



43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia  
24 a 27 de Julho de 2006  
João Pessoa - PB

## **MODELOS NÃO LINEARES PARA DESCREVER O CRESCIMENTO DE BUBALINOS DA RAÇA MURRAH**

CARLOS HENRIQUE MENDES MALHADO (1), ALCIDES AMORIM RAMOS (2), PAULO LUIZ SOUZA CARNEIRO (1), JÚLIO CÉSAR DE SOUZA (3), FRANCISCO WESCHLER (2), JOANIR ELER (4), DANIELLE MARIA MACHADO RIBEIRO AZEVEDO (5), ADRIANA PICCININ (6)

(1) UESB Jequié-BA. E-mail: carlosmalhado@gmail.com; plscarneiro@gmail.com

(2) Unesp Botucatu-SP. E-mail: aaramos@fca.unesp.br

(3) UFPR Palotina-PR. E-mail: jcs@ufpr.br

(4) USP - Pirassununga-SP

(5) Embrapa Meio Norte, UEP/Parnaíba-PI. E-mail: azevedo@cpamn.embrapa.br

(6) FAEF Garça-SP. E-mail: adrianapiccinin@yahoo.com.br

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi analisar modelos não lineares para descrever o crescimento em bubalinos e diferenciar os modelos de curvas de crescimento através de técnicas de análise multivariada. Foram utilizados dados de 236 animais da raça Murrah, totalizando 4.219 pesagens. Os modelos utilizados foram Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz por meio da técnica dos modelos não lineares pelo procedimento NLIN do SAS (2001), utilizando-se o método de Gauss Newton. Para avaliar o grau de similaridade entre as curvas foram utilizadas variáveis canônicas que possibilitam a identificação de grupos similares em gráficos de dispersão. Na análise de agrupamento adotou-se a distância generalizada D2 de Mahalanobis, sobre a qual se empregou o método de otimização de Tocher. Os modelos Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy foram adequados para descrever o crescimento dos bubalinos. Devido à dificuldade de diferenciar os modelos pela inspeção visual da curva e pelos seus parâmetros, a análise de variável canônica e o método de agrupamento Tocher mostraram-se satisfatórios para diferenciar os modelos.

### **PALAVRAS-CHAVE**

curva de crescimento, peso, variáveis canônicas

## **NONLINEAR MODELS TO DESCRIBE THE GROWTH OF THE BUFFALOES OF MURRAH BREED**

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to analyze nonlinear models to describe the growth in buffaloes and to differentiate the growth curves models through technique of multivariate analysis. It was utilized information of 236 animals, of the murrah breed, totalizing 4.219 weighting. The models utilized were Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logistic and Gompertz by nonlinear model technique for procedure NLIN of the SAS, using the method of Gauss Newton. To evaluate the similarity level between curves were utilized canonical variables, to identify the similar groups in dispersion graphs. In the cluster analyze by Tocher method, were utilized the squared Mahalanobis distances. The logistic, Gompertz

and Von Bertalanffy were adequate to describe the growth of the bufaloes. Due the difficulty to differentiate the models thorough visual inspection of the curve and for its parameters, the canonical variable analysis and Tocher method cluster, had revealed satisfactory to differentiate the models.

## **KEYWORDS**

canonical variable, growth curve, weight

## **INTRODUÇÃO**

Modelos matemáticos não-lineares, desenvolvidos empiricamente para relacionar peso e idade, têm-se mostrado adequados para descrever a curva de crescimento em diferentes animais. Esses modelos permitem que conjuntos de informações em séries de peso por idade, sejam condensados num pequeno número de parâmetros, para facilitar a interpretação e o entendimento do fenômeno.

De acordo com Ratkowsky (1983), os principais objetivos do ajuste de curvas de crescimento são descrever e prever o crescimento dos animais, além de fazer inferências com base nas interpretações dos parâmetros destas curvas. Os parâmetros podem ser utilizados separadamente, ou em conjunto, para prever taxas de crescimento, requerimentos nutricionais, resposta à seleção e outros aspectos de interesse.

