

Curvas de Crescimento de Ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal

Concepta McManus¹, Cibele Evangelista², Luiz Augusto Costa Fernandes², Roberto Meirelles de Miranda¹, Francisco Ernesto Moreno-Bernal¹, Natalia Ribeiro dos Santos¹

RESUMO - A análise de um banco de dados de crescimento em ovinos Bergamácia (pesos até dois anos de idade de 1982 a 1996) foi feita usando-se métodos não-lineares para determinar parâmetros de três curvas (Brody, Richards e Logística) de crescimento. Os parâmetros das curvas foram analisados pelo Statistical Analysis System (SAS) usando o procedimento GLM e CORR para determinar fatores que influenciaram os parâmetros e as correlações entre os parâmetros e pesos dos animais. O sistema de manejo foi semi-extensivo com os ovinos ao pasto durante o dia e presos à noite para proteger dos predadores. Os fatores fixos incluídos foram ordem do parto, sexo do cordeiro, tipo de nascimento, mês e ano. As médias dos parâmetros das curvas foram: Richards - $A = 50,024$, $B = 0,647$, $k = 0,003$, $M = 17,771$ e $R^2 = 0,838$; Brody - $A = 52,763$, $B = 0,885$, $k = 0,003$, $R^2 = 0,842$; Logístico - $A = 47,894$, $B = -3,895$, $k = 0,007$ e $R^2 = 0,840$. O meio ambiente influenciou o crescimento e a reprodução de ovinos na região de Brasília. A correlação negativa entre k e A indica que animais que amadurecem mais cedo têm menos probabilidade de atingir pesos adultos mais altos que animais que amadurecem tardiamente. A curva Logística estimou o peso adulto dos animais com média inferior às das outras curvas. Os pesos atuais estão, contudo, mais bem correlacionados com os estimados pela Logística. Não houve diferença entre os três tipos de curvas em termos de R^2 . O quadrado médio do resíduo foi maior para a curva de Richards. A curva recomendada para ajustar dados de crescimento de ovinos da raça Bergamácia é Logística.

Palavras-chave: curvas de crescimento, ovinos, fatores ambientais

Parameters for Three Growth Curves and Factors that Influence Them for Bergamasca Sheep in the Brasilia Region

ABSTRACT - Fifteen years of data from a flock of Bergamasca sheep weighed every two weeks was analyzed using non-linear methods to determine parameters of three growth curves (Brody, Richards and Logistic). The curve parameters were analyzed using Statistical Analysis System (SAS) procedures GLM and CORR to determine factors which influenced them and correlations between the parameters and weights at determined ages. Fixed effects in the model included lambing number, sex of lamb, type of birth and month and age of lambing. The management system is semi-extensive, with the sheep at pasture during the day and imprisoned at night to protect them against predators. Means of the parameters were: Richards; $A = 50.024$, $B = 0.647$, $k = 0.003$, $M = 17.771$ and $R^2 = 0.838$; Brody; $A = 52.763$, $B = 0.885$, $k = 0.003$, $R^2 = 0.842$; Logistic; $A = 47.894$, $B = -3.895$, $k = 0.007$ and $R^2 = 0.840$. The environment influenced the growth of sheep in the region of Brasilia. The Logistic curve estimated adult weights lower than the other curves but the actual weights were better correlated with those estimated by this curve. There was no difference between the curves in terms of R^2 , and the error mean square was higher for the Richards curve. The negative correlation between A and k indicates that early maturing animals were less likely to reach high mature weights, compared with late maturing ones. The recommended curve for adjusting growth curves in Bergamasca sheep is the Logistic curve.

Key Words: growth curves, sheep, fixed effects

Introdução

O aumento no consumo de carne ovina no Brasil (Furusho et al., 1995) 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.

As curvas de crescimento que relacionam o peso do animal com a sua idade utilizam modelos não lineares

para condensar grande volume de informação em um pequeno conjunto de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente. A associação desses parâmetros às características produtivas e reprodutivas dos animais é uma boa ferramenta a ser utilizada em um programa de seleção (Eisen et al., 1969; Brown et al., 1972; Fitzhugh Jr., 1976; Rosa et al., 1979).

