

## **UTILIZAÇÃO DE FUNÇÕES NÃO-LINEARES PARA DESCRIÇÃO DE CURVAS DE CRESCIMENTO EM OVINOS**

**Ricardo Lopes Dias da Costa(\*)**

PqC do Pólo Regional do Extremo Oeste/APTA

[rldcosta@apta.sp.gov.br](mailto:rldcosta@apta.sp.gov.br)

**Vivian Alves Costa Afonso**

Médica Veterinária, Estagiária do Pólo Regional do Extremo Oeste/APTA

**Celia Raquel Quirino**

Prof. Associado do Laboratório de Reprodução e Melhoramento Genético Animal/UENF

### **Introdução**

A cadeia produtiva da ovinocultura, no Sudeste brasileiro, tem demonstrado grande potencial de crescimento, em face da crescente aceitação da carne de cordeiro pelo consumidor final.

É importante salientar que, de acordo com McManus et al., (2003), existe interesse no consumo de carne ovina por todo o Brasil. O aumento no consumo de carne ovina no país estimula o desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de melhorar práticas de manejo, alimentação e seleção de indivíduos e raças, para poder oferecer um produto de melhor qualidade a um mercado exigente e em constante crescimento.

O processo de crescimento dos animais é um fenômeno complexo, sendo de grande importância para a área de Zootecnia. De acordo com Tedeschi et al., (2000) o conhecimento e o controle do crescimento e desenvolvimento dos ruminantes são tópicos de bastante interesse para os pesquisadores, pois o seu domínio permite que o manejo nutricional dos animais possa ser conduzido eficientemente, além de permitir que programas de seleção animal sejam elaborados para as características de crescimento inerentes a cada raça.

(\*) Pesquisador da APTA Regional responsável pelo conteúdo do artigo em 2007.

Dentre as características usadas para mensurar o processo do crescimento temos o peso dos animais, ferramenta esta, muito importante nos programas de seleção.

Relações matemáticas entre o tamanho do animal e o tempo, denominadas de curvas de crescimento, têm sido propostas por diversos pesquisadores (FITZHUGH Jr., 1976, McMANUS et al., 2003).

Geralmente as curvas de crescimento são estudadas por meio do ajuste de funções não lineares, pois desta maneira é possível sintetizar informações de todo o período da vida dos animais, ou seja, pode-se trabalhar com um conjunto de informações em série de, por exemplo, peso por idade, que serão quantificados num conjunto de parâmetros interpretáveis biologicamente, facilitando assim, o entendimento do fenômeno de crescimento (FITZHUGH Jr., 1976).

O ajuste de dados de peso-idade de cada animal ou de um grupo de animais permite obter informações descritivas da curva de crescimento e/ou informações de prognósticos futuros para animais do mesmo grupo racial sob a mesma situação ambiental. Portanto, a função de crescimento que é utilizada para descrever o crescimento do animal tanto pra fins de exigência nutricional, como para seleção genética, é de extrema importância (FITZHUGH Jr., 1976).

O ajuste de curvas de crescimento é feito usando uma medida de tamanho, como peso corporal, comprimento ou altura, e idade em uma conveniente unidade de tempo. Quando um conjunto completo de medidas está disponível para cada indivíduo e a cada idade, deve-se proceder de acordo com a técnica apropriada para análises de dados do tipo longitudinais (FITZHUGH Jr., 1976).

Os parâmetros apropriados das funções de crescimento poderiam também ser usados para calcular e prever linhas de crescimento e de maturidade dos animais puros ou grupos cruzados (GOODEWARDENE et al., 1981). De acordo com Tedeschi et al., (2000), por intermédio dessas funções, podem-se selecionar animais que apresentam altas ou baixas taxas de crescimento relativo ao peso adulto (conhecidas como taxas de maturidade).

Por outro lado, segundo Fitzhugh Jr. (1976), as curvas de crescimento refletem as inter-relações entre o impulso herdado dos indivíduos para crescer e atingir a maturidade em todas as partes do corpo e o meio ambiente. Para este mesmo autor, o ajuste de curvas de

crescimento é uma alternativa para os programas de seleção, que visam o aumento na precocidade dos animais.

A aplicação de modelos não lineares para o ajuste de curvas de crescimento em ovinos da raça Santa Inês esta sendo bastante estudada no Brasil (McMANUS et al., 2003; FREITAS, 2005; SARMENTO et al., 2006).

A raça Santa Inês apresenta alta diversidade genética, e pode ser considerada de grande potencial em uso de programas de melhoramento genético e de cruzamentos com raças especializadas na produção de carne (NETO, 2002).