Segundo Souza e Bianchini Sobrinho (1984), as estimativas dos parâmetros interpretáveis biologicamente de uma função de crescimento, associadas às características produtivas dos animais, podem ser uma alternativa para programas de seleção, visando precocidade com maior peso e melhor qualidade de carcaça.

Diversos trabalhos analisaram modelos lineares em diferentes espécies, entretanto, a literatura é escassa na descrição do crescimento de bubalinos no Brasil. Desta forma, tornou-se objetivo deste estudo analisar modelos não lineares para descrever o crescimento em bubalinos e diferenciar os modelos de curvas de crescimento através de técnicas de análise multivariada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados dados de 236 animais, da raça Murrah, totalizando 4.219 pesagens. A maioria das pesagens foi realizada mensalmente, contudo, em alguns casos, o intervalo de pesagens foi de 45-60 dias. As estimativas dos parâmetros das curvas para cada modelo foram analisadas por meio da técnica dos modelos não lineares pelo procedimento NLIN (SAS, 2001), utilizando-se o método de Gauss Newton. Os modelos utilizados para descrever o crescimento dos animais foram: Modelo Brody, Modelo Von Bertalanffy, Modelo Richards, Modelo Logístico e Modelo Gompertz.

Os modelos descritos possuem diversos parâmetros em comum embora existam variações quanto à sua interpretação e conteúdo, sendo possível associar significado biológico a cada um deles. Assim, A = Peso a maturidade, cada modelo apresenta uma estimativa do peso assintótico, que é interpretado como o peso adulto; K = Taxa de maturação, possui interpretações diferentes nos diversos modelos, apesar de significar sempre variações na velocidade de crescimento. A maturação de um indivíduo em determinada idade é a fração do peso adulto atingida pelo indivíduo nesta idade; B = Constante de integração relacionada com os pesos iniciais do animal, refletindo o grau de maturação do animal ao nascimento ( $t=0$ ); m = Define a forma da curva nos modelos, e conseqüentemente determina em que proporção do valor assintótico (A) ocorre o ponto de inflexão da curva.

Para o cálculo do coeficiente de determinação de cada modelo foi realizada uma análise de regressão linear considerando o peso predito pelo modelo como variável dependente e o peso observado do animal como variável independente.

Na análise de variável canônica utilizaram-se 21 classes (intervalos de cinco dias) de pesos preditos por cada modelo. Para avaliar o grau de similaridade entre as curvas foram utilizadas variáveis canônicas que possibilitam a identificação de grupos similares em gráficos de dispersão de fácil interpretação geométrica.

A importância relativa das variáveis canônicas foi medida pela porcentagem de seus autovalores (variâncias) em relação ao total dos autovalores, ou seja, a porcentagem da variância total que elas explicam.

Na análise de agrupamento adotou-se a distância generalizada D2 de Mahalanobis, sobre a qual se empregou o método de otimização de Tocher, como método de agrupamento para a formação dos grupos similares. A distância generalizada D2 de Mahalanobis foi utilizada para estabelecer o grau de divergência a partir dos pesos preditos pelos parâmetros médios de cada curva, obtendo-se uma matriz de dissimilaridade entre os cinco modelos estudados.

A partir da matriz de dissimilaridade identifica-se o par de modelos que apresenta o menor valor de distância, formando assim o primeiro grupo. Em seguida, avalia-se a possibilidade de se incluir outro no grupo ou a necessidade de formação de outros grupos, obedecendo ao mesmo critério anteriormente citado. As distâncias médias inter-grupos são calculadas somando-se as distâncias de todos os possíveis pares de populações entre dois grupos, esse valor é então dividido pelo número de pares formados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros da curva média estimada com o uso de todas as pesagens são apresentados na Tabela 1.

Quando se comparam às estimativas destes pesos (A) obtidas pelos cinco modelos, pode-se verificar que o maior valor foi obtido pelo modelo Brody (688,0), seguido pelos modelos de Richards (647,0) e Bertalanffy (625,1). Já os pesos assintóticos pelos modelos Gompertz (611,3) e Logístico (601,9) estão muito abaixo da estimativa pelo modelo Brody. Esses resultados corroboram os trabalhos com bovinos de Perotto et al. (1992) e Oliveira et al. (2000).

