

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Andriele Medianeira Figueiredo

**AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POEDEIRAS UTILIZANDO MODELOS  
DE REGRESSÃO ALEATÓRIA**

Santa Maria, RS  
2019

**Andriele Medianeira Figueiredo**

**AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POEDEIRAS UTILIZANDO MODELOS DE  
REGRESSÃO ALEATÓRIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Nogara Rorato

Santa Maria, RS  
2019

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Figueiredo, Andriele Medianeira  
Avaliação genética de poedeiras utilizando modelos de regressão aleatória / Andriele Medianeira Figueiredo.-  
2019.  
45 f.; 30 cm

Orientador: Paulo Roberto Nogara Rorato  
Coorientadora: Fernanda Cristina Breda Mello  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, RS, 2019

1. Confiabilidade 2. Componentes principais 3. Correlação de posição de Spearman 4. Rhode Island Red 5. Valor genético I. Rorato, Paulo Roberto Nogara II. Mello, Fernanda Cristina Breda III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

©2019

Todos os direitos autorais reservados a Andriele Medianeira Figueiredo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

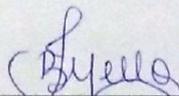
Endereço Eletrônico: andri-figueiredo@hotmail.com

**Andriele Medianeira Figueiredo**

**AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POEDEIRAS UTILIZANDO MODELOS DE  
REGRESSÃO ALEATÓRIA**

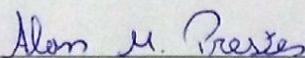
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Zootecnia**.

**Aprovado em 25 de fevereiro de 2019:**



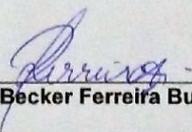
---

**Fernanda Cristina Breda Mello, Drª. (UFSM)**  
(Presidente/Co-orientadora)



---

**Alan Miranda Prestes, Dr. (UNOESC)**



---

**Priscila Becker Ferreira Burdulis, Drª (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

Aos meus pais, Gilmar e Denise, pelo amor, carinho e atenção. Por me oferecerem a oportunidade de estudar e por sempre apoiarem minhas decisões.

Às minhas irmãs, Helen e Lauren, pela amizade, apoio e brincadeiras, tornando a vida mais leve.

Ao meu orientador Paulo Rorato e co-orientadora Fernanda Breda, pelos ensinamentos transmitidos, ajuda, incentivo e oportunidades oferecidas.

Ao Élsio Figueiredo e à EMBRAPA, pela disponibilidade dos dados utilizados neste trabalho.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro com a concessão da bolsa de estudo.

Aos membros da banca, Priscila Burdulis e Alan Prestes, pela disponibilidade em participar e partilhar seus conhecimentos.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela acolhida desde a graduação.

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento Animal, pelo companheirismo, ajuda nos trabalhos desenvolvidos e momentos de descontração.

Muito Obrigada!

## RESUMO

### AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POEDEIRAS UTILIZANDO MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

AUTORA: Andriele Medianeira Figueiredo  
ORIENTADOR: Paulo Roberto Nogara Rorato

O objetivo neste trabalho foi comparar modelos de regressão aleatória, com diferentes ordens de ajuste do polinômio de Legendre e testar diferentes estruturas do arquivo de dados na avaliação genética dos animais de uma linhagem da raça Rhode Island Red. Os registros foram provenientes do Centro Nacional de Pesquisa em Aves e Suínos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQA/EMBRAPA). Foram avaliados registros de produção mensal de 4.211 matrizes, da 22<sup>a</sup> até a 61<sup>a</sup> semana de vida da ave. Para modelar a trajetória da produção de ovos foram utilizados modelos de regressão aleatória, que diferiram na ordem de ajuste dos polinômios de Legendre para os efeitos aleatórios. Adicionalmente, a partir de uma estrutura completa, também foram avaliados seis subarquivos, com diferentes estruturas e quantidades de informações, como segue: estrutura 1 – meses ímpares; estrutura 2 – meses pares; estrutura 3 e 4 – formadas pelos meses que melhor descreveram a curva de produção de ovos (início, pico e persistência); e estruturas 5 e 6 – determinadas por análise de componentes principais, os quais foram selecionados os meses de produção responsáveis por explicar a maior parte da variação genética dos dados. Os critérios estatísticos utilizados para a escolha do modelo e estrutura foram: Informação de Akaike (AIC), Informação Bayesiano de Schwarz (BIC), Logaritmo da Função de Máxima Verossimilhança (LMV), resíduo, confiabilidade e correlações de posição de Spearman. O modelo PL24, com estimativas boas de herdabilidade (0,04 a 0,22) e correlação genética (0,28 a 0,99) foi o modelo que promoveu melhor ajuste para a produção de ovos das aves em estudo. A estrutura quatro (que considerou os meses 2, 3, 4, 5 e 10), apresentou maior confiabilidade com a estrutura completa, indicando que é possível reduzir os dados e fazer uma boa avaliação genética das aves poedeiras de uma linhagem da raça Rhode Island Red.

**Palavras-chave:** Confiabilidade. Componentes principais. Correlação de posição de Spearman. Rhode Island Red. Valor genético.

## ABSTRACT

### GENETIC EVALUATION OF LAYING HENS USING RANDOM REGRESSION MODELS

AUTHOR: Andriele Medianeira Figueiredo  
ADVISOR: Paulo Roberto Nogara Rorato

The objective of this work was to compare random regression models with different orders of adjustment of the Legendre polynomial and to test different structures of the data file in the genetic evaluation of the animals of the Rhode Island Red lineage breed. The records came from the Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves of the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQA/EMBRAPA). Monthly production records of 4,211 matrices were evaluated, from the 22nd to the 61st weeks of bird life. To model the trajectory of egg production, random regression models were used, which differed in the order of adjustment of the Legendre polynomials for the random effects. Additionally, from a complete structure, six sub-files were also evaluated, with different structures and amounts of information, as follow: structure 1 - odd months; structure 2 - even months; structures 3 and 4 - formed by the months that best described the egg production curve (beginning, peak and persistence); and structures 5 and 6 - determined by principal components analysis, which were selected the months of production responsible for explaining most of the genetic variation of the data. The statistical criteria used to choose the model and structure were: Akaike Information (AIC), Bayesian Schwarz Information (BIC), Maximum Likelihood Function Logarithm (LMV), residue, reliability and Spearman's rank correlation. The model PL24, with good estimatives of heritability (0.04 to 0.22) and genetic correlation (0.28 to 0.99) was the model that promoted the best fit for the egg production of the birds under study. The structure four (which considered months 2, 3, 4, 5 and 10) presented greater reliability with the complete structure, indicating that it is possible to reduce the data and make a good genetic evaluation of laying hens of Rhode Island Red lineage breed.

**Key words:** Breeding value. Principal componentes. Reliability. Rhode Island Red. Spearman's rank correlation.

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Cartão de parâmetros para o modelo PL24 para o programa Wombat.....	38
Anexo B – Normas da Revista Ciência Agrônômica.....	39

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Variância genética aditiva, de ambiente permanente, fenotípica e herdabilidades estimadas utilizando os modelos PL24, PL34, PL42 e PL43 para produção de ovos ao decorrer dos meses.....26
- Figura 2 – Correlações genéticas ( $r_g$ ) entre os meses de produção para os modelos de regressão aleatória PL24 e PL34.....27
- Figura 3 – Valores genéticos estimados para machos e fêmeas e fêmeas TOP 10 e 20, selecionados da geração 17 (considerando: EC=estrutura completa; E4=meses 2,3,4,5,10; E3=meses 1,2,5,10).....29

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Descrição das populações de acordo com os meses de produção considerados, número de animais, número de registros e grupo de contemporâneos.....24
- Tabela 2 – Modelos de regressão aleatória e novas estruturas para o modelo PL24, com suas respectivas ordens dos polinômios de Legendre (PL) para o efeito genético aditivo direto ( $K_a$ ), e de ambiente permanente ( $K_c$ ), número de parâmetros (NP), logaritmo da função de verossimilhança (LMV), critério de informação de Akaike (AIC), critério de informação Bayesiano (BIC) e resíduo.....25
- Tabela 3 – Correlação de posicionamento entre a estrutura completa e estruturas reduzidas e confiabilidade média dos valores genéticos considerando os animais da geração 17.....28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC	Critério de Informação de Akaike
BIC	Critério de Informação Bayesiano de Schwarz
CP	Componente Principal
EC	Estrutura completa
E1	Estrutura considerando meses 1,3,5,7,9
E2	Estrutura considerando meses 2,4,6,8,10
E3	Estrutura considerando meses 1,2,5,10
E4	Estrutura considerando meses 2,3,4,5,10
E5	Estrutura considerando meses 3,4,5,6,7,8,9,10
E6	Estrutura considerando meses 1,2,3,4,7,10
EP	Erros-padrão
EPP	Erro Padrão de Previsão
$K_a$	Efeito genético aditivo direto
$K_c$	Efeito de ambiente permanente
LMV	Logaritmo da Função de Máxima Verossimilhança
MRA	Modelos de Regressão Aleatória
PL	Polinômio de Legendre
RIR	Rhode Island Red
VG	Valor Genético

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	13
2.1	OBJETIVO GERAL .....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
3.1	POEDEIRAS DA RAÇA RHODE ISLAND RED.....	14
3.2	PRODUÇÃO DE OVOS .....	14
3.3	REGRESSÃO ALEATÓRIA.....	15
3.4	CONFIABILIDADE (ACURÁCIA).....	16
3.5	PARÂMETROS GENÉTICOS .....	17
<b>3.5.1</b>	<b>Herdabilidade e correlação</b> .....	17
<b>4</b>	<b>ARTIGO – Confiabilidade na avaliação genética utilizando diferentes meses de produção de ovos</b> .....	19
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	33
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34
	<b>ANEXO A – CARTÃO DE PARÂMETROS PARA O MODELO PL24 PARA O PROGRAMA WOMBAT</b> .....	38
	<b>ANEXO B – NORMAS DA REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de aves de postura apresentou grande crescimento ao longo dos anos. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (2018), o Brasil foi recorde histórico na produção de ovos, atingindo a marca de 39,9 bilhões de unidades no ano de 2017 e o consumo de ovos chegou a 192 unidades por habitante/ano. Estes avanços foram possíveis devido as melhorias que vêm sendo obtidas nas áreas de manejo, nutrição e, principalmente do melhoramento genético, que realiza um constante acompanhamento das características de importância econômica de cada linha e de seus cruzamentos, para a partir daí, estabelecer os critérios de seleção e garantir que os plantéis sejam renovados com animais de potencial genético superior geração após geração (BOARETTO, 2009). O valor genético-econômico de um plantel de aves reprodutoras é avaliado em função do peso corporal, da taxa de postura e do tamanho do ovo, além de outras características correlacionadas, como início da postura, que pode ser determinado por inúmeros fatores inter-relacionados, como idade e genética (CRUZ, 2010).