De acordo com Costa (2003), as fêmeas da raça Santa Inês, proporcionam um bom material genético para ser utilizado como linhagem materna para produção de cordeiros, sejam puros ou mestiços de raças especializadas de corte, devido à sua maior rusticidade, prolificidade, menor estacionalidade reprodutiva e menor tamanho, quando comparadas com raças especializadas para corte.

Embora nenhuma raça consiga reunir, em sua plenitude, todas as características desejáveis, a raça Santa Inês apresenta elevado valor adaptativo e reprodutivo, destacando-se como excelente alternativa para a produção de carnes em regiões tropicais, (COSTA, 2003).

As funções não lineares mais utilizadas para descrever o crescimento de ovinos de produção são as de Gompertz, Brody, Logística, Von Bertalanffy e Richards (McMANUS et al., 2003; GUEDES et al., 2004; FREITAS, 2005; SARMENTO et al., 2006). As quatro primeiras funções apresentam três parâmetros interpretáveis biologicamente sendo que a função de Richards apresenta um quarto parâmetro.

As funções não lineares usadas no ajuste da curva de crescimento foram as seguintes:

Gompertz:  $P = A \exp(-B \exp(-kt))$ ;

Brody:  $P = A(1 - B \exp(-kt))$ ;

Logística:  $P = A / (1 + B \exp(-kt))$ ;

Von Bertalanffy:  $P = A(1 - B \exp(-kt))^3$

Richards:  $P = A(1 - B \exp(-kt))^M$  ;

Onde: P: peso corporal aos t (tempo), dias de idade; A: estimativa do peso corporal à maturidade; B: constante de integração estabelecida pelos valores iniciais de P e t, que

ajusta quando  $Peso = 0$  e/ou  $t = 0$ ;  $k$ : taxa de maturação, que é função da razão da taxa máxima de crescimento por tamanho à maturidade, um maior valor de  $K$ , indica os animais que chegam à maturidade mais cedo;  $M$ : parâmetro que confere o ponto de inflexão variável.

A interpretação dos parâmetros das funções são as seguintes (McMANUS et al., 2003; GUEDES et al., 2004-2005; SARMENTO et al., 2006):

- Parâmetro A: definido como peso assintótico ou peso adulto, representa a estimativa do peso à maturidade;
- Parâmetro B: é uma constante de integração, relacionado aos pesos iniciais do animal, indicando a proporção do crescimento assintótico a ser ganho depois do nascimento, estabelecidos pelos valores iniciais de  $P$  (peso) e  $t$  (tempo);
- Parâmetro K: corresponde ao índice de maturidade, determina a eficiência do crescimento do animal, indicador da velocidade com que o animal se aproxima da idade adulta;
- Parâmetro M: considerado o quarto parâmetro, denominado parâmetro de inflexão e que dá forma à curva, refere-se ao ponto em que o animal passa de uma fase de crescimento inibitório, indicando o ponto a partir do qual passa a crescer com menor eficiência.

O ponto de inflexão  $M$  está representado somente na função de Richards. O ponto de inflexão é definido como  $A/2$  na função Logística, como  $A/e$  no modelo de Gompertz e como  $A/3$  no modelo de VonBertalanffy (FITZHUGH Jr., 1976). A função de Brody não apresenta ponto de inflexão.

Os critérios para selecionar a melhor função de crescimento em ovinos têm sido relatados por Santos et al., (2003), Guedes et al., (2004), Freitas (2005), Sarmento et al., (2006), e são os seguintes:

- \* o Quadrado Médio dos Resíduos (QMR): calculado dividindo-se a Soma de Quadrados do Resíduo (SQR), obtida pelo SAS, pelo número de observações;
- \* o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ): calculado como o quadrado da correlação entre os pesos observados e estimados, que é equivalente a equação:  $1 - (SQR/SQTc)$ , onde SQR é a Soma de Quadrados do Resíduo e SQTc a Soma de Quadrados Total corrigida pela média;
- \* o percentual de convergência;

\* a análise gráfica dos resíduos;

\* o Desvio Médio Absoluto dos Resíduos (DMA): estatística para avaliar a qualidade de ajuste.

Estimativas dos parâmetros de crescimento são obtidas usando o método de Gauss-Newton modificado no procedimento NLIN do SAS (BATHAEI et al., 1998, McMANUS et al., 2003, GUEDES et al., 2004, TOPAL et al., 2004).