Os parâmetros apropriados das funções de crescimento poderiam também ser usados para calcular e prever linhas de crescimento e de maturidade dos

¹ Professor, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, CEP: 70910-900. E.mail: concepta@unb.br
² Aluno, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, CEP: 70910-900.

animais puros ou grupos cruzados (Goodewardene et al., 1981). Modelos não lineares têm sido usados para ajustar o relacionamento entre tamanho e idade dos animais. A forma geral desses modelos, referida como função Richard, é representativa de um número infinito de casos incluindo as funções Brody, von Betalanffy, Gompertz e Logística (Fitzhugh Jr., 1976).

O objetivo deste trabalho foi comparar três curvas de crescimento com dados de crescimento de ovinos criados semi-extensivamente na região de Brasília.

Material e Métodos

Coleção de dados e manejo dos animais

O rebanho da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília foi formado em 1982 usando ovelhas da raça Bergamácia. O clima caracteriza-se por duas estações bem definidas, uma das águas, que recebe quase toda precipitação (outubro a abril), e outra de seca, quase sem chuvas (maio a setembro). Os animais foram mantidos em regime semi-extensivo em piquetes de andropogon (*Andropogon guyanus*) e grama pennsacola (*Paspalum notatum*) recebendo pequena suplementação de silagem de milho, cana e capim picado na estação seca. Todos os animais receberam mistura mineral à vontade e vermífugo regularmente, de acordo com o nível de OPG. A tosquia da raça Bergamácia foi feita anualmente ao final da estação das águas. A monta aconteceu o ano todo e a desmama, quando os cordeiros tinham aproximadamente três meses de idade. As melhores fêmeas foram preservadas para a reprodução, enquanto os cordeiros foram vendidos aproximadamente seis meses depois da parição. Os cordeiros foram identificados em relação às mães e o tipo de parto (simples/duplos/triplos) foi registrado juntamente com a data do nascimento. Todos os animais foram pesados a cada duas semanas. Registros de mortes (cordeiros e adultos) e do peso da lã também foram realizados.

Modelos de crescimento

Os pesos bi-mensais foram analisados usando as curvas de Brody, Richards e Logística. A função Richards descreve mudanças no tamanho Y (peso) em relação à idade t , sendo representada pela equação $Y_t = A(1 \pm Be^{kt})^m$. A interpretação dos parâmetros dessa função é a seguinte: A é o valor assintótico, interpretado como peso assintótico ou medida do peso à maturidade; B , o parâmetro escala (constante

de integração), indicando a proporção do crescimento assintótico a ser ganho depois do nascimento, estabelecido pelos valores iniciais de Y e t ; k , o índice de maturidade ou medida de precocidade. Fazendo-se k^{-1} , obtém-se o intervalo de tempo gasto para atingir a maturidade, o que serve para medir as mudanças no grau de maturidade (Taylor & Craig, 1965). Maior valor de k indica os animais que chegam à maturidade mais cedo; M é o parâmetro de inflexão, que estabelece o grau de maturidade u no ponto de inflexão $u_i = [(M-1)/M]^M$, sendo u_t a proporção de peso atingido à idade t : $u_t = Y_t/A = (1 - Be^{-kt})^M$; e é base de Napier para logaritmos naturais. As curvas de Brody e Logística são, respectivamente, $Y_t = A - Be^{-kt}$ e $Y_t = A(1 + be^{-kt})^{-1}$, cujos parâmetros têm as mesmas definições que os da curva de Richards. Estimativas individuais dos parâmetros de crescimento foram obtidas usando o método Gauss-Newton modificado no procedimento NLIN (SAS, 1999). Convergência foi assumida quando a diferença em soma de quadrados residuais entre o $i^{esimo} - 1$ e i^{esimo} interação foi $< 10^{-8}$. O quadrado médio do resíduo foi calculado para cada função para cada animal. As estatísticas usadas para avaliar a qualidade de ajuste incluíram R^2 e distância entre atual e quadrado médio resíduo.

Os parâmetros das curvas foram analisados no SAS (1999), com os procedimentos GLM e CORR, para determinar fatores que influenciaram os parâmetros e as correlações entre os parâmetros e pesos dos animais. Fatores fixos incluídos foram ordem de parto (1º, ..., 6º), mês (jan., ..., dez.) e ano (1982, ..., 1998) de nascimento, sexo do cordeiro e tipo de nascimento (simples ou múltiplo). O arquivo completo de dados contém aproximadamente 24.933 pesagens, em 1343 animais nascidos no período.

