em análise multicaracterística para fertilidade (FERT), eclodibilidade (ECLO) e nascimento (NASC).



Apêndice 4. Densidades a posteriori das estimativas de herdabilidade (h^2) em análise multicaracterística para peso corporal às 16 e 60 semanas (PC16 e PC60), idade à maturidade sexual (IMS), relação altura-largura (REL), peso (POVO) e densidade dos ovos (DENS) às 28, 36 e 40 semanas de idade (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 e DENS40, respectivamente).



Apêndice 5. Trajetória das cadeias das estimativas de herdabilidade (h^2) em análise multicaracterística para peso corporal às 16 e 60 semanas (PC16 e PC60), idade à maturidade sexual (IMS), relação altura-largura (REL), peso (POVO) e densidade dos ovos (DENS) às 28, 36 e 40 semanas de idade (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 e DENS40, respectivamente).



Apêndice 6. Trajetória das cadeias das estimativas de herdabilidade (h^2) para em análise multicaracterística para peso corporal às 16 e 60 semanas (PC16 e PC60), idade à maturidade sexual (IMS), relação altura-largura (REL), peso (POVO) e densidade dos ovos (DENS) às 28, 36 e 40 semanas de idade (REL28, REL36, REL40, POVO28, POVO36, POVO40, DENS28, DENS36 e DENS40, respectivamente).

Apêndice 7. Estimativas de correlações fenotípicas e os respectivos erros-padrão de Monte Carlo entre as características reprodutivas obtidas na análise multicaracterística.

	FERT	ECLO	NASC
FERT	-		
ECLO	-0,05±0,001	-	
NASC	0,64±0,000	0,70±0,000	-

FERT = fertilidade; ECLO = eclodibilidade; NASC = taxa de nascimento, medidas as 60 semanas de idade.

Apêndice 8. Estimativas de correlações fenotípicas e os respectivos erros-padrão de Monte Carlo entre as características produtivas obtidas na análise multicaracterística.

	PC16	PC60	IMS	POVO28	REL28	DENS28	POVO36	REL36	DENS36	POVO40	REL40	DENS40
PC16	-											
PC60	0,55±0,000	-										
IMS	-0,11±0,000	0,11±0,000	-									
POVO28	0,39±0,000	0,23±0,000	0,00±0,000	-								
REL28	0,19±0,000	0,13±0,000	0,01±0,000	0,31±0,000	-							
DENS28	-0,10±0,000	0,00±0,000	0,16±0,000	-0,23±0,000	-0,12±0,000	-						
POVO36	0,43±0,000	0,30±0,000	0,05±0,010	0,68±0,000	0,22±0,000	-0,15±0,000	-					
REL36	0,17±0,000	0,08±0,000	0,03±0,000	0,16±0,000	-0,12±0,000	-0,04±0,000	0,00±0,000	-				
DENS36	-0,10±0,000	-0,07±0,000	0,11±0,000	-0,21±0,000	-0,07±0,000	0,48±0,000	-0,23±0,000	0,00±0,000	-			
POVO40	0,50±0,000	0,33±0,000	0,05±0,000	0,70±0,000	0,22±0,000	-0,14±0,000	0,76±0,000	0,18±0,000	-0,20±0,000	-		
REL40	0,17±0,000	0,08±0,000	0,01±0,000	0,15±0,000	0,10±0,000	-0,02±0,000	-0,05±0,000	0,92±0,000	0,02±0,000	0,25±0,000	-	
DENS40	-0,02±0,000	-0,03±0,000	0,11±0,001	-0,14±0,000	-0,03±0,000	0,39±0,000	-0,15±0,000	-0,04±0,000	0,49±0,000	-0,15±0,000	-0,06±0,000	-

PC16 = peso corporal às 16 semanas; PC60 = peso corporal às 60 semanas; IMS = idade à maturidade sexual; POVO28 = peso do ovo às 28 semanas; POVO36 = peso do ovo às 36 semanas; POVO40 = peso do ovo às 40 semanas; REL28 = relação altura-largura às 28 semanas; REL36 = relação altura-largura às 36 semanas; REL40 = relação altura-largura às 40 semanas; DENS28 = densidade do ovo às 28 semanas; DENS36 = densidade do ovo às 36 semanas; DENS40 = densidade do ovo às 40 semanas.*Os erros-padrão de Monte Carlo são correspondentes à valores menores que 10^{-4}