De acordo com Sarmiento et al., (2006), o modelo Richards não deve ser escolhido para representar curva média, visto que a diferença em qualidade de ajuste não supera a dificuldade em atingir convergência, possivelmente por esse modelo necessitar estimar um parâmetro a mais. Dificuldade de convergência com o modelo Richards, também foi relatada por Braccini Neto et al., (1996), evidenciando que, apesar da maior flexibilidade, por não fixar o ponto de inflexão, esse modelo apresenta maiores dificuldades no processo iterativo em seu ajustamento.

Diversos trabalhos têm sido realizados sobre o crescimento dos ovinos de diferentes raças no Brasil e em outros países.

Santos et al. (2003) determinaram o crescimento dos animais, com registros desde o nascimento do animal até este completar 45 Kg de peso vivo em ovinos Bergamácia em Lavras, MG, e a curva descrita para ajustar melhor os dados de peso e idades dos animais, foi a de Gompertz. McManus et al. (2003), também trabalhando com a raça Bergamácia, estimaram curvas de crescimento com pesagens a cada duas semanas desde o nascimento até os animais completarem 2000 dias, criados no Distrito Federal, e a curva recomendada foi a Logística.

Ainda com esta mesma raça e também com a raça Santa Inês, em Lavras, MG, curvas de crescimento foram analisadas a partir das médias das idades e dos pesos dos animais a cada pesagem onde as funções que melhor descreveram o crescimento, foram a de VonBertalanffy e Gompertz, respectivamente (GUEDES et al., 2004).

Guedes et al. (2005), estudaram a curva de crescimento de cordeiros da raça Santa Inês através da Análise Bayesiana, e concluíram que as estimativas para os parâmetros são mais precisos, comparado às obtidas por Guedes et al., (2004), que utilizou o mesmo conjunto de dados para ajustar modelos não lineares.

Pesos e idades de ovinos de raças exóticas e mestiças, oriundos da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, foram ajustados e avaliados por animal por Freitas (2005), do nascimento ao primeiro ano de idade, sendo escolhida a função de VonBertalanffy.

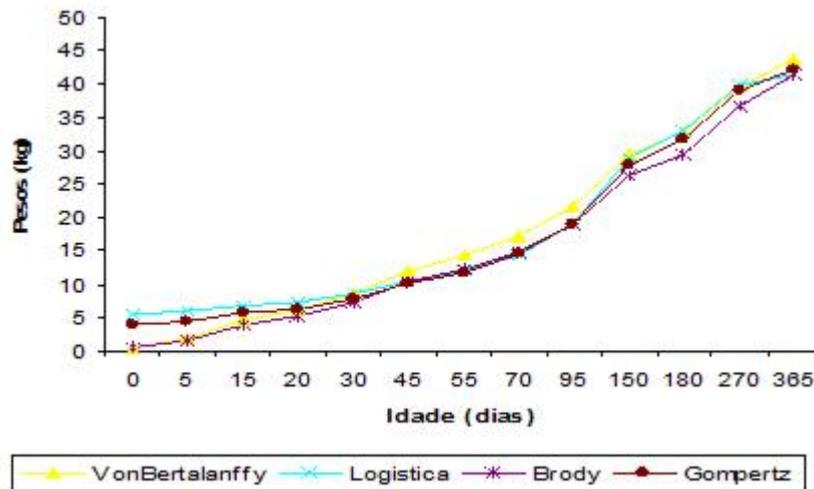
Em rebanho experimental provenientes da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária do estado da Paraíba (EMEPA-PB), Sarmento et al. (2006), somaram 7271 registros de peso ao nascimento até os 196 dias de idade, de 952 cordeiros da raça Santa Inês, controlados de 1983 a 2000, concluindo que deve ser preferido o modelo de Gompertz para descrição da curva media de crescimento.

Utilizando apenas informações de fêmeas de dois rebanhos, Lobo et al. (2006), ambos em ovinos da raça Santa Inês, controladas entre os anos de 1993 e 2004, na Embrapa Tabuleiros Costeiros, e entre 1981 e 2004, na Embrapa Caprinos. Segundo estes autores, a curva de Richards foi a que promoveu melhor ajuste nos dois rebanhos.

Relatos fora do Brasil, sobre estimativas de curvas de crescimento em ovinos, também são encontrados, como exemplos, na Turquia, Topal et al., (2004), determinaram a melhor função não linear em ovinos das raças Morkaraman e Awassi, desde o nascimento até os 360 dias de idade, sendo escolhidas as curvas de Gompertz e VonBertalanffy, respectivamente; enquanto que, Bathaei et al., (1997), analisaram aspectos de curvas de crescimento de ovinos oriundos do Irã, da raça Mehraban, desde o nascimento até os 330 dias, onde a função de Brody foi a escolhida pelo autor.