Em produção animal é comum o uso de modelos para a descrição de fenômenos biológicos em animais domésticos, matematicamente, como o crescimento, lactação, produção de ovos, entre outros. Nos programas de melhoramento genético de aves, os modelos matemáticos utilizados para descrever a curva de produção de ovos são de extrema importância, pois, através deles, pode-se analisar o processo produtivo, prever a produção anual de ovos e determinar a idade certa para a seleção de fêmeas.

O modelo animal tradicional de repetibilidade e o multicaracterístico fornecem previsões de valores genéticos para determinados pontos da curva, seja ela de crescimento, lactação ou produção, enquanto que os modelos de regressão aleatória (MRA) permitem essas estimativas para quaisquer pontos da curva (SARMENTO et al., 2008). Segundo Teixeira et al. (2012), os MRA fornecem estimativas pontuais de herdabilidade e permitem obter estimativas de parâmetros genéticos para períodos específicos da curva.

A metodologia dos MRA foi utilizada primeiramente em programas de melhoramento genético de bovinos de leite, para avaliações genéticas considerando a produção de leite no dia do controle. Em aves, os MRA foram utilizados para descrever o crescimento, avaliar a produção de ovos e selecionar os melhores

animais, pois esta metodologia pode ser utilizada na avicultura de postura para prever, de forma mais acurada, o valor genético dos animais e, com base neste identificar e selecionar os melhores para serem utilizados como reprodutores.

Em aves de postura, a utilização de diferentes estruturas do arquivo de dados, para avaliar geneticamente os animais consiste em diminuir o número de meses de coleta de informações. Isso significa menor demanda computacional, de tempo e mão-de-obra, diminuindo os custos gerados por esta prática, além de menor exposição dos animais ao estresse causado pelo manejo da coleta, tanto os criados em gaiolas, quanto aqueles criados livres de gaiola (tendência futura para todos os produtores).

O objetivo deste trabalho foi comparar modelos de regressão aleatória, com diferentes ordens de ajuste do polinômio de Legendre; e testar diferentes estruturas do arquivo de dados na avaliação genética dos animais da linhagem da raça Rhode Island Red.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar modelos de regressão aleatória com diferentes ordens do polinômio de Legendre; e avaliar o efeito de estruturas diferentes sobre a predição e a confiabilidade dos valores genéticos para a característica de produção de ovos de poedeiras da raça Rhode Island Red.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Comparar modelos de regressão aleatória com diferentes ordens de ajuste para o efeito genético aditivo e de ambiente permanente e identificar aquele que melhor representa a produção de ovos das poedeiras Rhode Island Red.

b) Testar a partir do modelo de melhor ajuste, novas estruturas modeladas através dos meses que representam todo o período de produção.

c) Predizer os valores genéticos dos animais para a característica produção de ovos através das novas estruturas.

d) Verificar o efeito da nova estrutura em relação à estrutura completa sobre a confiabilidade dos valores genéticos preditos e sobre o ranqueamento dos progenitores da última geração e apenas fêmeas TOP 10 e 20 da geração 17.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 POEDEIRAS DA RAÇA RHODE ISLAND RED

Entre as raças mais utilizadas para a produção de ovos, destaca-se a Rhode Island Red (RIR). As aves desta raça têm origem americana, apresentam o corpo em forma de bloco alongado, a pele amarelada, com plumagem marrom e algumas penas pretas na cauda, no pescoço e nas asas. Produzem ovos de casca marrom e apresentam dupla aptidão, servindo para a produção de ovos e carne. É uma raça bastante utilizada para a produção de híbridos sexáveis pela cor, pois ao realizar acasalamento de machos desta raça (geneticamente “gold” ou não barrado) com fêmeas geneticamente “silver” ou barrada, é possível determinar o sexo dos pintainhos por diferenças de coloração da penugem (KEPLER FILHO, 2000; FIGUEIREDO et al., 2003).

Conforme Figueiredo et al. (2003), poedeiras de ovos de casca marrom estão entre as mais utilizadas e recomendadas para produtores interessados na criação comercial de raças puras e agroecológicas, mas se o interesse for a criação de aves para a produção de ovos, os indicados são os híbridos comerciais de postura que apresentam produção de 330 ovos até as 80 semanas de idade, pesando em média 60 gramas.

#### 3.2 PRODUÇÃO DE OVOS

A produção de ovos é considerada a característica de maior importância para o melhoramento de aves de postura. Ela depende de três fatores principais que devem ser levados em conta como critério de seleção: a idade ao primeiro ovo, a taxa de postura e a persistência de postura (SANTOS et al., 2003). Uma ave inicia sua produção de ovos por volta da 20ª semana de idade (SZYDLOWSKI & SZWACZKOWSKI, 2001), sendo que a idade da ave ao iniciar a produção define a maturidade sexual da poedeira. Segundo Ünver et al. (2002), as aves atingem a maturidade sexual por volta da 18ª a 23ª semanas de idade. O pico de produção é alcançado, em média, às 26 semanas de idade (FIALHO & LEDUR, 1997). Posteriormente a produção decresce lentamente até aproximadamente, a 70ª semana de idade, em função da ocorrência de muda natural das penas, do choco e da persistência de postura.

A produção de ovos pode ser medida em número absoluto ou como porcentagem de ovos produzidos ao longo de um determinado período (ANANG et al. 2002; LUO et al. 2007; VENTURINI et al., 2013). Para a avaliação da produção de ovos de aves de postura por meio de número de ovos, são consideradas apenas as colheitas de ovos realizadas durante cinco dias por semana, pois este período apresenta alta correlação (0,99) com a produção semanal total (WHEAT & LUSH, 1961). Para a avaliação da produção de ovos utiliza-se o período que geralmente compreende o início da maturidade sexual até as 40 semanas de idade (ANANG et al., 2000). Desta forma, é possível selecionar as aves com base no seu desempenho parcial, com o intuito de aumentar a produção total de ovos (VENTURINI et al., 2012). Se a seleção for realizada considerando as produções parciais de ovos, o intervalo de gerações por unidade de tempo poderá ser reduzido até pela metade (SILVA et al., 1984). A produção total de ovos também pode ser avaliada semanalmente, em períodos de 15 dias ou mensais.

### 3.3 REGRESSÃO ALEATÓRIA

Os modelos de regressão aleatória (MRA) foram desenvolvidos para a análise de dados obtidos por sucessivas medições da característica durante a vida de um indivíduo, gerando as chamadas medidas repetidas (ARAÚJO, 2005). O MRA permite obter parâmetros genéticos em qualquer idade dentro do intervalo considerado (SOUSA JÚNIOR et al., 2010), tendo como grande benefício a estimativa de herdabilidade e valores genéticos em idades em que não haja informações dos animais.

Os MRA possibilitam a predição de coeficientes de regressão que representam o comportamento do valor genético aditivo de cada animal na característica avaliada em função do tempo (idade) ou qualquer outra variável contínua. Dessa forma, infinitos valores da variável independente são considerados dentro de um intervalo definido. Assim, o modelo não exige utilização de fatores de ajuste para idades consideradas como padrão e permite uma melhor utilização dos dados disponíveis, já que todas as informações do animal e de seus parentes são utilizadas (SILVA, 2008).

A utilização de MRA requer o uso de uma função para a descrição dos efeitos fixos e aleatórios que atuam sobre as características. Essa função pode ser ortogonal, paramétrica ou de covariância (COBUCI et al., 2004). De acordo com Bonafé et al.

(2011), a maioria dos autores utiliza regressões sobre polinômios de Legendre para a modelagem de dados longitudinais.

Os MRA têm sido utilizados para modelar uma grande variedade de características em diversas espécies (ALBUQUERQUE, 2004), tais como bovinos de leite (quando um MRA foi utilizado pela primeira vez para avaliação genética em melhoramento genético animal, por SCHAEFFER e DEKKERS (1994), para descrever a curva de lactação de registros de produção no dia do controle), além de bovinos de corte, suínos, ovinos, caprinos, aves, bem como no melhoramento genético vegetal.

Como exemplos, Cavalcante-Neto et al. (2011) compararam MRA com diferentes estruturas de variância residual, a fim de se buscar a melhor modelagem para as variâncias associadas à característica tamanho da leitegada ao nascer.

Para avaliar um modelo que promovesse o melhor ajuste para produção de ovos de codornas de corte e estimar as herdabilidades, variâncias e correlações, Teixeira et al. (2011) compararam MRA com diferentes ordens nos polinômios de Legendre; Pacheco et al. (2012) realizaram em uma linha fêmea de frango de corte, um trabalho utilizando esta mesma metodologia. Sousa Júnior et al. (2014) aplicaram MRA para avaliar a influência de diferentes estruturas de dados sobre as estimativas de parâmetros genéticos para a produção de leite no dia do controle. Ferreira et al. (2017) estimaram componentes de (co)variâncias e parâmetros genéticos para peso do nascimento ao sobreano (550 dias de idade), utilizando MRA com diferentes ordens de ajuste para os efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e os de ambiente permanente de animal para bovinos da raça Guzerá; Freitas (2018) comparou estruturas (homogeneidade e heterogeneidade de variâncias) para modelar a variância residual em MRA para determinar o modelo mais apropriado para estudar crescimento e resistência à verminose em ovinos da raça Santa Inês.

### 3.4 CONFIABILIDADE (ACURÁCIA)

A confiabilidade ou acurácia de uma estimativa é uma medida da correlação entre a estimativa e o valor real do parâmetro, ou seja, reflete o quanto o valor estimado está próximo do real. O valor da confiabilidade varia de 0 a 1 (0 a 100%). Quanto mais próximos os valores de 1, maior será a confiança na estimativa. A importância da relação entre a confiabilidade e os programas de melhoramento genético animal surge do fato que as informações do potencial genético dos reprodutores são estimativas (FORMIGONI, 2010).

A confiabilidade não depende somente do número de filhos de um reprodutor que foram medidos, mas, principalmente do número de parentes medidos que esse reprodutor teve. Carneiro et al. (2001), avaliando o efeito da conectividade de dados sobre a acurácia dos testes de progênie e performance, observaram que a baixa conectividade dos dados, principalmente o uso de dados totalmente desconectados, reduziu a acurácia das avaliações genéticas. Carneiro Junior (2009), relata que o mesmo acontece em bovinos, os quais, touros velhos com elevado número de progênies, distribuídas igualmente nos rebanhos, tendem a apresentar alta acurácia em detrimento a touros jovens com reduzido número de filhos. Dessa forma, o valor da acurácia pode mudar à medida que novas informações de produção dos indivíduos são agregadas ao conjunto de dados avaliados.

