

DETERMINAÇÃO DO PESO MADURO DE CAPRINOS DA RAÇA SERRANA ECÓTIPO TRANSMONTANO ATRAVÉS DE MODELOS DE CRESCIMENTO

ANTÓNIO MONTEIRO ¹

ÁLVARO CARVALHO ²

SEVERIANO SILVA ²

JORGE AZEVEDO ²

ALFREDO TEIXEIRA ³

¹ Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu.

² Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

³ Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança.

1. Introdução

As curvas de crescimento reflectem as inter-relações entre um impulso individual inato para crescer e atingir a maturação de todas as partes do corpo e o ambiente no qual este impulso se expressa. Este ambiente é composto pelo nível individual de produtividade, a quantidade e qualidade de alimento ingerido e o esforço despendido para o localizar, consumir e digerir (Fitzhugh, 1976).

As curvas de crescimento são modelos matemáticos que tentam descrever as alterações do peso corporal por unidade de tempo ou em relação à idade. No primeiro caso, obtêm-se valores que podem ser facilmente utilizados para comparar os efeitos dos tratamentos ou descrever a taxa de crescimento dos animais. No último caso, a relação do peso com a idade determina as curvas de crescimento que são usadas para descrever os padrões de crescimento dos animais ou tecidos (Trenkle, 1983).

À medida que o animal cresce, dois factores interagem de forma oposta. Um é uma força aceleradora, devido ao aumento do número de unidades replicadoras, enquanto a outra força opostora é a limitação da grande complexidade das estruturas e a capacidade de fornecimento de nutrientes para manter o ritmo do crescimento do corpo (Lawrence e Fowler, 1997). A resultante destas duas forças origina a forma da curva de crescimento.

As curvas do crescimento geralmente têm a forma de S ou sigmoidal, mostrando uniformidade entre as diferentes espécies animais, com excepção da do Homem, que apresenta uma fase juvenil muito longa (Brody, 1945).

A curva do crescimento pode ser dividida em dois segmentos principais. O primeiro segmento como a fase de aumento da velocidade de crescimento e o segundo como a fase de diminuição da velocidade de crescimento, respectivamente fases de auto-aceleração e auto-inibição do crescimento, de acordo com a terminologia de Brody (1945).

A segunda fase de crescimento (fase de auto-inibição) termina quando o animal atinge a maturidade e, em estudos de produção de carne, esta fase pode ter menos interesse, e a sua omissão pode permitir o uso de simples formulações matemáticas. As formas polinomiais são notoriamente más para representar este tipo de curvas que no fim ficam horizontais, requerendo mais parâmetros as polinomiais do que as formas não lineares (Finney, 1978).

A passagem de uma fase para a outra é marcada por um ponto de inflexão, onde ocorre um equilíbrio das forças. Este ponto de inflexão representa, na curva de crescimento, a posição em que os aumentos de velocidade de crescimento cessam e a diminuição da velocidade de crescimento ainda não começou, podendo parecer que o crescimento é aproximadamente linear, representando o ponto onde o ganho é mais rápido e, talvez, o mais económico. Em todos os animais, neste ponto ocorre uma *mudança* da taxa de crescimento (aceleração); nesta altura a aceleração é nula, podendo considerar-se um ponto de equivalência geométrico e de idade fisiológica, no qual se determina a equivalência de idade para diferentes animais. Existe, pelo menos, um estágio fisiológico, pelo

qual todos os animais passam nesta altura, *i.e.*, a puberdade (Brody, 1945). Finney (1978) diferencia este ponto como uma nova fase da curva de crescimento que, conjuntamente com as duas fases anteriormente expostas, passa a ser constituída por três fases.

Neste trabalho procuramos, através de vários modelos, definir as curvas de crescimento dos caprinos da raça Serrana, Ecótipo Transmontano, para estimar o seu peso maduro.

2. Material e Métodos

Neste estudo foram utilizados 104 caprinos machos não castrados e 149 fêmeas da raça Serrana, ecótipo Transmontano. A alimentação foi realizada de acordo com o sistema de exploração tradicional, com os animais em pastoreio e com feno e/ou palha distribuída *ad libitum* à manjedoura no regresso do pastoreio. Foram ainda colocados à disposição dos animais água e blocos de minerais.