Resultados e Discussão

O sumário dos parâmetros calculados encontra-se na Tabela 1 e Figura 1, com os resíduos das curvas padrão na Figura 2. Em geral, as várias curvas estimaram parâmetros similares. As curvas de Brody e Richards estimaram peso à maturidade mais alto que a curva Logística. A Logística também estimou o parâmetro B muito diferente das outras curvas, mas este parâmetro foi responsável por menos de 0,0001% do ajustamento das curvas em todos os casos. A média do coeficiente de determinação (R^2), em todos os casos, foi alta (0,849-0,863). Os coeficientes de variação foram, em geral, altos para todos os

Tabela 1 - Resumo dos parâmetros das curvas de crescimento de ovinos Bergamácia no DF

Table 1 - Summary of parameters of growth curves for Bergamasca sheep in the Federal District

Variável Variable	Média Mean	DP SD	CV
Richards A	48,948	14,822	30,28
Richards B	0,712	0,392	55,06
Richards <i>k</i>	0,003	0,002	66,67
Richards M	10,604	24,800	233,87
Richards R ²	0,863	0,087	10,08
Brody A	50,172	14,920	29,74
Brody B	0,887	0,069	7,78
Brody <i>k</i>	0,002	0,002	100,00
Brody R ²	0,857	0,087	10,15
Logística A	48,011	15,246	31,76
Logística B	-3,554	1,437	40,43
Logística <i>k</i>	0,006	0,004	66,67
Logística R ²	0,849	0,091	10,72

CV - coeficiente de variação, DP - desvio-padrão.
CV - coefficient of variation; SD - standard deviation.

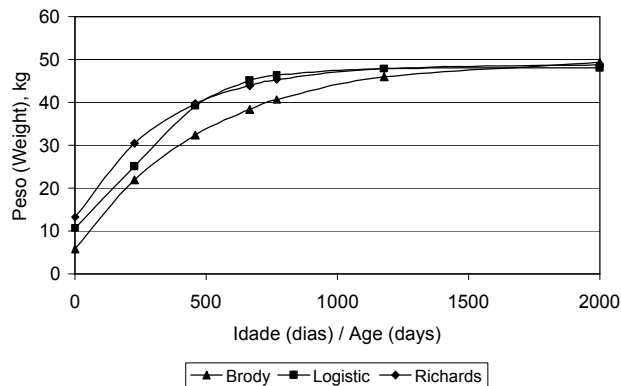


Figura 1 - Curvas de crescimento para ovinos Bergamácia.

Figure 1 - Growth curves for Bergamasca sheep.

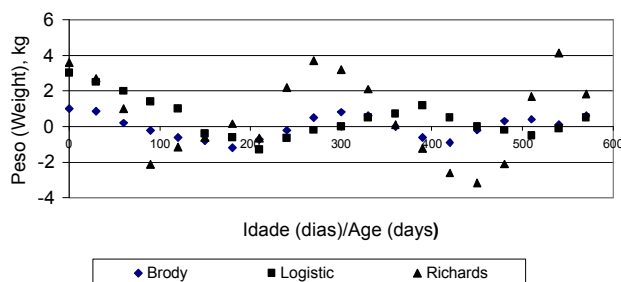


Figura 2 - Médias dos resíduos das três curvas de crescimento para ovinos Bergamácia.

Figure 2 - Means of residuals for three growth curves for Bergamasca sheep.

parâmetros estudados. Isso se deve à alta variação encontrada, em função das mudanças nos pesos dos animais, devido à sazonalidade das chuvas, refletindo a disponibilidade de alimento.

A curva de Richards teve o maior R², talvez porque tem mais parâmetros. Como pode ser observada na Figura 1, a curva de Brody cresce mais devagar, chegando ao nível assintótico a uma idade mais avançada do que as outras duas curvas. As curvas Logística e Richards superestimaram o peso ao nascer. A curva Logística chega ao nível assintótico mais rapidamente que as outras curvas. O valor de peso adulto estimado pelas três curvas está abaixo dos normais para a raça e abaixo dos valores observados para pesos máximos dos animais, devido, provavelmente, à incidência de fatores climáticos. Os animais permaneceram em uma estação seca de aproximadamente seis meses, chegando a perder entre 10 e 20 kg. O valor do peso adulto estimado representa a média dos pesos das duas estações. Os animais atingem 50% do seu peso adulto estimado aos 139 dias de idade pela curva de Richards, aos 225 dias na curva Logística e 285 dias pela curva de Brody.

Quando foram investigados os resíduos das curvas, notou-se (Figura 2) que a curva de Richards teve maior variação em torno dos pesos registrados dos animais, com quadrado médio maior. As diferenças entre as outras duas curvas foram menores, com a curva de Brody variando menos.