### 3.5 PARÂMETROS GENÉTICOS

#### 3.5.1 Herdabilidade e correlação

A herdabilidade é a proporção de variância genética sobre a variância fenotípica total, ou seja, a proporção herdável da variabilidade total. Segundo Ledur et al. (1993), as estimativas de herdabilidade e correlação genética entre as características de produção de ovos são as principais ferramentas para se fazer a seleção mais eficiente dos animais e alcançar altos ganhos genéticos na população. Altos valores de herdabilidade indicam que grande parte da variação fenotípica dos indivíduos é decorrente do efeito aditivo dos genes. Ao contrário, baixos valores da herdabilidade indicam que a maior parte da variação de uma característica é influenciada pelas condições ambientais, de manejo e efeito não aditivo dos genes (FALCONER; MACKAY, 1996). O peso do ovo, número de ovos, taxa de postura, idade à maturidade sexual e o peso corporal são características relacionadas à produção de ovos e devem ser levadas em conta nos programas de melhoramento genético devido à grande importância econômica que possuem.

Outro parâmetro importante a ser considerado é a correlação genética entre duas características, que corresponde à correlação entre os efeitos dos genes que as influenciam. Representa a correlação entre os valores genéticos de um indivíduo para as características em consideração. Quando as características se desenvolvem no mesmo sentido, seja aumentando ou diminuindo seus valores, esta correlação será positiva. Quando as características tomarem sentidos opostos, será negativa

(VAYEGO, 2007). A magnitude e o sinal da correlação genética são importantes para analisar como a seleção para uma característica provocará mudanças nas demais. Assim, é muito importante ter o conhecimento da correlação genética quando a seleção de uma característica é dificultada em razão de uma herdabilidade baixa, uma vez que a seleção para uma determinada característica pode causar resposta em uma outra geneticamente correlacionada (VAYEGO, 2007).

Estimativas de herdabilidade e de correlação genética e fenotípica para a característica produção de ovos em aves de postura foram revisadas por Szwaczkowski (2003). O autor observou grande variação nas estimativas, devido estas serem proveniente de várias populações em diferentes períodos e também de metodologias distintas aplicadas nas análises. Wei & Van Der Werf (1993) estudaram três linhas de aves de postura utilizando o método da máxima verossimilhança restrita com modelo animal. Os autores observaram valores de herdabilidade variando de 0,31 a 0,43 para dados não transformados de número de ovos. Ledur et al. (1993) estudaram a produção de ovos entre os períodos de 23 a 40 semanas de idade pelo método dos quadrados mínimos ao trabalharem com duas linhas White Leghorn. Os autores observaram valores de herdabilidade que variaram de  $0,14 \pm 0,06$  a  $0,26 \pm 0,07$ . Estimativas de herdabilidade para taxa de postura em aves White Leghorn foram revisadas por Munari et al., (1992). Os autores verificaram média de estimativas para períodos totais de produção de  $0,24 \pm 0,05$  e para período parcial de  $0,25 \pm 0,16$ . A variabilidade das estimativas dos parâmetros genéticos é bastante grande quando se avalia a produção parcial de ovos. Geralmente, são encontrados valores baixos de correlação genética entre os meses de produção de ovos (ANANG et al., 2000). Estes autores concluíram em seus estudos que o primeiro mês de produção de ovos apresenta alta estimativa de herdabilidade. Porém, a seleção baseada no primeiro mês de produção para melhorar a produção total de ovos não seria muito eficiente, devido à baixa correlação genética entre o primeiro mês e as produções seguintes.



26 structure (10 months), six sub-files were analyzed, which differed in relation to the months of  
27 egg production considered in the analysis, as follow: 1 - odd months; 2 - even months; 3 and 4  
28 - months that best described the egg production curve (beginning, peak and persistence); and 5  
29 and 6 – months determined by principal components analysis. The statistical criteria used to  
30 choose the model and structure were: Akaike Information (AIC), Bayesian Schwarz  
31 Information (BIC), Maximum Likelihood Function Logarithm (LMV), residue, reliability and  
32 Spearman's rank correlation. The model PL24, with good estimatives of heritability (0.04 to  
33 0.22) and genetic correlation (0.28 to 0.99) was the model that promoted the best fit for the egg  
34 production of the birds under study. The structure four (which considered months 2, 3, 4, 5 and  
35 10) presented greater reliability with the complete structure, indicating that it is possible to  
36 reduce the data and make a good genetic evaluation of laying hens of Rhode Island Red lineage  
37 breed.

38 **Key words:** Accuracy. Breeding value. Principal components. Random regression. Spearman's  
39 rank correlation.

40

41

## INTRODUÇÃO

42 A produção de aves de postura apresentou grande crescimento ao longo dos anos.  
43 Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (2018), o Brasil foi recorde histórico na  
44 produção de ovos, atingindo a marca de 39,9 bilhões de unidades em 2017 e o consumo de ovos  
45 alcançou 192 unidades habitante/ano. Estes avanços foram possíveis devido as melhorias que  
46 vêm sendo obtidas nas áreas de manejo, nutrição e, principalmente do melhoramento genético,  
47 que realiza um constante acompanhamento das características de importância econômica de  
48 cada linha e de seus cruzamentos, para a partir daí, estabelecer os critérios de seleção e garantir  
49 que os plantéis sejam renovados com animais de potencial genético superior geração após  
50 geração (BOARETTO, 2009).

51 A produção de ovos é uma das características considerada de maior importância  
52 econômica nos programas de melhoramento genético de aves de postura. Para a avaliação dessa  
53 característica, que se expressa no indivíduo ao longo do tempo, têm-se utilizado os modelos de  
54 regressão aleatória – MRA (SILVA et al., 2008). Os modelos animais tradicionais de  
55 repetibilidade e multicaracterístico fornecem parâmetros genéticos para determinados pontos  
56 da curva, seja ela de crescimento, lactação ou produção, enquanto os MRA permitem essas  
57 estimativas em qualquer ponto da curva (SARMENTO et al., 2008), mesmo em idades em que  
58 não haja informações dos animais (SOUSA JÚNIOR et al., 2010).

59 Em registros de produção longitudinais, a utilização de períodos predeterminados que  
60 representem a curva produtiva, ao invés do uso da produção semanal, quinzenal ou ainda  
61 mensal, para avaliar geneticamente os animais, é tendência quando se fala em menor demanda  
62 computacional, custos com mão de obra, erros na digitação dos dados e estresse causado pelo  
63 manejo da coleta, tanto em aves (objeto do estudo) como em outras espécies.

64 Quando se trata de avaliação genética e medida de confiabilidade é utilizada a acurácia.  
65 A acurácia de predição do valor genético é uma medida da confiabilidade da avaliação, dada  
66 pela correlação entre o valor genético aditivo verdadeiro e o predito. Quanto mais acurado for  
67 o valor genético predito, maior a probabilidade de que os animais selecionados para genitores  
68 sejam realmente os indivíduos geneticamente superiores (CARNEIRO JÚNIOR, 2009). O valor  
69 de confiabilidade depende da quantidade de informações usadas para avaliar o animal,  
70 incluindo dados do próprio indivíduo, de suas filhas e de outros parentes, e da distribuição  
71 dessas informações em diversos ambientes ou rebanhos.

72 Objetivou-se neste trabalho comparar modelos de regressão aleatória, com diferentes  
73 ordens de ajuste do polinômio de Legendre; e testar diferentes estruturas do arquivo de dados  
74 na avaliação genética dos animais de uma linhagem da raça Rhode Island Red.

75

## MATERIAL E MÉTODOS

76 O banco de dados inicial constituía-se de 7.557 aves, provenientes do Programa de  
77 Melhoramento Genético de aves de postura fornecido pelo Centro Nacional de Pesquisa de  
78 Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPISA – EMBRAPA).

79 Na editoração dos dados, as produções de ovos foram consideradas em 10 classes  
80 mensais, como segue: classe 1 - 22ª a 25ª; classe 2 - 26ª a 29ª e assim, sucessivamente, até a  
81 classe 10 - 58ª a 61ª semana de idade; foram formados grupos de contemporâneos (GC),  
82 reunindo animais de mesma geração e mês de controle; foram excluídos os registros de  
83 produção de aves com menos do que 10 controles produtivos, bem como as produções fora do  
84 intervalo de mais ou menos 3,5 desvios-padrões, dentro do grupo de contemporâneos (140 GC).  
85 Após estas restrições, restaram as informações de produção de ovos de 4.211 matrizes da  
86 linhagem MM da raça Rhode Island Red pertencentes a 14 gerações diferentes (G5 a G18),  
87 filhas de 1.498 mães e 336 pais, coletadas entre os anos de 1998 e 2013.

88 A produção mensal de ovos foi analisada por meio de um modelo animal,  
89 unicaracterístico, em regressão aleatória, considerando como efeito fixo o grupo de  
90 contemporâneos. Considerou-se também uma curva média da produção de ovos (fixa), sendo  
91 esta modelada por polinômios ortogonais de Legendre de ordem quatro.

92 O modelo geral utilizado pode ser descrito na forma matricial da seguinte maneira:

$$93 \quad \mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wc} + \boldsymbol{\varepsilon},$$

94 em que:  $\mathbf{y}$  é o vetor das  $N$  observações, medidas em  $N_d$  animais;  $\mathbf{b}$  é o vetor de efeitos fixos;  $\mathbf{a}$   
95 é o vetor de coeficientes de regressão aleatória genético aditivo;  $\mathbf{c}$  é o vetor dos coeficientes de  
96 regressão aleatória de ambiente permanente;  $\boldsymbol{\varepsilon}$  é o vetor de efeito aleatório residual;  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Z}$  e  $\mathbf{W}$   
97 são as matrizes de incidência para os efeitos fixos, aleatório genético aditivo e de ambiente  
98 permanente, respectivamente, para os quais assumem-se:

$$99 \quad E \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{c} \\ \boldsymbol{\varepsilon} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Xb} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \text{ e } V(\mathbf{a}) = K_a \otimes A; V(\mathbf{c}) = K_c \otimes I_{N_d}; V(\boldsymbol{\varepsilon}) = R,$$

100 sendo,  $K_a$  e  $K_c$  as matrizes de (co)variâncias entre os coeficientes de regressão aleatória genético  
 101 aditivo e de ambiente permanente, respectivamente;  $A$  a matriz dos numeradores dos  
 102 coeficientes de parentesco entre animais;  $I_{Nd}$  é a matriz identidade de dimensão  $N_d$ ;  $\otimes$  é o  
 103 operador de produto direto entre matrizes; e  $R$  é uma matriz diagonal de variâncias residuais.  
 104 As análises foram processadas para oito diferentes modelos de regressão aleatória, os quais  
 105 divergiram na ordem de ajuste de  $K_a$  e  $K_c$ , que foram iguais a dois, três ou quatro (tabela 2).  
 106 Para todos os modelos a variância residual foi considerada homogênea.