Utilizando 696 registos de peso vivo de 104 caprinos Serranos machos não castrados, originários da mesma exploração, desde o nascimento (0 dias) até cerca dos 5 anos (1883 dias) de idade, com um intervalo de pesos entre os 1 e os 64 kg e 4686 registos de peso vivo de 149 fêmeas desde o nascimento (0 dias) até cerca dos 7 anos (2818 dias) de idade, com um intervalo de pesos entre os 0,6 e os 63 kg, obtidos mensalmente (

Quadro 1).

Quadro 1: Caracterização dos registos dos animais

		N	Média	Mínimo	Máximo	D.P.
Machos	Idade (dias)	696	297,4	0	1883	359,3
	Peso (kg)		23,9	1	64	17,9
Fêmeas	Idade (dias)	4686	864,6	0	2818	719,3
	Peso (kg)		30,7	0,6	63	14,6

D.P.-desvio padrão

Os modelos de crescimento foram obtidos a partir do modelo de Richards $\hat{y}_t^n = A^n - (A^n - y_0^n)e^{-kt}$ (Fitzhugh, 1976, Brown *et al.*, 1976, Bakker e Koops, 1978, Doren e Baker, 1989, Beltrán *et al.*, 1992, France e Thornley, 1984, Lawrence e Fowler, 1997), substituindo o parâmetro n pelos seguintes valores, 1, 1/3, 0 e -1, obtendo-se então as funções de crescimento de Brody, von Bertalanffy, Gompertz e o modelo logístico, respectivamente (Bakker e Koops, 1978):

$$\begin{aligned}
 n = 1 : & \quad \hat{y}_t = A - (A - y_0)e^{-kt} \\
 n = 1/3 : & \quad \hat{y}_t^{1/3} = A^{1/3} - (A^{1/3} - y_0^{1/3})e^{-kt} \\
 n \rightarrow 0 : & \quad \ln \hat{y}_t = \ln A - (\ln A - \ln y_0)e^{-kt} \\
 n = -1 : & \quad \hat{y}_t = A^{-1} - (A^{-1} - y_0^{-1})e^{-kt}
 \end{aligned}$$

A estimativa dos parâmetros dos modelos de crescimento foi realizada através do programa Statistica 4.5 (Statsoft, 1998), aplicando o módulo de estimação não-linear e o processo iterativo Simplex e/ou Quasi-Newton, com 0,000001 como precisão do critério de convergência.

3. Resultados e Discussão

O peso maduro (A), peso ao nascimento (y_0) e taxa de maturação (k) e seus erros padrão estimados pelos modelos de crescimento para os machos e fêmeas são apresentados no Quadro 2. O peso maduro estimado para os machos pelo modelo de Brody foi o que obteve tanto a maior estimativa do peso maduro como a menor estimativa

do peso ao nascimento, ficando também nas fêmeas muito próximo dos valores do modelo de Richards, que foi o que obteve a estimativa mais alta do peso maduro e a mais baixa para o peso ao nascimento nas fêmeas, indo estes valores de encontro ao descrito por Brown *et al.* (1976).

O modelo de Gompertz sobrestima os pesos ao nascimento e a estimativa do peso à maturidade é intermédia à dos outros modelos. Também os modelos de Bertalanffy e o logístico sobrestimam os pesos ao nascimento, mas o logístico apresenta também a menor estimativa de peso à maturidade.

O modelo de Richards fornece valores, tanto para o peso ao nascimento, como para o peso à maturidade, mais próximos dos reais do que os outros modelos. Este modelo tende a mostrar um melhor ajustamento dos dados que os outros modelos, nomeadamente por ser um modelo com 4 parâmetros, mas existe uma maior dificuldade na obtenção da solução. No entanto, verificamos que os modelos mais simples fazem um ajustamento dos dados idêntico ao modelo de Richards, nomeadamente no caso das fêmeas. O ajustamento dos dados nas fêmeas não teve em conta a variação no peso devido à gestação e lactação, dado a impossibilidade de, neste estudo, se recolherem estes dados, mas, mesmo assim, a precisão dos modelos foi semelhante ao obtido nos modelos dos machos. Em termos médios, o valor do peso maduro para os machos foi de 55,4 kg e para as fêmeas 44,9 kg.