Na estimativa deste parâmetro (k) pode-se perceber que ocorreu o inverso do peso assintótico, com as estimativas dos modelos, Logístico (0,0026) e de Gompertz (0,0022), superiores aos outros modelos. O parâmetro B representa o grau de maturidade do animal ao nascimento. Valores altos indicam baixos graus de maturidade ao nascimento. Valores semelhantes para os modelos Brody, Bertalanffy e Richards foram relatados por Oliveira et al. (2000).

Utilizando as estimativas de A e B no modelo Brody, o peso médio predito ao nascimento foi subestimado (15,8 kg), enquanto o peso ao nascimento observado foi 35,9 kg. Já no modelo Bertalanffy a variação de B é limitada pela fixação de  $M = 3$ , superestimado o peso ao nascimento (45,9 kg). Nos modelos Gompertz e Logísticos os pesos ao nascimento preditos pela curva média foram 56,7 e 64,1 kg, respectivamente. Para o modelo Richards, o peso predito pela curva média foi 32,8 kg, valor próximo ao peso observado. Na literatura o modelo Richards é citado como o único capaz de prever, com alguma precisão, os pesos dos animais nos estados iniciais do crescimento pós-natal (Oliveira et al., 2000).

O modelo logístico foi o único que convergiu para a maioria dos animais (94%), seguido em ordem decrescente pelos modelos Gompertz (89%), Bertalanffy (86%), Brody (47%) e Richards (39%). Os coeficientes de determinação foram 99,1% (Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico), 99,0% (Richards) e 94,1% (Brody). Deve ser salientado que os animais que não convergiram em cada modelo foram descartados no cálculo deste.

Freitas (2005) concluiu que o modelo Logístico, seguido do Von Bertalanffy, foram os mais versáteis para ajustar dados de crescimento de oito diferentes espécies.

A primeira variável canônica explicou 99% e a segunda apenas 0,66% da variação total. Esse resultado indica que a primeira variável canônica é suficiente para estudar a divergência entre os modelos.

Pelo fato das duas primeiras variáveis canônicas explicarem mais de 99%, a dispersão dos modelos, em função de seus escores, pode ser apresentada num espaço bidimensional. Na Figura 1 está representada a divergência dos cinco modelos estudados.

Através do agrupamento pelo método de otimização Tocher, baseado na distância de dissimilaridade

de D2 de Mahalanobis (Tabela 2), verifica-se a formação de três grupos. O grupo 1, com os modelos de Richards e Von Bertalanffy, o grupo 2, com os modelos Gompertz e Logístico, e o grupo 3, formado pelo modelo Brody, com uma maior divergência entre a estimativa pelo modelo Brody com o modelo Logístico, fatos esses, corroborados pela Figura 1.

Oliveira et al. (2000), analisando os desvios médios e as correlações entre pesos observados e pesos preditos, relataram que os modelos Bertalanffy, Logístico e Gompertz apresentaram maior semelhança entre si.

## **CONCLUSÕES**

O modelo logístico foi o mais adequado para descrever o crescimento dos bubalinos estudados, seguido dos modelos Gompertz e Von Bertalanffy.

Devido à dificuldade de diferenciar os modelos pela inspeção visual da curva e pelos seus parâmetros, a análise de variável canônica e o método de agrupamento Tocher mostraram-se satisfatórios para diferenciar os modelos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FREITAS, A.R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B.; PEREIRA, C.S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.9, p.1843-1851, 2000.

PEROTTO, D.; CUE, R.L.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. Canadian Journal of Animal Science, v.72, p.773-782, 1992.

RATKOSWKY, D.A. Nonlinear regression modeling. New York: Marcel Dekker, 1983. 297p.

SAS. Statistical Analysis System – User Guide: Stat, Version 8.2. Cary, (NC: Sas Institute Inc.) 2000.

SOUZA, J.C.; BIANCHINI SOBRINHO, E. Estimativas do peso de bovinos de corte, aos 24 meses, da raça Nelore usando curvas de crescimento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.23, n.1, p.85-91, 1994.