107 Após a identificação do modelo de melhor ajuste, a partir da população com estrutura  
 108 completa (EC – 10 meses de produção), foram gerados seis subarquivos diferindo em relação a  
 109 estrutura (meses considerados) e quantidade de informações (Tabela 1), com segue: estrutura 1  
 110 (E1) = meses ímpares; estrutura 2 (E2) = meses pares; estruturas 3 e 4 (E3 e E4) = meses que  
 111 descrevem o formato da curva de produção de ovos (início, pico e persistência); estruturas 5 e  
 112 6 (E5 e E6) = meses de produção responsáveis por explicar a maior parte da variação genética  
 113 dos dados, determinados por análise de componentes principais (CP). Para a análise de CP  
 114 foram utilizados os valores genéticos dos animais, obtidos por meio de análise uni-característica  
 115 para cada mês do controle; e os meses selecionados na E5 foram aqueles com correlação  
 116 superior a 0,80 com os componentes principais 1 (CP1) e/ou 2 (CP2) e os meses selecionados  
 117 na E6 foram aqueles com maior correlação com os quatro últimos componentes principais.

118 Para todas as estruturas foram preditos os valores genéticos dos animais e a confiabilidade  
 119 desta predição. O valor genético (VGs) de animais  $i$  no mês  $t$  foi calculado como segue:  $VG_{it} =$   
 120  $\mathbf{z}'_t \hat{\alpha}_i = \sum_{j=0}^{k_a-1} \alpha_{ij} \phi_j(DIM_t)$ , sendo  $\hat{\alpha}_i$  um vetor ( $k_a \times 1$ ) das estimativas dos coeficientes de  
 121 regressão aleatória genéticos aditivos do animal  $i$ , e  $\mathbf{z}_t$  é um ( $k_a \times 1$ ) vetor de coeficientes de  
 122 polinômios de Legendre referentes ao mês  $t$ ,  $DIM_t$  é o  $t$ -ésimo mês de produção de ovos  
 123 padronizado.

124 Tabela 1 - Descrição das populações de acordo com os meses de produção considerados,  
 125 número de animais, número de registros e grupo de contemporâneos

<b>Estruturas</b>	<b>Meses de produção</b>	<b>Nº de animais</b>	<b>Nº de registros</b>	<b>Nº de GC**</b>
EC*	1 ao 10	4.211	42.110	140
E1	1,3,5,7,9	4.211	21.055	70
E2	2,4,6,8,10	4.211	21.055	70
E3	1,2,5,10	4.211	16.884	56
E4	2,3,4,5,10	4.211	21.055	70
E5	3,4,5,6,7,8,9,10	4.211	33.688	112
E6	1,2,3,4,7,10	4.211	25.266	84

126 \*EC=Estrutura completa, ou seja, com os dez meses de produção de ovos; \*\*GC = grupos de  
 127 contemporâneos.

128  
 129 O erro padrão de previsão (EPP) é a raiz quadrada da variância do erro de predição. Todos  
 130 os valores de confiabilidade foram derivados de erros-padrão (EP) dos valores genéticos, como  
 131 segue:  $r^2 = 1 - (EP^2/\sigma_a^2)$ , em que  $\sigma_a^2$  é a variância genética aditiva para a característica e  $r^2$   
 132 é a correlação entre o valor genético verdadeiro e o estimado (MISZTAL; WIGGANS, 1988).

133 Os componentes de (co)variâncias foram estimados pelo método da máxima  
 134 verossimilhança restrita (REML) por meio do programa Wombat (MEYER, 2007) apresentado  
 135 no anexo A. A definição do melhor modelo de regressão aleatória e estrutura dos dados foi feita  
 136 com base nos critérios estatísticos: Logaritmo da Função de Máxima Verossimilhança (LMV);  
 137 Critério de Informação de Akaike:  $AIC = -2LMV + 2p$  (AKAIKE, 1974); Critério de Informação  
 138 Bayesiano de Schwarz:  $BIC = -2LMV + pLMV(N-r)$  (SCHWARZ, 1978), em que  $p$  é o número  
 139 de parâmetros no modelo;  $N$  é o número de observações,  $r$  é o posto da matriz de incidência  
 140 para os efeitos fixos.

141 Foram calculadas as correlações de posição de Spearman entre os VGs dos animais  
 142 preditos pela adoção de diferentes estruturas da população, considerando as seguintes situações:

143 1) progenitores da última geração (machos e fêmeas); 2) apenas fêmeas TOP 10 e 20 da geração

144 17.

145

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

146 Os modelos PL43, PL34, PL42 e PL24 foram os apontados como os mais adequados  
 147 pelos critérios estatísticos (Tabela 2). As variâncias genéticas e de ambiente permanente  
 148 estimadas pelos quatro modelos divergiram nos dois primeiros meses, com altas estimativas  
 149 observadas para o PL43 e PL42 (Figura 1A e 1B), resultando, em valores de herdabilidades  
 150 muito elevados (Figura 1D) o que não é o esperado para a característica em questão, sugerindo  
 151 problema de modelagem.

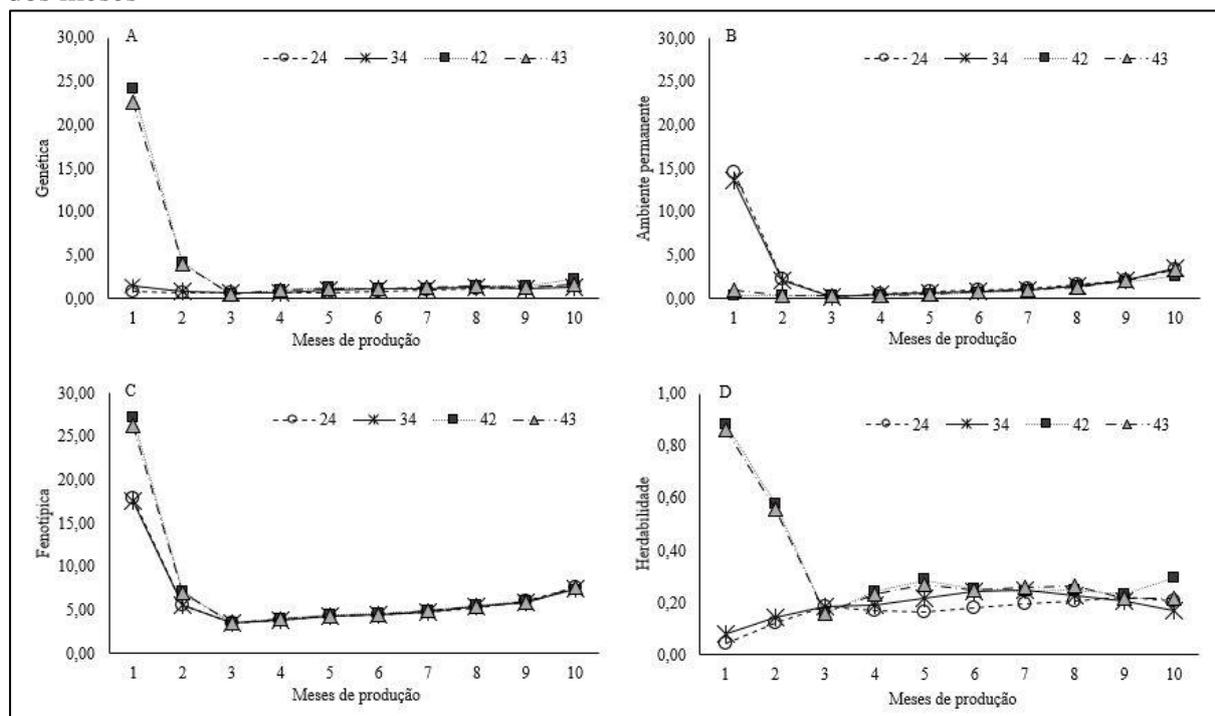
152 Tabela 2 - Modelos de regressão aleatória e novas estruturas para o modelo PL24, com suas  
 153 respectivas ordens dos polinômios de Legendre (PL) para o efeito genético aditivo direto ( $K_a$ ),  
 154 e de ambiente permanente ( $K_c$ ), número de parâmetros (NP), logaritmo da função de  
 155 verossimilhança (LMV), critério de informação de Akaike (AIC), critério de informação  
 156 Bayesiano de Schwarz (BIC) e resíduo.

<b>Diferentes modelos com estrutura completa (EC)*</b>							
<b>Modelo</b>	<b>Ka</b>	<b>Kc</b>	<b>NP</b>	<b>LMV</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>	<b>Resíduo</b>
<b>PL22</b>	2	2	7	-55674	111362	111424	3,99
<b>PL23</b>	2	3	10	-53585	107190	107276	3,21
<b>PL24</b>	2	4	14	-51298	102624	102746	2,62
<b>PL32</b>	3	2	10	-53534	107088	107174	3,23
<b>PL33</b>	3	3	13	-53443	106912	107024	3,21
<b>PL34</b>	3	4	17	-51245	102524	102672	2,62
<b>PL42</b>	4	2	14	-51296	102620	102740	2,66
<b>PL43</b>	4	3	17	-51232	102498	102646	2,62
<b>Estruturas reduzidas considerando o modelo PL24**</b>							
<b>E1</b>	2	4	14	-27561	55150	55260	2,21
<b>E2</b>	2	4	14	-23812	47652	47764	2,22
<b>E3</b>	2	4	14	-23714	47456	47564	2,15
<b>E4</b>	2	4	14	-22201	44430	44542	1,48
<b>E5</b>	2	4	14	-36249	72526	72644	2,11
<b>E6</b>	2	4	14	-33159	66346	66460	2,74

157 \*EC = produção mensal de todo o período produtivo (10 meses); \*\*E1 = meses ímpares; E2 =  
 158 meses pares; E3 = meses 1,2,5,10; E4 = meses 2,3,4,5,10; E5 = CP1 (meses 3 ao 10) e E6 =  
 159 CP2 (meses 1,2,3,4,7,10).

160 Os modelos PL34 e PL24 foram similares em estimar as variâncias genéticas (0,64 a 1,58)  
 161 e de ambiente permanente (0,23 a 14,54). As estimativas das variâncias genéticas foram  
 162 constantes ao longo do período; já as de ambiente permanente foram altas no primeiro mês  
 163 (14,54), decrescendo em seguida, com um leve aumento a partir do 8º mês. Resultados  
 164 semelhantes foram obtidos por Teixeira et al. (2013a) e Pacheco et al. (2012) para produção de  
 165 ovos em aves de corte.