Quadro 2: Peso maduro (A), peso ao nascimento (y_0) e taxa de maturação (k) e seus erros padrão estimados pelos modelos de crescimento para os machos e fêmeas.

Equação	A	Erro Padrão	y_0	Erro Padrão	k	Erro Padrão	n	Erro Padrão	R ²	DPR
machos										
Brody	59,2	0,646	1,91	0,243	0,0024	0,0001	-	-	0,963	3,443
Bertalanffy	55,2	0,492	3,77	0,188	0,0042	0,0001	-	-	0,965	3,348
Gompertz	54,1	0,439	4,51	0,175	0,0051	0,0001	-	-	0,963	3,443
Logístico	52,0	0,453	5,98	0,189	0,0081	0,0002	-	-	0,954	3,824
Richards	56,3	1,087	3,12	0,307	0,0035	0,0004	0,5818	0,1201	0,966	3,322
Média	55,4		3,86		0,0047					
Fêmeas										
Brody	45,9	0,170	3,10	0,193	0,0020	0,00003			0,898	4,676
Bertalanffy	44,7	0,151	5,42	0,149	0,0028	0,00004			0,894	4,762
Gompertz	44,3	0,146	6,21	0,142	0,0032	0,00005			0,892	4,824
Logístico	43,6	0,145	7,76	0,142	0,0046	0,00008			0,883	5,013
Richards	46,1	0,240	2,71	0,287	0,0019	0,00007	1,09	0,00481	0,898	4,674
Média	44,9		5,04		0,0029					

No

Quadro 3 apresentam-se os pesos e as idades nos pontos de inflexão dos vários modelos. O modelo de Richards originou um ponto de inflexão a um peso e a uma idade consideravelmente menores do que os outros modelos, sendo que os pontos de inflexão do modelo logístico e do modelo de Gompertz obtiveram valores intermédios e o de Bertalanffy o valor de peso mais baixo. Apesar de, nos machos, o peso ser superior ao das fêmeas, a idade estimada é inferior à das fêmeas, podendo dever-se a factores que levaram a que as fêmeas não tivessem as mesmas oportunidades de crescimento que os machos, como gestações precoces ou uma menor alimentação. Também num estudo de Baptista (1989), os bodes Serranos atingiram a puberdade com a idade entre os 188-265 dias e com pesos de 15,4-21,4 kg.

Quadro 3: Pesos e idades no ponto de inflexão nos vários modelos

Peso no ponto de inflexão (kg)		Idade no ponto de inflexão (dias)	
Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas

Brody	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
Bertalanffy	16,5	13,2	138	147
Gompertz	20,0	16,4	181	210
Logístico	26,0	21,8	253	334
Richards	12,6	1,4	97	3

Podemos observar, no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, a correlação dos parâmetros dos modelos, em que, no modelo de Richards, ao contrário dos outros modelos, o parâmetro A apresenta uma correlação negativa com y_0 , e este uma correlação positiva com o parâmetro k, tendo ambos os parâmetros altas correlações com o parâmetro n, podendo condicionar as estimativas dos outros parâmetros, fazendo com que as relações entre eles possam ser mais de origem matemática que biológica, tornando mais difícil a sua avaliação por causa das suas interdependências, tal como o referido por DeNise e Brinks, (1985). Assim, o parâmetro A continua a estimar a mesma característica nos vários modelos, mas os parâmetros y_0 e k perdem a sua simples interpretação biológica (DeNise e Brinks, 1985).

Quadro 4: Coeficientes de correlação dos parâmetros dos modelos

		Parâmetros			
		A	y_0	k	n
Machos	Brody A	1,000			
	Y0	0,281	1,000		
	k	-0,891	-0,503	1,000	
	Bertalanffy A	1,000			
	Y0	0,387	1,000		
	k	-0,808	-0,719	1,000	
	Gompertz A	1,000			
	Y0	0,343	1,000		
	k	-0,735	-0,747	1,000	
	Logística A	1,000			
	Y0	0,402	1,000		
	k	-0,673	-0,839	1,000	
	Richards A	1,000			
	Y0	-0,540	1,000		
	k	-0,938	0,651	1,000	
n	0,871	-0,760	-0,978	1,000	
Fêmeas	Brody A	1,000			
	Y0	0,324	1,000		
	k	-0,801	-0,614	1,000	
	Bertalanffy A	1,000			
	Y0	0,374	1,000		
	k	-0,735	-0,732	1,000	
	Gompertz A	1,000			
	Y0	0,406	1,000		
	k	-0,722	-0,773	1,000	
	Logística A	1,000			
Y0	0,401	1,000			

	k	-0,645	-0,829	1,000	
Richards A		1,000			
	Y0	-0,366	1,000		
	k	-0,913	0,500	1,000	
	n	0,785	-0,684	-0,945	1,000

