

## **MÉTODO PARA COMPARAR CURVAS DE PRODUÇÃO DE OVOS USANDO UM MODELO MATEMÁTICO**

*Flávio Bello Fialho<sup>1</sup>  
Mônica Corrêa Ledur<sup>2</sup>  
Valdir Silveira de Avila<sup>3</sup>*

### **Introdução**

Em pesquisas com aves de postura, é comum a necessidade de testar o efeito de diferentes tratamentos (dietas, manejo, genótipos, etc.) na produção de ovos. O total de ovos produzidos fornece pouca informação a respeito da curva de produção. Para aumentar a qualidade dessa informação, às vezes é necessário decompor a produção total na produção em vários períodos (por exemplo, a produção a cada 4 semanas). Entretanto, isso apresenta alguns inconvenientes. Apesar de se ter mais informação, a interpretação das produções parciais nem sempre é clara, dificultando a comparação entre curvas.

Um modelo de curva de produção de ovos usando polinômios segmentados foi desenvolvido por Fialho e Ledur (1997) e está descrito no Comunicado Técnico 256, da Embrapa Suínos e Aves (Fialho e Ledur, 2000). Este modelo foi testado contra outros modelos existentes, sendo constatado que o mesmo possui maior poder de predição e igual ou melhor capacidade de ajuste. Além disso, ele estima parâmetros de fácil interpretação prática, o que o torna vantajoso na caracterização de curvas de produção.

O modelo pode ser utilizado para determinar parâmetros com significado prático. O pico de produção de ovos, por exemplo, descreve uma informação útil para avaliar qualquer lote de aves em postura. As características de cada curva podem ser descritas resumidamente pelos parâmetros da mesma. Esses parâmetros podem ser comparados entre uma curva e outra, para determinar o efeito dos tratamentos na produção de ovos.

O objetivo deste trabalho é descrever uma metodologia de uso do modelo de polinômios segmentados como ferramenta para testar e comparar curvas de produção de ovos.

### **Metodologia**

O modelo divide a curva de produção em três segmentos. No primeiro, antes do início da postura, a produção é zero. Entre o início da postura e o pico de produção, a curva é representada

<sup>1</sup>Eng. Agr., Ph.D., Embrapa Suínos e Aves

<sup>2</sup>Zootec., Ph.D., Embrapa Suínos e Aves

<sup>3</sup>Eng. Agr., D.Sc., Embrapa Suínos e Aves

por uma função cúbica crescente. No terceiro segmento, após o pico, a produção sofre um decréscimo linear. O modelo é representado pelo conjunto de equações:

$$\begin{aligned}
 Y &= 0 && \text{para } x < x_p - t \\
 Y &= P - 3 \cdot P \cdot \left(\frac{x_p - x}{t}\right)^2 + 2 \cdot P \cdot \left(\frac{x_p - x}{t}\right)^3 && \text{para } x_p - t \leq x < x_p \\
 Y &= P - s \cdot (x - x_p) && \text{para } x_p \leq x
 \end{aligned}$$

onde  $x_p$  é a idade das aves, em semanas, no momento do pico de produção,  $P$  é o nível de produção no pico, em ovos/ave/dia,  $s$  é a taxa de decréscimo semanal na produção após o pico, em ovos/ave/dia/semana, e  $t$  é o tempo entre o início da postura e o pico de produção de ovos, em semanas. Estes quatro parâmetros caracterizam melhor uma curva de produção de ovos do que a simples expressão do número total de ovos produzidos.

A metodologia descrita a seguir pode ser usada para qualquer análise em que se queira comparar a produção de ovos de diferentes grupos de aves. Para exemplificar o método de comparação de curvas de produção de ovos, foram utilizados dados de produção de quatro linhagens de poedeiras, sendo duas comerciais (C1 e C2) e duas experimentais (E1 e E2). Para cada linhagem, foram medidas as produções semanais de ovos e a mortalidade de 8 grupos de 42 aves (num total inicial de 1344 aves), da 18ª à 67ª semanas de idade. A produção diária de ovos por ave (PO) foi calculada dividindo-se o número de ovos produzidos na semana por 7, e este resultado pelo número de aves no início da semana.

Para cada uma das 32 repetições, aplicou-se uma análise de regressão não linear para estimar os parâmetros do modelo ( $x_p$ ,  $P$ ,  $s$  e  $t$ , descritos anteriormente). A partir desses valores, foram estimadas, para cada repetição, a idade do início da postura ( $x_o = x_p - t$ , em semanas) e a produção acumulada estimada até as 40, 50, 60, 70 e 80 semanas de idade ( $A_{40}$ ,  $A_{50}$ ,  $A_{60}$ ,  $A_{70}$  e  $A_{80}$ , em número de ovos), pela fórmula:

$$A_X = 7 \cdot P \cdot \left(X - x_p + \frac{t}{2}\right) - \frac{s \cdot (X - x_p)^2}{2}$$

Os valores de  $x_p$ ,  $P$ ,  $s$ ,  $t$ ,  $x_o$  e  $A_{40}$  a  $A_{80}$  foram então usados como variáveis de resposta numa análise de variância normal, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey. Além da comparação de médias, foram construídos contrastes ortogonais para comparar as linhagens comerciais com as experimentais, bem como as linhagens comerciais entre si e as experimentais entre si. Normalmente, seria feito apenas um destes dois testes (contrastos ou comparação de médias). Porém, optou-se por apresentar ambos para exemplificar as duas metodologias.

## Análise dos resultados

As médias dos parâmetros estimados pelo modelo e das estimativas de produção parcial até 40, 50, 60, 70 e 80 semanas são mostradas na Tabela 1, junto com os contrastes usados para comparar as linhagens.