166 Figura 1 - Variância genética aditiva, de ambiente permanente, fenotípica e herdabilidades  
 167 estimadas utilizando os modelos PL24, PL34, PL42 e PL43 para produção de ovos ao decorrer  
 168 dos meses



169

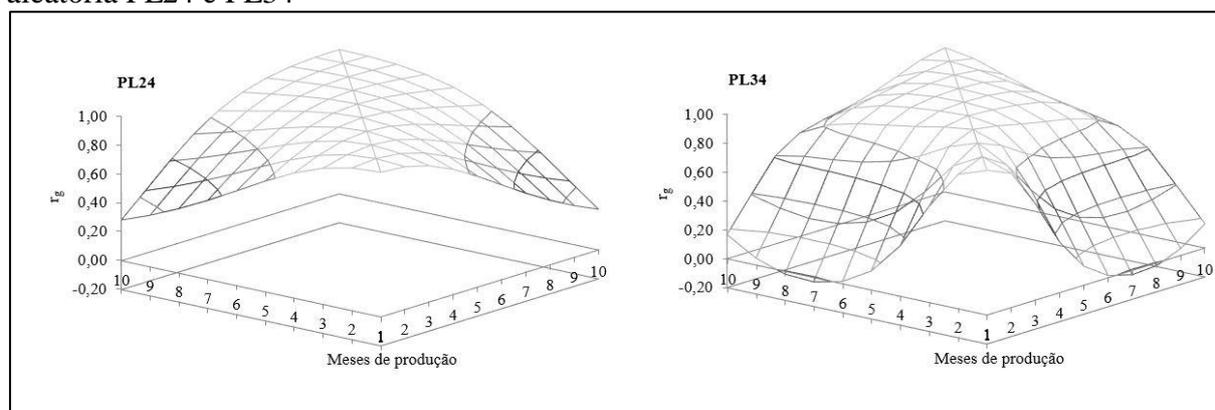
170 As herdabilidades estimadas pelos modelos PL24 e PL34 foram próximas e de baixa  
 171 magnitude, com comportamento convexo, variando de 0,04 a 0,22 para o PL24 e de 0,08 a 0,25  
 172 para o PL34, sendo as maiores diferenças observadas entre os meses quatro e oito. Estes valores  
 173 corroboram com Teixeira et al. (2013a, 2013b), Ribeiro et al. (2012) e Venturini et al. (2012).  
 174 A característica produção de ovos, geralmente, apresenta valores de herdabilidades de baixos a  
 175 moderados, indicando que grande parte da variação observada na característica, é causada por  
 176 variações no ambiente (Teixeira et al., 2012). Estimativas de herdabilidades mais baixas no  
 177 início da curva devem-se ao fato de ser o período inicial de produção da ave, em que ela precisa  
 178 se recuperar do estresse do transporte e troca de galpão (adaptação ao novo ambiente), portanto  
 179 cuidados com relação a nutrição, temperatura, lotação, estresse, programas de iluminação são  
 180 importantes para a manutenção de altas produtividades.

181 Possivelmente, o melhor ajuste do PL34 e PL24 quando comparado aos PL42 e PL43  
 182 possa ser explicado pela maior ordem de ajuste para o efeito de ambiente permanente, visto que

183 maiores ordens de ajuste para esse efeito proporcionaram melhores resultados (SILVA et al.,  
184 2013; TEIXEIRA et al., 2012).

185 As estimativas das correlações genéticas diminuíram à medida que aumentou a distância  
186 entre os controles apenas para o PL24, variando de 0,28 a 0,99. Para o PL34, problemas  
187 ocorreram entre os meses iniciais e finais, não sendo sempre menores com o distanciamento  
188 dos controles e com estimativas negativas, variando de -0,03 e 0,99 (Figura 2). Observa-se que  
189 para o modelo com ordem polinomial para efeito genético aditivo igual a três, ocorreram  
190 correlações genéticas negativas entre o início e o final da produção de ovos, onde a superfície  
191 mostrou oscilações para esta estimativa, quando o desejável seriam superfícies mais planas sem  
192 grandes oscilações, assim como relataram Meyer (1998), El Faro et al. (2008) e Sousa Júnior  
193 et al. (2014).

194 Figura 2 – Correlações genéticas ( $r_g$ ) entre os meses de produção para os modelos de regressão  
195 aleatória PL24 e PL34



196 Para a comparação das diferentes estruturas do arquivo de dados, utilizou-se o modelo  
197 PL24. Os critérios estatísticos de escolha de modelos apontaram a Estrutura 4 (E4), seguida da  
198 E3 como as de melhor ajuste (Tabela 2). Essas estruturas foram às desenvolvidas considerando  
199 o comportamento da curva de produção, onde a E3 considerou o início da postura (mês 1),  
200 início do pico (mês 2), declínio do pico (mês 5) e o último mês de produção (mês 10); e a E4  
201 considerou o período de início do pico, pico e declínio (meses 2, 3, 4 e 5) e o último mês de  
202 produção (mês 10).  
203

204 Ao considerar apenas os valores genéticos de machos e fêmeas selecionados da geração  
 205 17 e comparar as E3 e E4 com a Estrutura completa (EC), por meio da correlação de  
 206 posicionamento de Spearman, observaram-se que as estimativas foram superiores a 0,89, sendo  
 207 os maiores valores observados entre E3 e EC (0,99 e 0,96), todavia a confiabilidade da E4 foi  
 208 maior (Tabela 3).

209 Tabela 3 - Correlação de posicionamento entre a estrutura completa e estruturas reduzidas e  
 210 confiabilidade média dos valores genéticos considerando os animais da geração 17

<b>Machos e fêmeas selecionados da geração 17 (pais da geração 18)</b>				
	<i>Correlação de Posicionamento</i>		<i>Confiabilidade</i>	
	Machos (n=25)*	Fêmeas (n=112)*	Machos	Fêmeas
<b>EC</b>	1,00	1,00	0,66	0,67
<b>E3</b>	0,99	0,96	0,55	0,54
<b>E4</b>	0,97	0,89	0,60	0,59

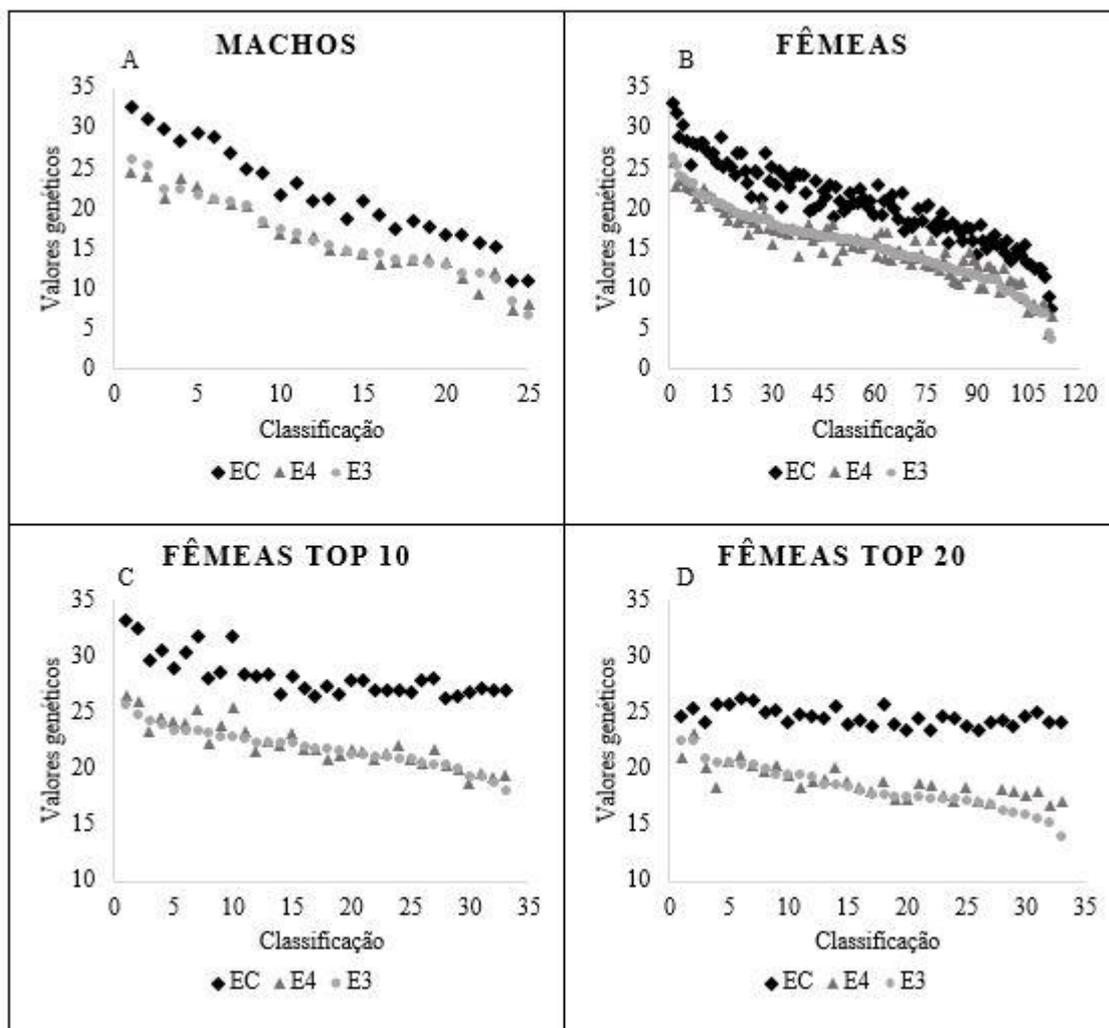
<b>Fêmeas da Geração 17 (327)*</b>				
	<i>Correlação de Posicionamento</i>		<i>Confiabilidade</i>	
	TOP 10 (n=33)*	TOP 20 (n=33)*	TOP 10	TOP 20
<b>EC</b>	1,00	1,00	0,65	0,66
<b>E3</b>	0,79	0,54	0,52	0,53
<b>E4</b>	0,82	0,60	0,58	0,58

211 \*Número de animais dentro de cada classe; EC = estrutura completa (PL24); E3 = meses  
 212 1,2,5,10; E4 = meses 2,3,4,5,10.

213  
 214 As altas estimativas de correlação de posicionamento sugerem que praticamente os mesmos  
 215 animais seriam selecionados se considerássemos a Estrutura completa ou as reduzidas (E3 e  
 216 E4), como pode-se confirmar na Figura 3 (A e B), em que observou-se pouca disparidade entre  
 217 os valores preditos para as diferentes estruturas.

218 Ao avaliar as fêmeas TOP 10 e 20, da geração 17, as correlações foram menores e a E4  
 219 resultou em maiores correlações de posicionamento (0,82 e 0,60, respectivamente) e  
 220 confiabilidade (0,58). Nota-se nas Figuras 3C e 3D que os valores genéticos preditos por EC,  
 221 E3 e E4, de uma forma suave, a partir da 15ª colocação tenderam a se distanciar e, também,  
 222 verificou-se maior ocorrência de oscilações no valor genético predito para animais em  
 223 colocações próximas, quando comparado as Figuras 3A e 3B.

