

## VIII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal

Maringá, PR – 01 e 02 de julho de 2010

*Melhoramento Animal no Brasil: UMA VISÃO CRÍTICA*

### **Modelagem da trajetória de crescimento de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto**

Fábio Luiz Buranelo Toral<sup>1</sup>, Isabella Silva Albefaro<sup>1</sup>, Daiane Cristina Becker Scalez<sup>2</sup>,  
Andrielle Abreu de Oliveira<sup>2</sup>, Camila Thaianá Rueda da Silva<sup>2</sup>, José Aurélio Garcia Bergmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: [fbtoral@hotmail.com](mailto:fbtoral@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso.

**Resumo:** Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar o tipo de polinômio e a ordem de ajuste mais adequados para modelagem da trajetória média de crescimento de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso. As trajetórias de crescimento foram ajustadas por meio de polinômios ordinários e de Legendre (linear até quártico) e B-splines quadráticos (com dois ou até seis intervalos regulares). Para os polinômios ordinários e de Legendre, houve melhoria no ajuste com o aumento na ordem do polinômio e os ajustes proporcionados por estas classes de polinômios foram essencialmente os mesmos. Considerando os B-splines, o aumento do número de intervalos de quatro para cinco ou seis e consequente aumento do número de parâmetros do modelo de seis para sete ou oito, respectivamente, não resultou em melhoria do ajuste do modelo. O B-spline com quatro intervalos foi melhor que os demais na modelagem da trajetória de crescimento de tourinhos Nelore entre 262 e 642 dias de idade.

**Palavras-chave:** B-Spline, idade, peso, polinômio de Legendre, polinômio ordinário, regressão aleatória

#### **Modelling growth of Nelore young bulls in performance test**

**Abstract:** The aim of this work was to identify the type and order of polynomial to model the growth of Nelore bulls in performance tests. Growth was modeled by ordinary and Legendre polynomials (linear to quintic) and quadratic B-splines (with two or up to six intervals). For ordinary and Legendre polynomials better fits were observed as the order of the polynomials increased. The adjusted criteria by these polynomials were essentially the same. Considering the B-splines, the increase in the number of intervals from four to five or six and a consequently the increase in the number of the model parameters from six to seven or eight, did not result in better fit. The B-spline with four intervals was the best model to represent growth of Nelore bulls between 262 and 642 days of age.

**Keywords:** age, B-spline, Legendre polynomials, ordinary polynomials, random regression, weight

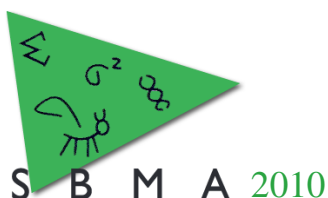
#### **Introdução**

As ordens de ajuste das funções de covariâncias têm sido consideradas nas pesquisas com modelos de regressão aleatória para avaliação genética de bovinos de corte para peso (Meyer, 2005; Pelicione et al., 2009). Diferentes tipos de polinômios também têm sido estudados para estimação dessas funções, como os de Legendre e B-splines (Meyer, 2005). O tipo e a ordem de ajuste dos polinômios utilizados para modelar a trajetória média de crescimento também podem influenciar no ajuste das funções de covariâncias e nos resultados das avaliações genéticas por meio de regressão aleatória.

O principal tipo de polinômio considerado para o ajuste das trajetórias de crescimento de bovinos de corte é o de Legendre, mas os polinômios ordinários e B-splines também podem ser considerados como alternativas para tal fim. Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar o tipo de polinômio e a ordem de ajuste mais adequados para modelagem da trajetória média de crescimento de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso.