Em trabalho realizado por Afonso et al. (2006), em Campos dos Goytacazes/RJ, foram registradas as idades e pesos de fêmeas desde o nascimento até idade adulta, durante os anos de 2004, 2005 e início de 2006, totalizando 2432 observações. As idades foram utilizadas para categorizar a faixa etária dos animais em 0, 5, 15, 20, 30, 45, 55, 70, 95, 150, 180, 270, 365 e 740 dias, sendo realizadas pesagens individuais ao nascimento e a cada 15 dias nas cordeiras e mensalmente nas ovelhas adultas, sendo o peso dos animais, para cada idade, usado para ajustar diferentes curvas de crescimento e estimar os parâmetros das funções por regressão não-linear, utilizando o método de Gauss-Newton.

**Figura I – Comparação das Curvas de Crescimento de fêmeas ovinas da raça Santa Inês de Campos dos Goytacazes/RJ, de acordo com as funções de VonBertalanffy, Logística, Brody e Gompertz**

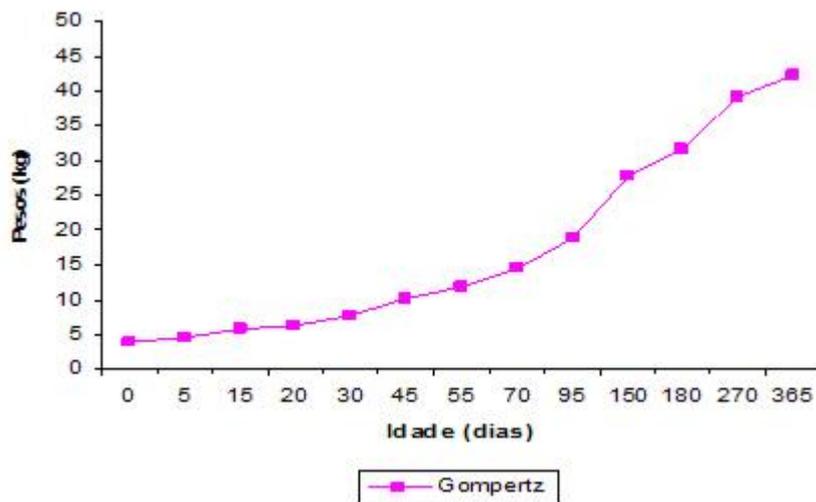


**Fonte: AFONSO et al., 2006**

Neste trabalho, a função de Gompertz apresentou menor número de iterações (n0 iter), ou seja, menor tempo até alcançar a convergência e menor tempo computacional. As funções Logística e de Gompertz, apresentaram o peso à maturidade (A) próximos aos observados e as funções de Brody e de VonBertalanffy superestimaram o peso à maturidade (A), enquanto que, as de VonBertalanffy, Gompertz e Brody apresentaram diferentes taxas de crescimento (K). Já a função de Richards apresentou maior tempo para realizar a convergência, ou seja, maiores dificuldades computacionais sendo que finalmente não alcançou a convergência, dificuldade, esta, alertada por alguns autores (FITZHUGH Jr., 1976; BRACCINI NETO et al., 1996; SARMENTO et al., 2006). As funções Logísticas e Gompertz superestimaram o peso ao nascer, e a função de VonBertalanffy juntamente com a de Brody subestimaram o mesmo. Com relação aos pesos nas outras faixas etárias, os autores concluíram que todos os pesos estimados pelas funções Logística, Gompertz, Brody e VonBertalanffy ajustaram-se com valores próximos. Para o peso a idade adulta (740 dias), as funções Logística e de Gompertz apresentaram valores próximos aos pesos observados, enquanto que as funções de Brody e de VonBertalanffy superestimaram o peso aos 740 dias. De acordo com Afonso et al. (2006), é importante salientar que o peso adulto das fêmeas utilizadas neste trabalho, é menor do que os relatados na literatura, sendo que os

animais utilizados neste trabalho, seguiam o mesmo manejo utilizado para os outros animais da propriedade que resumia-se em manejo extensivo, com capim nativo (*Panicum repens*) sem suplementação mineral. Os pesos ajustados pela função de Gompertz se mostraram mais próximos aos pesos observados, sendo esta, a função escolhida para melhor representar o crescimento de fêmeas ovinas da raça Santa Inês, neste trabalho.