224 Figura 3 – Valores genéticos estimados para machos e fêmeas e fêmeas TOP 10 e 20,  
 225 selecionados da geração 17 (considerando: EC=estrutura completa; E4=meses 2,3,4,5,10;  
 226 E3=meses 1,2,5,10)



227  
 228 As estimativas de confiabilidade apresentadas na Tabela 3, para as diversas situações,  
 229 variaram de 0,52 a 0,67, não sendo consideradas altas, quando se pensa em seleção de animais  
 230 geneticamente superiores. As moderadas estimativas de confiabilidade, nesta população,  
 231 podem ser explicadas pela ausência de sobreposição de gerações, o fato de todas as aves terem  
 232 sido criadas em um mesmo ambiente e o baixo número de filhos por reprodutor. Carneiro et al.  
 233 (2001) afirmaram que a baixa conectividade dos dados, principalmente o uso de dados totalmente  
 234 desconectados, reduziu a acurácia das avaliações genéticas. Carneiro Júnior (2009) relatou que  
 235 touros velhos com elevado número de progênes, igualmente distribuídas nos rebanhos, tendem  
 236 a apresentar alta acurácia em detrimento a touros jovens com reduzido número de filhos.

## CONCLUSÕES

237

238 1. O modelo de regressão aleatória com uma função polinomial de Legendre de ordem  
239 dois para o efeito aleatório genético aditivo direto e de ordem quatro para o efeito aleatório de  
240 ambiente permanente do animal promoveu melhor ajuste para a produção de ovos das aves  
241 poedeiras de uma linhagem da raça Rhode Island Red, sendo, portanto, adequado para ser  
242 utilizado em programas de avaliação genética.

243 2. A estrutura considerando os meses de postura 2, 3, 4, 5 e 10 (E4) apresentou maior  
244 confiabilidade, ou seja, foi a que se aproximou mais da estrutura completa, indicando que é  
245 possível reduzir os dados e fazer uma boa avaliação genética das aves poedeiras de uma  
246 linhagem da raça Rhode Island Red, com aplicabilidade em outras espécies, sendo importante  
247 o estudo da curva de produção.

248

## AGRADECIMENTOS

249 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela  
250 concessão de bolsa de Mestrado ao primeiro autor.

251

## REFERÊNCIAS

252 AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on**  
253 **Automatic Control**, v. 19, n. 6, 716–723, 1974.

254 ALBUQUERQUE, L. G. Regressão aleatória: nova tecnologia pode melhorar a qualidade das  
255 avaliações genéticas. **V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**.  
256 Pirassununga, SP, 2004.

257 ARAÚJO, C. V. et al. Uso de modelos de regressão aleatória para descrever a variação genética  
258 da produção de leite na raça Holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p.975-  
259 981, 2006.

260 BONAFÉ, C. M. et al. Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento  
261 de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p.765-771, 2011.

- 262 CARNEIRO, A. P. S. et al. Efeito da Conexidade de Dados sobre a Acurácia dos Testes de  
263 Progenie e Performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p.342-347, 2001.
- 264 CARNEIRO JÚNIOR, J. M. Melhoramento Genético Animal. In: GONÇALVES, R. C.;  
265 OLIVEIRA, L. C. de (Ed.). **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento**  
266 **sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. cap. 11, p. 197-  
267 208.
- 268 COBUCI, J. A. et al. Estimativas de herdabilidade para produção de leite no dia de controle de  
269 vacas da raça holandesa utilizando regressão aleatória. In: V Simpósio da Sociedade Brasileira  
270 de Melhoramento Animal, 2004, Pirassununga: **Anais ... Pirassununga**, 2004.
- 271 EL FARO, L.; CARDOSO, V. L.; ALBUQUERQUE, L. G. Variance component estimates  
272 applying random regression models for test-day milk yield in Caracu heifers (*Bos taurus*  
273 *Artiodactyla*, Bovidae). **Genetics Molecular Biology**, v. 31, n. 3, p. 665-673, 2008.
- 274 MEYER, K. Estimating covariance functions for longitudinal data using a random regression  
275 model. **Genetics Selection Evolution**, v. 30, p.221-240, 1998.
- 276 MEYER, K. WOMBAT A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted  
277 maximum likelihood (REML). **Journal of Zhe Jiang University SCIENCE B**, v.8, n.11,  
278 p.815-821, 2007.
- 279 MISZTAL, I.; WIGGANS, G. R. Approximation of prediction error variance in largescale  
280 animal models. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 27-32, 1988.
- 281 PACHECO, R. O. et al. Avaliação da produção de ovos em uma linha de frango de corte  
282 utilizando modelos de regressão aleatória. **IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**.  
283 João Pessoa, PB, 2012.
- 284 RIBEIRO, J. C. et al. Genetic evaluation for egg mass in partial periods and complete period in  
285 meat quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1158-1162, 2012.

- 286 SARMENTO, J. L. R. et al. Comparação de modelos de regressão aleatória para estimação de  
287 parâmetros genéticos em caprinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 1788-  
288 1796, 2008.
- 289 SCHWARZ, G. Estimating the Dimension of a Model. **Annals of Statistics**, v. 6, p. 461–464,  
290 1978.
- 291 SILVA, L. P. et al. Evaluation of alternative schemes for recording body weights in meat-type  
292 quais by using random regression. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 1533-1539.  
293 2013.
- 294 SILVA, M. A. et al. **Modelos lineares aplicados ao melhoramento genético animal**.  
295 FEPMVZ Editora. Escola de Veterinária da UFMG. 375p, 2008.
- 296 SOUSA JÚNIOR, S. C. D. et al. Estimação de funções de covariância para características de  
297 crescimento da raça Tabapuã utilizando modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de**  
298 **Zootecnia**, p. 1037-1045, 2010.
- 299 SOUSA JÚNIOR, S. V. et al. Aplicação de modelos de regressão aleatória utilizando diferentes  
300 estruturas de dados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2058-2063, 2014.
- 301 TEIXEIRA, B.B. et al. Modelos de regressão aleatória para avaliação da curva de crescimento  
302 em matrizes de codorna de corte. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1641-1647, 2012.
- 303 TEIXEIRA, B.B. et al. Modelos de regressão aleatória na seleção de codornas de corte para  
304 produção de ovos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 791-796, 2013a.
- 305 TEIXEIRA, B.B. et al. Utilização de dados parciais na seleção de codornas de corte para  
306 produção de ovos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 559-563, 2013b.
- 307 VENTURINI, G. C. et al. Estimation of genetic parameters for partial egg production periods  
308 by means of random regression models. **Genetic Molecular Research**., v. 11, n. 3, p. 1819-  
309 1829, 2012.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostram que o modelo de regressão aleatória com uma função polinomial de Legendre de ordem dois ( $k_a = 2$ ) para efeito genético aditivo direto e de ordem quatro ( $k_c = 4$ ) para efeito de ambiente permanente é o que promove melhor ajuste para a produção de ovos; e que a estrutura quatro, que considera os meses 2, 3, 4, 5 e 10, ou seja, o início do pico, pico, declínio e o último mês de produção, apresenta maior confiabilidade com a estrutura completa, mostrando que é possível reduzir os dados e fazer uma boa avaliação genética das aves poedeiras de uma linhagem da raça Rhode Island Red. Essa metodologia de redução de dados além de proporcionar menor demanda computacional, custos com mão de obra, erros na digitação dos dados e estresse causado pelo manejo da coleta, também pode ser aplicada em outras espécies, sendo importante o estudo da curva de produção.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N. et al. Capacidade de combinação de produção de ovos de linhagens de matrizes de frango de corte, usando análise de componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 955-959, 1999.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2018**.
- ALBUQUERQUE, L. G. Regressão aleatória: nova tecnologia pode melhorar a qualidade das avaliações genéticas. **V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**. Pirassununga, SP, 2004.
- ANANG, A.; MIELENZ, N.; SCHÜLER, L. Genetic and phenotypic parameters for monthly egg production in White Leghorn hens. **Journal. Animal. Breeding. Genetcs.**, v. 117, n. 6, p. 407-415, 2000.
- ANANG, A.; MIELENZ, N.; SCHÜLER, L. monthly model for genetic evaluation of layings hens II. Random regression. **British Poultry Science**, v. 43, n. 3, p. 384-390, 2002.
- ARAÚJO, C. V. et al. Uso de modelos de regressão aleatória para descrever a variação genética da produção de leite na raça Holandesa. **Revista Brasileira de zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 975-981, 2006.
- ARAÚJO, S. I. **Uso de modelos de regressão aleatória na análise de dados longitudinais no melhoramento genético vegetal**. 2005. 111f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, MG, 2005.
- BOARETTO, T. N. Melhoramento Genético em Frango de corte. **Revista Formação e Informação em Zootecnia**, v. 1, n. 1, p. 11-18, 2009.
- BONAFÉ, C. M. et al. Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n. 4, p. 765-771, 2011.
- CAVALCANTE-NETO, A. et al. Modelos de regressão aleatória com diferentes estruturas de variância residual para descrever o tamanho da leitegada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 1043-1050, 2011.
- COBUCI, J. A. et al. Estimativas de herdabilidade para produção de leite no dia de controle de vacas da raça holandesa utilizando regressão aleatória. In: V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004, Pirassununga: **Anais ...** Pirassununga, 2004.
- CRUZ, V. A. R. **Avaliação de curvas de postura de uma linha fêmea de frango de corte**. 2010. 38 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2010.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh : Longman Group Limited, 1996. 464p.

FERREIRA, J. L. et al. Modelos de regressão aleatória para característica de crescimento em bovinos da raça Guzerá. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 18, p. 1-12, e-39566, 2017.

FIALHO, F. B., LEDUR, M. C. Segmented polynomial model for estimation of egg production curves in laying hens. **British Poultry Science**, v.1, n. 38, p. 66-73, 1997.

FIGUEIREDO, E. A. P. et al. Raças e Linhagens de Galinhas para Criações Comerciais e Alternativas no Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Concórdia, SC, **Comunicado técnico**. ISSN 0100-8862, 2003.

FORMIGONI, I. Acurácia: relação de risco para as decisões de seleção. In: **Scot Consultoria**, 2010. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/imprimir/noticias/21830>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

FREITAS, L. A. **Avaliação genética de crescimento e resistência a verminoses em ovinos santa inês utilizando modelos de regressão aleatória e análises multivariadas**. 2018. 77p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal)-Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP, 2018.

KEPLER FILHO, E. **melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Embrapa publicações, 2000.

LEDUR, M. C. et al. 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.

LUO, P. T.; YANG, R. Q.; YANG, N. estimation of genetic parameters for cumulative egg numbers in a broiler dam line by using a random regression model. **Poultry Science**, v. 86, n. 1, p. 30, 2007.