Os modelos indicaram (à exceção do de Richards) que quanto maior for o peso maduro (A), maior será o peso ao nascimento estimado (y_0), enquanto que a correlação negativa entre A e k em todos os modelos indica que os animais de maturação precoce tendem a crescer até menores pesos maduros. Fitzhugh e Taylor (1971) e Brown *et al.* (1976) também chegaram a conclusões similares sobre a relação entre a taxa de maturação e o peso maduro de fêmeas bovinas.

4. Conclusões

Os modelos de crescimento conseguiram estimar com precisão o crescimento dos machos e das fêmeas, obtendo-se o peso maduro médio para os machos de 55,4 kg e de 44,9 kg para as fêmeas. No entanto, nos machos, a precisão dos modelos foi maior, podendo, no caso das fêmeas, devido à flutuação sazonal do seu peso por causa da gestação, em que aumenta, e posterior diminuição ocasionada pela lactação, dificultar a obtenção dos modelos de crescimento. O ajustamento dos modelos à flutuação do peso devido à gestação e lactação só é possível se tiver registos de parto e de contraste leiteiro ou, no mínimo, da data de secagem ou desmame, que, nas explorações caprinas tradicionais para a produção de carne, são inexistentes e/ou muito difíceis de obter.

Verificamos, também, que o modelo de Richards, apesar de ser um modelo mais flexível para ajustar os dados, não apresentou vantagens relativamente aos outros modelos com 3 parâmetros e logo com maior tendência a obter uma solução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER, H. e Koops, W. J., 1978. An approach to the comparison of growth curves of Dutch Friesian, British Friesian and Holstein Friesian cows. In Patterns of growth and development in cattle. Ed. H. De Boer and J. Martin, pp. 705-716.
- BAPTISTA, M.C. 1989. Determinação da puberdade em cabritos da raça «Serrana». Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, publicação online.
- BELTRÁN, J. J., Butts, W. T., Olson, T. A. e Koger, M., 1992. Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. J. Anim. Sci. 70: 734-741.
- BRODY, S., 1945. Bioenergetics and growth. Rheinhold Pub. Corp., N.Y.
- BROWN, J. E., Fitzhugh, H. A. Jr., Cartwright, T. C., 1976. A comparison of non-linear models for describing weight-age relationships in cattle. J. Anim. Sci. 42: 810-818.
- DENISE, R. S. Kersey e Brinks, J. S., 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. J. Anim. Sci. 61: 1431-1440.
- DOREN, P. E. e Baker, J. F., 1989. Estimating parameters of growth curves of bulls. J. Anim. Sci. 67: 1432-1445.
- FINNEY, D. J., 1978. Growth curves: their nature, uses and estimation. In Patterns of growth and development in cattle. Ed. H. De Boer and J. Martin, pp. 658-672.
- FITZHUGH, H. A. Jr. e Taylor, St. C. S., 1971. Genetic Analysis of Degree of maturity. J. Anim. Sci. 33 (4): 717-725.
- FITZHUGH, H. A. Jr., 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. J. Anim. Sci. 42: 1036-1051.
- FRANCE, J. e Thornley, J.H.M., 1984. Growth functions. In Mathematical models in agriculture. Ed. Butterworths, pp. 75-93.
- LAWRENCE, T. L.J.; Fowler, V. R. Prenatal and postnatal growth. In: Growth of farm animals. CAB International, 1997 cap. 193-215
- STATSOFT. 1998. Statistica for windows. StatSoft, Inc
- TRENKLE, A. and, D. N. Marple, 1983. Growth and development of meat animals. J. Anim. Sci. 57: 273.