#### **Material e Métodos**

Foram utilizados 16.291 dados de peso-idade de 3.356 tourinhos Nelore PO e LA que participaram de 37 provas de ganho em peso realizadas pelo Grupo Provado a Pasto. As provas foram realizadas em fazendas no Estado de Goiás, entre 1997 e 2009. Após a desmama, os animais foram agrupados em um único lote, no qual permaneceram até o final da avaliação. Os animais foram mantidos em pastos de gramíneas dos gêneros Panicum e Brachiaria e receberam suplementação mineral durante o período de avaliação. As pesagens foram realizadas no dia de formação dos lotes, após um período de



## VIII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal

Maringá, PR – 01 e 02 de julho de 2010

*Melhoramento Animal no Brasil: UMA VISÃO CRÍTICA*

adaptação de 70 dias e ao final da prova (220 dias após o final da adaptação, em média). Duas ou três pesagens intermediárias também foram realizadas a intervalos irregulares, dependendo da prova. Apenas as pesagens realizadas após o período de adaptação foram consideradas e o número de pesagens por animal foi de quatro ou cinco. As idades nas pesagens variaram entre 262 e 642 dias.

As trajetórias médias de crescimento foram ajustadas por meio de polinômios ordinários e de Legendre lineares, quadráticos, cúbicos, quárticos e quánticos e por B-splines quadráticos com dois, três, quatro, cinco e seis intervalos regulares. No caso dos B-splines, a divisão do intervalo das idades ( $t$ ) em  $k$  intervalos por meio de  $k + 1$  implicou na existência de  $p + 1$  B-splines de ordem  $p$  não-nulos em cada intervalo e o número de B-splines na regressão foi de  $k + p$  (Eilers & Marx, 1996).

Os quinze modelos avaliados foram comparados por meio do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), obtido elevando-se a correlação entre os valores observados e estimados ao quadrado, desvio médio

absoluto (DMA,  $DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n}$ ), quadrado médio do resíduo (QMR,  $QMR = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2}{n}$ ) e análise gráfica das trajetórias e resíduos estimados.

### Resultados e Discussão

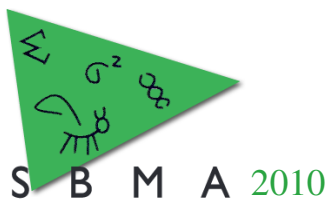
Os critérios de ajuste e as estimativas de peso em função da idade, considerando os polinômios ordinário e de Legendre de mesmas ordens, foram essencialmente os mesmos. De modo geral, as diferenças entre os critérios de ajuste calculados para os polinômios do mesmo tipo foram modestas (Tabela 1). Para o grupo dos polinômios ordinários e de Legendre, aquele de maior ordem (quántico) proporcionou o melhor ajuste (Tabela 1). Além disso, os polinômios cúbico e quártico proporcionaram pesos estimados incoerentes nas extremidades do intervalo de idades. No caso do polinômio cúbico, houve aumento dos pesos estimados até os 604 dias de idade e redução das estimativas a partir deste ponto. Considerando o polinômio quártico, os pesos estimados foram decrescentes no início do intervalo de idades (até 276 dias) e no final (após 624 dias). Este comportamento pode ser explicado, parcialmente, pelo menor número de observações obtidas nas extremidades do intervalo de idades e, conseqüentemente, pela variação errática nas médias observadas (Figura 1).

Tabela 1 Estatísticas<sup>a</sup> de ajuste de polinômios ordinários, de Legendre e B-Splines para a trajetória média de crescimento de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso

Modelo	NP	$r^2$	DMA (kg)	QMR (kg <sup>2</sup> )
	Polinômios ordinários e de Legendre			
Linear (L)	2	0,617	27,288	1.187,705
L + quadrático (Q2)	3	0,619	27,237	1.182,389
L + Q2 + cúbico (C)	4	0,624	27,002	1.166,253
L + Q2 + C + quártico (Q4)	5	0,624	27,001	1.165,990
L + Q2 + C + Q4 + quántico (Q5)	6	0,624	26,973	1.164,356
	B-Splines			
Dois intervalos	4	0,624	26,982	1.164,849
Três intervalos	5	0,623	27,019	1.167,019
Quatro intervalos	6	0,624	26,970	1.164,111
Cinco intervalos	7	0,624	26,974	1.164,167
Seis intervalos	8	0,625	26,972	1.163,630

<sup>a</sup>NP = número de parâmetros do modelo;  $r^2$  = correlação ao quadrado entre valores observados e estimados; DMA = desvio médio absoluto; QMR = quadrado médio do resíduo.