MUNARI, D. P.; SCHMIDT, G. S.; GIANNONI, M. L. Genetic and phenotypic variability on performance of White Leghorn Strain. 1. Heritabilities. **Ars Veterinária**, v. 8; p. 49-57, 1992.

PACHECO, R. O. et al. Avaliação da produção de ovos em uma linha de frango de corte utilizando modelos de regressão aleatória. **IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**. João Pessoa, PB, 2012.

PAIVA, A. L. C. et al. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 2, p. 285-288, 2010.

RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. A John Wiley&Sons, INC. Publication, p. 727. 2ed., 2002.

SANTOS, A.I. **Estimativas de Parâmetros Genéticos e Fenotípicos para Produções Parciais e Total de Ovos em Codornas de Postura**. 2003. Monografia (Graduação em Zootecnia) -Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2003.

SARMENTO, J. L. R. et al. Comparação de modelos de regressão aleatória para estimação de parâmetros genéticos em caprinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p.1788-1796, 2008.

SCHAEFFER, L. R.; DEKKERS, J. C. M. Random regression in animal models for test-day production in dairy cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 5., 1994, Guelph. **Proceedings...Guelph**, v. 17, p. 443-446, 1994.

SILVA, M. A., et al. Análise genética de características de importância econômica em poedeiras leves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 13, p. 82–94. 1984.

SILVA, M. A. et al. **Modelos lineares aplicados ao melhoramento genético animal**. FEPMVZ Editora. Escola de Veterinária da UFMG. 375p, 2008.

SOUSA JÚNIOR, S. C. D. et al. Estimação de funções de covariância para características de crescimento da raça Tabapuã utilizando modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1037-1045, 2010.

SOUSA JÚNIOR, S. V. et al. Aplicação de modelos de regressão aleatória utilizando diferentes estruturas de dados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2058-2063, 2014.

SZWACZKOWSKI, T. Use of Mixed Model Methodology in Poultry Breeding: Estimation of Genetic Parameters. In: MUIR, W. M., AGGREY, S. E. **Poultry Genetics, breeding and biotechnology**, Wallingford: CABI, 2003, p. 165-202.

SZYDLOWSKI, M.; SZWACZKOWSKI, T. Bayesian segregation analysis of production traits in two strains of laying chickens. **Poultry Science**, v. 80, n. 2, p. 125-131, 2001.

TEIXEIRA, B. B. et al. Seleção de codornas de corte para produção de ovos utilizando modelos de regressão aleatória. **Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**. Viçosa, MG, 2011.

TEIXEIRA, B.B. et al. Modelos de regressão aleatória para avaliação da curva de crescimento em matrizes de codorna de corte. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1641-1647, 2012.

ÜNVER, Y.; et al. Estimation of heritability for egg production in laying hens using MIVQUE, ML, REML and Gibbs sampling methods. **7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, p. 19-23. 2002.

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.

VENTURINI, G. C. et al. Estimation of genetic parameters for partial egg production periods by means of random regression models. **Genetic Molecular Research.**, v. 11, n. 3, p. 1819-1829, 2012.

VENTURINI, G. C. et al. Genetic parameters and principal component analysis for egg production from White Leghorn hens. **Poultry science**, v. 92, n. 9, p. 2283-2289, 2013.

VICINI, Lorena; SOUZA, Adriano Mendonça. Análise multivariada da teoria à prática. **Santa Maria: UFSM, CCNE**, 2005.

WEI, M.; VAN DER WERF, J. H. J. Animal model estimation of additive and dominance variances in egg production traits of poultry. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 57–65, 1993.

WHEAT, J. D.; LUSH, J. L. Accuracy of partial trapnest records. 1. Repeatability of daily egg records. **Poultry Science**. v. 40, n. 2, p. 399-406, 1961.

**ANEXO A – CARTÃO DE PARÂMETROS PARA O MODELO PL24 PARA O PROGRAMA WOMBAT**

```
wombat.par  
  
COM regpl from DFREML (MRR)  
  
ANAL RR  
PEDS ped.txt  
  
DATA Dados.txt  
  animal 99999  
  RAMCN 3000  
  subject 99999  
  povo  
  CLASSE 10  
END  
  
MODEL  
  FIX RAMCN  
  COV CLASSE(4,LEG)  
  RRC CLASSE  
  RAN animal(2,LEG) nrm  
  RAN subject(4,LEG)  
  trait povo  
END MOD  
  
VAR animal 2  
  0.018  
 -0.0015  
  0.0021  
  
VAR subject 4  
  0.041  
  0.0077  
 -0.0056  
  0.0086  
  0.00018  
  0.0019  
  0.018  
 -0.0015  
  0.0021  
  0.0079  
  
VAR residual HOM  
  0.48
```

## ANEXO B – NORMAS DA REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA

### INSTRUÇÕES AOS AUTORES

**ATENÇÃO:** As normas da Revista Ciência Agronômica podem sofrer alterações, portanto não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um artigo. Elas são válidas para todos os trabalhos submetidos neste periódico. Um modelo de artigo pode ser visto em “MODELO ARTIGO” no endereço <http://www.ccarevista.ufc.br>.

#### 1. POLÍTICA EDITORIAL

A Revista Ciência Agronômica destina-se à publicação de artigos científicos e artigos técnicos que sejam originais e que não foram publicados ou submetidos a outro periódico, inerentes às áreas de Ciências Agrárias e Recursos Naturais. Os artigos poderão ser submetidos nos idiomas português, inglês ou espanhol. Se aprovado o artigo deverá ser traduzido e publicado em inglês. A RCA exige que a tradução seja feita por alguma empresa especializada. A contratação da empresa e tradução para o inglês é custeada pelos autores e quando devolverem a versão traduzida na fase de edição devem encaminhar também uma declaração da empresa responsável pelo serviço realizado. Abaixo sugerimos preferencialmente algumas empresas:

- Academic-Editing-Services.com (<http://www.academic-editing-services.com/>)
- American Journal Express (<http://www.journalexpress.com/>)
- American Manuscript Editors (<http://americanmanuscripteditors.com/>)
- Bioedit Scientific Editing (<http://www.bioedit.co.uk/>)
- BioMed Proofreading (<http://www.biomedproofreading.com/>)
- Edanz (<http://www.edanzediting.com/>)
- Editage (<http://www.editage.com.br/>)
- Elsevier (<http://webshop.elsevier.com/language-services/>)
- Enago (<http://www.enago.com.br/forjournal/>)
- JournalPrep (<http://www.journalprep.com/>)
- Paulo Boschov ([paulo@bridgetextos.com.br](mailto:paulo@bridgetextos.com.br), [bridge.textecn@gmail.com](mailto:bridge.textecn@gmail.com))
- Proof-Reading-Service.com (<http://www.proof-reading-service.com/pt/>)
- Publicase (<http://www.publicase.com.br/formulario.asp>)
- Queen's English (<http://www.queensenglishediting.com/>)
- STTA - Serviços Técnicos de Tradução e Análises (<http://stta.com.br/servicos.php>)

Os trabalhos submetidos à RCA serão avaliados preliminarmente pelo Comitê Editorial e só então serão enviados para pelo menos dois (2) revisores da área e publicados, somente, se aprovados por eles e pelo Comitê Editorial. A publicação dos artigos será baseada na originalidade, qualidade e mérito científico, cabendo ao Comitê Editorial a decisão final do aceite. O sigilo de identidade dos autores e revisores será mantido durante todo o processo. A administração da revista tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquela de origem dos autores. O artigo que apresentar mais de cinco autores não terá a sua submissão aceita pela Revista Ciência Agronômica, salvo algumas condições especiais (ver Autores). Não serão permitidas mudanças nos nomes de autores *a posteriori*.

#### 2. Custo de publicação

O custo é de R\$ 45,00 (quarenta e cinco reais) por página editorada no formato final. No ato da submissão é requerido um depósito de R\$ 100,00 (cem reais) não reembolsáveis. Se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial, a taxa paga não poderá ser reutilizada para outras submissões dos autores. O comprovante de

depósito ou transferência deve ser enviado ao e-mail da RCA ([ccarev@ufc.br](mailto:ccarev@ufc.br)). Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome de:

**CETREDE CIENCIA AGRONOMIC**

Banco do Brasil: Agência bancária: 1702-7 - Conta corrente: 46.375-2

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores. A Revista Ciência Agronômica reserva-se o direito de adaptar os originais visando manter a uniformidade da publicação. A RCA não mais fornece separatas ou exemplares aos autores. A distribuição na forma impressa da RCA é de responsabilidade da Biblioteca de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará sendo realizada por meio de permuta com bibliotecas brasileiras e do exterior. Na submissão online é requerido:

1. A concordância com a declaração de responsabilidade de direitos autorais;
2. Que o autor que fizer a submissão do trabalho cadastre todos os autores no sistema;
3. Identificação do autor de correspondência com endereço completo.

**3. Formatação do Artigo**

**DIGITAÇÃO:** no máximo 20 páginas digitadas em espaço duplo (exceto Tabelas), fonte Times New Roman, normal, tamanho 12, recuo do parágrafo por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. As linhas devem ser numeradas de forma contínua.

**ESTRUTURA:** o trabalho deverá obedecer à seguinte ordem: título, título em inglês, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências.

**TÍTULO:** deve ser escrito com apenas a inicial maiúscula, em negrito e centralizado na página com no máximo 15 palavras. Como chamada de rodapé numérica, extraída do título, devem constar informações sobre a natureza do trabalho (se extraído de tese/dissertação, se pesquisa financiada,...) e referências às instituições colaboradoras. Os subtítulos: Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser escritos em caixa alta, em negrito e centralizados.

**AUTORES:** na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé deverão ser omitidos. Somente na versão final o artigo deverá conter o nome de todos os autores com identificação em nota de rodapé. Os nomes completos (sem abreviaturas) deverão vir abaixo do título, somente com a primeira letra maiúscula, um após outro, separados por vírgula e centralizados na linha. Como nota de rodapé na primeira página, deve-se indicar, de cada autor, afiliação completa (departamento, centro, instituição, cidade, estado e país), endereço eletrônico e endereço completo do autor correspondente. O autor de correspondência deve ser identificado por um "\*". Só serão aceitos artigos com mais de seis autores, quando, comprovadamente, a pesquisa tenha sido desenvolvida em regiões distintas (diferentes).

**RESUMO e ABSTRACT:** devem começar com estas palavras, na margem esquerda, em caixa alta e em negrito, contendo no máximo 250 palavras.

**PALAVRAS-CHAVE e KEY WORDS:** devem conter entre três e cinco termos para indexação. Os termos usados não devem constar no título. Cada palavra-chave e key word deve iniciar com letra maiúscula e ser seguida de ponto.