Conforme pode ser verificado pela análise do contraste  $C \times E$ , as linhagens experimentais produziram menos ovos que as comerciais, em todos os intervalos considerados ( $A_{40}$  a  $A_{80}$ ). Isso ocorreu em parte porque o pico de produção foi menor ( $P$  menor) e o início e pico de postura ocorreram mais tarde ( $x_p$  maior) nas linhagens experimentais, o que resulta numa produção inicial de ovos menor. No entanto o efeito mais significativo foi o da pior persistência de postura ( $s$  maior), que fez com que a produção de ovos das linhagens experimentais após o pico de postura fosse reduzida mais rapidamente. Isto indica que programas de melhoramento genético das linhagens experimentais devem ser concentrados na melhoria da persistência de postura.

Tabela 1 – Parâmetros estimados para curvas de produção diária de ovos por ave para diferentes linhagens e análise de contrastes correspondente

Linha	Parâmetros				Início da postura	Produção acumulada estimada				
	$x_p$	$P$	$s$	$t$		$A_{40}$	$A_{50}$	$A_{60}$	$A_{70}$	$A_{80}$
C1	25.38 <sup>a</sup>	.894 <sup>ab</sup>	.00351 <sup>a</sup>	6.05 <sup>a</sup>	19.33 <sup>b</sup>	110.1 <sup>a</sup>	172.0 <sup>ab</sup>	233.6 <sup>ab</sup>	294.8 <sup>b</sup>	355.7 <sup>b</sup>
C2	26.87 <sup>b</sup>	.933 <sup>a</sup>	.00204 <sup>a</sup>	8.60 <sup>b</sup>	18.27 <sup>a</sup>	113.6 <sup>a</sup>	178.5 <sup>a</sup>	243.2 <sup>a</sup>	307.7 <sup>a</sup>	372.0 <sup>a</sup>
E1	26.72 <sup>b</sup>	.889 <sup>b</sup>	.00586 <sup>b</sup>	7.06 <sup>ab</sup>	19.66 <sup>b</sup>	104.1 <sup>b</sup>	165.3 <sup>bc</sup>	225.9 <sup>bc</sup>	285.9 <sup>bc</sup>	345.3 <sup>bc</sup>
E2	27.29 <sup>b</sup>	.875 <sup>b</sup>	.00608 <sup>b</sup>	7.61 <sup>ab</sup>	19.68 <sup>b</sup>	100.6 <sup>b</sup>	160.7 <sup>c</sup>	220.3 <sup>c</sup>	279.2 <sup>c</sup>	337.5 <sup>c</sup>
C × E <sup>1</sup>	.011	.007	**	NS	.003	**	**	**	**	**
C1 × C2 <sup>1</sup>	.003	.019	.036	.003	.009	.073	.028	.016	.010	.006
E1 × E2 <sup>1</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	.072	NS	NS	NS	NS

<sup>abc</sup> Médias com a mesma letra na mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

<sup>1</sup> Probabilidade do contraste ser igual a zero, pelo teste  $t$ ; NS = não significativo (P>0,10); \*\* P<0,001.

Não houve diferença significativa entre as duas linhagens experimentais, como pode ser observado pelo contraste E1×E2. Já entre as duas linhagens comerciais (contraste C1×C2), houve diferença significativa na uniformidade do lote, relativa à idade no início da postura. A linhagem C2 iniciou a postura mais cedo e atingiu o pico de postura mais tarde ( $x_p$  maior) que a linhagem C1. O intervalo de tempo entre o início e o pico de postura ( $t$ ) foi maior na linhagem C2, caracterizando um lote mais desuniforme. No entanto, C2 teve um pico de postura ( $P$ ) um pouco maior e persistência ligeiramente melhor ( $s$  menor) que C1, resultando numa produção de ovos maior em períodos de produção mais longos (até as 70 ou 80 semanas). Em suma, a linhagem C1 foi mais uniforme, porém menos produtiva que a linhagem C2.

## Observações finais

Ao utilizar um modelo não-linear, como é o caso do modelo em estudo, a análise normalmente é feita utilizando-se métodos numéricos, que, a partir de estimativas iniciais arbitrárias dos parâmetros, aproximam a solução assintoticamente. A escolha dessas estimativas iniciais é muito importante. Em algumas circunstâncias, a escolha de estimativas iniciais muito diferentes dos valores reais pode fazer com que o programa de análise não encontre solução para o modelo. Também é possível que seja encontrado um conjunto de parâmetros que minimize a soma de quadrados dos erros localmente, mas não globalmente, ou seja, pode-se encontrar uma solução que não é a ideal.

Por esses motivos, é aconselhável, para que o modelo funcione adequadamente, que as estimativas iniciais dos parâmetros sejam bem escolhidas. Um indicativo de que uma determinada curva não foi bem ajustada é a obtenção de um valor muito alto para a soma de quadrados dos erros ou valores impossíveis para os parâmetros. Nesse caso, deve-se tentar executar a análise novamente, partindo de estimativas iniciais diferentes. O modelo utilizado pareceu ter pouca tendência de apresentar esse tipo de problema. No entanto, este aspecto não pode ser negligenciado, principalmente se o formato da curva de produção observada é substancialmente diferente do esperado.

## Conclusões

A utilização da metodologia descrita facilita a comparação de curvas de produção de ovos de diferentes grupos (linhagens, tratamentos, etc.) de poedeiras ou matrizes reprodutoras.

## Referências bibliográficas

Fialho, F. B. & Ledur, M. C. Segmented polynomial model for estimation of egg production curves in laying hens. *British Poultry Science*, 1997, n. 38, p. 66–73.

Fialho, F. B. & Ledur, M. C. *Modelo matemático para curva de produção de ovos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 256).