Considerando os B-splines, os modelos que melhor se ajustaram foram os com quatro e seis intervalos. Entretanto, os pesos estimados pelo modelo com seis intervalos após 635 dias de idade foram decrescentes e não refletiram o comportamento esperado para o peso corporal. Por isso, optou-se por considerar o B-spline com quatro intervalos como sendo o modelo mais adequado nesta comparação.



## VIII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal

Maringá, PR – 01 e 02 de julho de 2010

*Melhoramento Animal no Brasil: UMA VISÃO CRÍTICA*

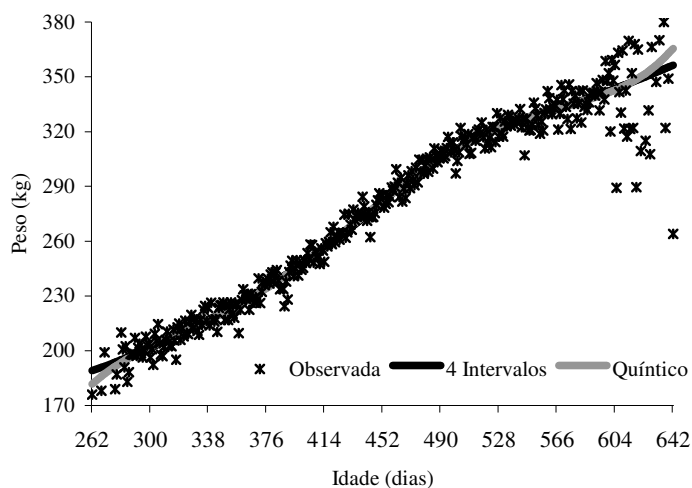


Figura 1 Trajetórias de crescimento de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso, obtidas pelo polinômio de Legendre quintico e B-Spline com quatro intervalos e médias observadas.

Na análise dos critérios de ajuste dos polinômios ordinários, de Legendre e B-splines com seis parâmetros (polinômios quinticos e B-spline com quatro intervalos) foram observadas diferenças discretas. Entretanto, a análise detalhada das trajetórias estimadas (Figura 1) demonstrou que os pesos estimados pelo polinômio quintico foram inferiores até 291 dias de idade (1,8 kg, em média) e superiores após a idade de 615 dias (3,2 kg, em média), em relação aos pesos estimados pelo B-spline. No intervalo entre 292 e 614 dias, a média da diferença entre os pesos estimados pelos dois modelos foi próxima de zero. Os polinômios quinticos apresentaram oscilações marcantes na extremidade final do intervalo de idades considerado. O B-spline com quatro intervalos descreveu a trajetória de crescimento dos tourinhos de forma mais suave e consistente, especialmente nas extremidades do intervalo de idades.

### Conclusões

O B-spline com quatro intervalos ajustou-se melhor aos dados de crescimento de tourinhos Nelore, em relação aos polinômios ordinários e de Legendre.

### Agradecimentos

Aos membros do Grupo Provedos a Pasto, especialmente ao Sr. Humberto de Freitas Tavares.

### Literatura citada

- EILERS, P.H.C.; MARX, B.D. Flexible smoothing with B-splines and penalties. **Statistical Science**, v.11, n.2, p.89-121, 1996.
- MEYER, K. Random regression analyses using B-splines to model growth of Australian Angus cattle. **Genetics, selection, evolution**, v.37, n.5, p.473-500, 2005.
- PELICIONI, L.C.; ALBUQUERQUE, L.G.; QUEIROZ, S.A. Estimación de componentes de co-variância para pesos corporais do nascimento aos 365 dias de idade de bovinos Guzerá empregando-se modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.50-60, 2009.