**Figura II: Curva de crescimento de ovelhas da raça Santa Inês, em Campos dos Goytacazes/RJ, de acordo a função de Gompertz**



Fonte: AFONSO et al., 2006

## Conclusões

A ovinocultura de corte brasileira está passando por um período de grandes transformações, principalmente no que se refere à cultura dos produtores, deixando uma atividade de subsistência para fazer parte de um mercado em franca expansão. Não só existe uma forte demanda pela carne de cordeiro, mas também por matrizes, reprodutores e atualmente, por sêmen e embriões. No entanto, muitos destes “multiplicadores” (carneiros e ovelhas), ainda não testados, são considerados como melhoradores de plantéis. O conhecimento das características produtivas e reprodutivas associado às curvas de crescimento dos animais é uma boa ferramenta a ser utilizada em programas de seleção. Por outro lado, a utilização das curvas de crescimento, pode elucidar fatores de influência no crescimento dos animais

em determinada idade, evidenciando algum tipo de erro de manejo, passível de ser corrigido.

## Referências

AFONSO; V.A.C.; QUIRINO, C.R.; COSTA, R.L.D., Aplicação de modelos não-lineares no ajuste de curvas de crescimento em fêmeas ovinas (*Ovis aries*) da raça Santa Inês criadas na região Norte Fluminense/RJ; Monografia – Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes/RJ, 24 p, 2006.

BATHAEI, S. S.; LEROY, P. L. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tiled sheep. *Small Ruminant Research*, 29, p. 261-269, 1998

BRACCINI NETO, J.; DIONELLO, N. J. L.; SILVEIRA JR., P. et al. Análise de curvas de crescimento de aves de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.25, n.6, p. 1062-1073, 1996.

COSTA, R. L. D. 2003. Avaliação do peso e do retorno ao estro em ovelhas e do desempenho ponderal de cordeiros, em ovinos da raça Santa Inês, de acordo com o manejo de amamentação-Brasil. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2003. 89 p..

FITZHUGH Jr., H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of animal Science*, v.42, n.4, p. 1036-1051, 1976.

FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.786-795, 2005.

GOODEWARDENE, L.A., BERG, R.T.; HARDIN, R.T. A growth study of beef cattle. *Canadian Journal of Science*, v.61, p.1041-1048, 1981.

GUEDES, M. H. P.; MUNIZ, J.A.; PEREZ, J. R. O.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H.; SANTOS, L. C. Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias. *Ciências Agrotécnicas*, Lavras, v.28, n.2, p. 381-388, mar./abr, 2004.

GUEDES, M. H. P.; MUNIZ, J.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H. Análise Bayesiana da curva de crescimento de cordeiros da raça Santa Inês. *Arq.Bras.Med.Vet.Zootec*, v.57, n.3, p.415-417, 2005.

LOBO, R. N. B.; VILLELA, L. C. V.; LOBO, A. M. B. O.; PASSOS, J. R. S.; OLIVEIRA, A. A. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p. 1012-1018, maio/junho 2006.

McMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L. A. C; MIRANDA, R. M; MORENO-BERNAL, F. E; SANTOS, N. R. Curvas de crescimento de Ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.5, p. 1207-1212, 2003.

M.TOPAL, M.OZDEMIR, V.AKSALKAL, N.YILDIZ, U.DOGRU. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaramam and Awassi lambs. *Small Ruminant Research*, v.55, p. 229-232, 2004.

NETO, R. J. Composição física da carcaça de cordeiros da raça Santa Inês e seus mestiços e equações pra a sua predição-Brasil. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2002.

SANTOS, C. L.; PEREZ, J. R. O.; MUNIZ, J. A.; LUZ, A. O.; SILVA, A. C.; AZEVEDO, S. T.; NETO, A. L. R. Aplicação de funções para determinação do crescimento absoluto de cordeiros da raça Bergamácia. CADEIA PRODUTIVA DE OVINO CULTURA. Anais do III Simpósio Mineiro de Ovinocultura. Universidade Federal de Lavras, Lavras. p. 283-290, 2003.

SARMENTO, J. L. R.; REGAZZI, A. J.; SOUZA, W. H.; TORRES, R. A.; BREDA, F. C.; MENEZES, G. R. O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p. 435-442, 2006.

SAS, User's Guide: Statistics (1999) Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC.

TEDESCHI, L. O.; BOIN, C.; NARDON, R. F.; LEME, P.R. Estudo da Curva de Crescimento de Animais da Raça Guzera e seus Cruzamentos Alimentados a Pasto, com e sem Suplementação. 1. Análise e Seleção das Funções Não - Lineares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.630-637, 2000.