**INTRODUÇÃO:** deve ser compacta e objetiva contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. As citações presentes na introdução devem ser empregadas para fundamentar a discussão dos resultados, criando, assim, uma contextualização entre o estudo da arte e a discussão dos resultados. Não deve conter mais de 550 palavras.

**CITAÇÃO DE AUTORES NO TEXTO:** a NBR 10520/2002 estabelece as condições exigidas para a apresentação de citações em documentos técnico-científicos e acadêmicos. Nas citações, quando o sobrenome do autor, a instituição responsável ou título estiver incluído na sentença, este se apresenta em letras maiúsculas/minúsculas, e quando estiverem entre parênteses, em letras maiúsculas.

Ex: Santos (2002) ou (SANTOS, 2002); com dois autores ou três autores, usar Pereira e Freitas (2002) ou (PEREIRA; FREITAS, 2002) e Cruz, Perota e Mendes (2000) ou (CRUZ; PEROTA; MENDES, 2000); com mais de três autores, usar Xavier *et al.* (1997) ou (XAVIER *et al.*, 1997).

**VÁRIOS AUTORES CITADOS SIMULTANEAMENTE:** havendo citações indiretas de diversos documentos de vários autores mencionados simultaneamente e que expressam a mesma idéia, separam-se os autores por ponto e vírgula, em ordem alfabética, independente do ano de publicação.

Ex: (FONSECA, 2007; PAIVA, 2005; SILVA, 2006).

**SIGLAS:** quando aparecem pela primeira vez no texto, deve-se colocar o nome por extenso, seguido da sigla entre parênteses.

Ex: De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [...].

**TABELAS:** devem ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Usar espaço simples. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho.

**FIGURAS:** gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de Figura sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte superior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar "softwares" compatíveis com "Microsoft Windows". As figuras devem apresentar 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte Times New Roman, corpo 10 e não usar negrito na identificação dos eixos. A Revista Ciência Agronômica reserva-se ao direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com o papel na forma "paisagem" ou que apresentem mais de 17 cm de largura. Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após a sua primeira citação. Obs.: As figuras devem ser também enviadas em arquivos separados e com RESOLUÇÃO de no mínimo 500 dpi através do campo "Transferir Documentos Suplementares".

**EQUAÇÕES:** devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. O padrão de tamanho deverá ser:

Inteiro = 12 pt

Subscrito/sobrescrito = 8 pt

Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt

Símbolo = 18 pt

Subsímolo = 14 pt

**ESTATÍSTICA:**

1. Caso tenha realizado análise de variância, apresentar o "F" e a sua significância;
2. Dados quantitativos devem ser tratados pela técnica de análise de regressão;
3. Apresentar a significância dos parâmetros da equação de regressão;
4. Dependendo do estudo (ex: função de produção), analisar os sinais associados aos parâmetros.
5. É requerido, no mínimo, quatro pontos para se efetuar o ajuste das equações de regressão.
6. Os coeficientes do modelo de regressão devem apresentar o seguinte formato:  
 $y = a + bx + cx^2 + \dots$ ;
7. O Grau de Liberdade do resíduo deve ser superior a 12.

**CONCLUSÕES:** quando escritas em mais de um parágrafo devem ser numeradas.

**AGRADECIMENTOS:** logo após as conclusões poderão vir os agradecimentos direcionados a pessoas ou instituições, em estilo sóbrio e claro, indicando as razões pelas quais os faz.

**REFERÊNCIAS:** são elaboradas conforme a ABNT NBR 6023/2002. Inicia-se com a palavra REFERÊNCIAS (escrita em caixa alta, em negrito e centralizada). Devem ser digitadas em fonte tamanho 12, espaço duplo e justificadas. **UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS.** Não são contabilizadas neste percentual de 60% referências de livros. Não serão aceitas nas referências citações de Resumos, Anais, Comunicados Técnicos, Monografias, Dissertações e Teses. Com relação aos periódicos, é dispensada a informação do local de publicação, porém os títulos não devem ser abreviados. Recomenda-se um total de 20 a 30 referências.

**Alguns exemplos:**

- Livro

NEWMANN, A. L.; SNAPP, R. R. *Beef cattle*. 7. ed. New York: John Willey, 1977. 883 p.

- Capítulo de livro

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. *Melhoramento e produção do milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 13, p. 539-593.

- Artigo de revista

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Resposta de *Cratylia argentea* à aplicação em um solo ácido. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 1, p. 14-18, 1997.

ANDRADE, E. M. *et al.* Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 3, p. 280-287, 2006.

**UNIDADES e SÍMBOLOS:** As unidades e símbolos do Sistema Internacional adotados pela Revista Ciência Agronômica.

Grandezas básicas	Unidades	Símbolos	Exemplos
Comprimento	metro	m	

Massa	quilograma	kg	
Tempo	segundo	s	
Corrente elétrica	amper	A	
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	
Quantidade de substância	mol	mol	
<b>Unidades derivadas</b>			
Velocidade	---	$m s^{-1}$	343 $m s^{-1}$
Aceleração	---	$m s^{-2}$	9,8 $m s^{-2}$
Volume	metro cúbico, litro	$m^3$ , L*	1 $m^3$ , 1 000 L*
Frequência	Hertz	Hz	10 Hz
Massa específica	---	$kg m^{-3}$	1.000 $kg m^{-3}$
Força	newton	N	15 N
Pressão	pascal	Pa	1,013.10 <sup>5</sup> Pa
Energia	joule	J	4 J
Potência	watt	W	500 W
Calor específico	---	$J (kg ^\circ C)^{-1}$	4186 $J (kg ^\circ C)^{-1}$
Calor latente	---	$J kg^{-1}$	2,26. 10 <sup>6</sup> $J kg^{-1}$
Carga elétrica	coulomb	C	1 C
Potencial elétrico	volt	V	25 V
Resistência elétrica	ohm	$\Omega$	29 $\Omega$
Intensidade de energia	Watts/metros quadrado	$W m^{-2}$	1.372 $W m^{-2}$
Concentração	mol/metro cúbico	$mol m^{-3}$	500 $mol m^{-3}$
Condutância elétrica	siemens	S	300 S
Condutividade elétrica	desiemens/metro	$dS m^{-1}$	5 $dS m^{-1}$
Temperatura	grau Celsius	$^\circ C$	25 $^\circ C$
Ângulo	grau	$^\circ$	30 $^\circ$
Porcentagem	---	%	45%

Números mencionados em seqüência devem ser separados por ponto e vírgula (;). Ex: 2,5; 4,8; 25,3.

#### 4. Lista de verificação - Revista Ciência Agronômica

Visando a maior agilidade no processo de submissão de seu artigo, o Comitê Editorial da Revista Ciência Agronômica, elaborou uma lista de verificação para que o autor possa conferir toda a formatação do manuscrito de sua autoria, ANTES de submetê-lo para publicação. A lista foi elaborada de acordo com as normas da Revista Ciência Agronômica. Respostas NEGATIVAS significam que seu artigo ainda deve ser adaptado às normas da revista e a submissão de tais artigos implicará na sua devolução e retardo na tramitação. Respostas POSITIVAS significam que seu artigo está em concordância com as normas, implicando em maior rapidez na tramitação.

##### A. Referente ao trabalho

1. O trabalho é original?
2. O trabalho representa uma contribuição científica para a área de Ciências Agrárias?
3. O trabalho está sendo enviado com exclusividade para a Revista Ciência Agronômica?

**B. Referente à formatação**

4. O trabalho pronto para ser submetido online está omitindo os nomes dos autores na versão Word?
5. O trabalho contém no máximo 20 páginas, está no formato A4, digitado em espaço duplo, incluindo as referências; fonte Times New Roman tamanho 12, incluindo títulos e subtítulos?
6. As margens foram colocadas a 2,5 cm, a numeração de páginas foi colocada na margem superior, à direita e as linhas foram numeradas de forma contínua?
7. O recuo do parágrafo de 1 cm foi definido na formatação do parágrafo? Lembre-se que a revista não aceita recuo de parágrafo usando a tecla "TAB" ou a "barra de espaço".
8. A estrutura do trabalho está de acordo com as normas, ou seja, segue a seguinte ordem: título, título em inglês, autores, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências?
9. O título contém no máximo 15 palavras?
10. O resumo e o abstract apresentam no máximo 250 palavras?
11. As palavras-chave (key words) contém entre três e cinco termos, iniciam com letra maiúscula e são seguidas de ponto?
12. A introdução contém citações atuais que apresentam relação com o assunto abordado na pesquisa e apresenta no máximo 550 palavras?
13. As citações apresentadas na introdução foram empregadas para fundamentar a discussão dos resultados?
14. As citações estão de acordo com as normas da revista?
15. As tabelas e figuras estão formatadas de acordo com as normas da revista e estão inseridas logo em seguida à sua primeira citação? Lembre-se, não é permitido usar "enter" nas células que compõem a(s) tabela(s).
16. As tabelas estão no formato retrato?
17. As figuras apresentam boa qualidade visual?
18. As unidades e símbolos utilizados no seu trabalho se encontram dentro das normas do Sistema Internacional adotado pela Revista Ciência Agronômica?
19. Os números estão separados por ponto e vírgula? As unidades estão separadas do número por um espaço? Lembre-se, não existe espaço entre o número e o símbolo de %.
20. O seu trabalho apresenta entre 20 e 30 referências sendo 60% destas publicadas com menos de 10 anos em periódicos indexados?
21. Todas as referências estão citadas ao longo do texto?
22. Todas as referências citadas ao longo do texto estão corretamente descritas, conforme as normas da revista, e aparecem listadas?

**C. Observações:**

1. Lembre-se que SE as normas da revista não forem seguidas rigorosamente, seu trabalho não irá tramitar. Portanto, é melhor retardar o envio por mais alguns dias e conferir todas as normas. A consulta de um trabalho já publicado na sua área pode lhe ajudar a sanar algumas dúvidas e pode servir como um modelo (acesse aos periódicos no site <http://www.ccarevista.ufc.br/busca>).
2. Caso suas respostas sejam todas **AFIRMATIVAS** seu trabalho será enviado com maior segurança. Caso tenha ainda respostas **NEGATIVAS**, seu trabalho irá retornar retardando o processo de tramitação.  
Lembre-se: A partir da segunda devolução, por irregularidade normativa, principalmente em se tratando das referências, o mesmo terá a submissão cancelada e não haverá

devolução da taxa de submissão. Portanto é muito importante que os autores verifiquem cuidadosamente as normas requeridas pela Revista Ciência Agronômica.

3. Procure **SEMPRE** acompanhar a situação de seu trabalho pela página da revista (<http://ccarevista.ufc.br>) no sistema online de gerenciamento de artigos.
4. Esta lista de verificação não substitui a revisão técnica da revista, a qual todos os artigos enviados serão submetidos.