Em geral, as correlações entre os mesmos parâmetros nas diferentes curvas são altas e positivas (Tabela 2), especialmente no que se refere ao parâmetro *A*. Em termos de correlações com os pesos atuais dos animais entre nascimento (WB) e um ano de idade (W12), o parâmetro *A* da curva Logística teve a maior correlação com pesos aos 3 meses (W3) e a um ano (W12). Quanto ao parâmetro *k*, as correlações entre as curvas também foram altas e positivas, destacando-se grande proximidade entre os resultados das três curvas. As correlações entre *A* e pesos imaturas indicam que a seleção para peso a qualquer idade depois de 6 meses de idade pode causar aumento correlacionado ao peso adulto.

Biologicamente, o relacionamento mais importante para uma única curva é entre *A* e *k*. A correlação negativa entre estes parâmetros indica que animais que amadurecem mais cedo têm menos probabilidade de atingir pesos adultos mais altos que animais que amadurecem mais devagar. Os resultados desta pesquisa foram similares aos obtidos por Bathaei & Leroy (1996).

Tabela 2 - Correlações entre os parâmetros das curvas de crescimento e pesos às idades padrão

Table 2 - Correlations between parameters of growth curves and weight at standard ages in Bergamasca sheep

	Ric A	Ric B	Ric <i>k</i>	Ric M	Bro A	Bro B	Bro <i>k</i>	Log A	Log B	Log <i>k</i>
Ric A		0,315	-0,522	-0,280	0,801	-0,029	-0,451	0,765	0,029	-0,157
Ric B			-0,583	-0,689	0,186	-0,305	-0,207	0,273	0,424	-0,174
Ric <i>k</i>				0,556	-0,466	0,402	0,780	-0,402	-0,387	0,530
Ric M					-0,227	0,351	0,275	-0,230	-0,548	0,269
Bro A						0,081	-0,555	0,861	-0,061	-0,270
Bro B							0,091	0,073	-0,872	0,194
Bro <i>k</i>								-0,500	-0,500	0,721
Log A									0,002	-0,343
Log B										-0,338
WB	-0,118	0,115	0,110	-0,125	-0,133	-0,116	0,106	0,139	0,113	0,082
W3	0,231	0,173	0,006	-0,117	0,272	-0,277	0,096	0,519	0,303	0,056
W6	0,383	0,060	0,054	-0,090	0,441	0,040	0,145	0,654	0,114	0,098
W12	0,382	0,032	0,076	-0,016	0,471	0,131	0,192	0,591	-0,016	0,115

WB – peso ao nascer; W3 – peso aos 3 meses de idade; W6 – peso aos 6 meses de idade; W12 – peso aos 12 meses de idade.
WB – birth weight; W3 – weight at 3 months of age; W6 – weight at 6 months of age; W12 – weight at 12 months of age.

As correlações entre *B* e *k* foram negativas ou perto de zero. Uma possível interpretação biológica para isso pode ser que animais leves à desmama (valores altos de *B*) podem ter taxas de crescimento e índices de maturidade mais baixos (menores valores de *k*). Bathaei & Leroy (1996) obtiveram um resultado aposto com ovinos do Irã.

O peso de um animal flutua durante o ano, devido a muitos fatores (Thompson, 1986; Searle et al., 1989). Foi feita uma análise de variância para determinar quais fatores ambientais influenciaram os parâmetros das curvas (Tabela 3). Como pode ser esperado, o sexo e ano de nascimento influenciaram o peso adulto. A Figura 3 mostra a influência do ano de nascimento sobre o peso adulto, e que as curvas apresentaram resultados próximos. O número do parto também influenciou o peso adulto para as curvas de Richards e Logística.

Os parâmetros da curva de Brody foram mais influenciados quando o parto foi duplo, o qual, porém, não influenciou o peso adulto estimado pelas curvas. Resultados similares foram relatados por Bathaei & Leroy (1996, 1998), os quais constataram que ano de nascimento, sexo, idade da mãe e tipo de nascimento influenciaram as características das curvas de crescimento de ovinos, no Irã. Influência de sexo e tipo de nascimento no peso adulto também foram relatados por Weiner (1967) e Pitchford (1993).

A significância do ano de nascimento e do tipo de nascimento no valor *B* é uma indicação do relacionamento de *B* com mudanças em peso no início da vida dos animais (Bathaei & Leroy, 1996, 1998).

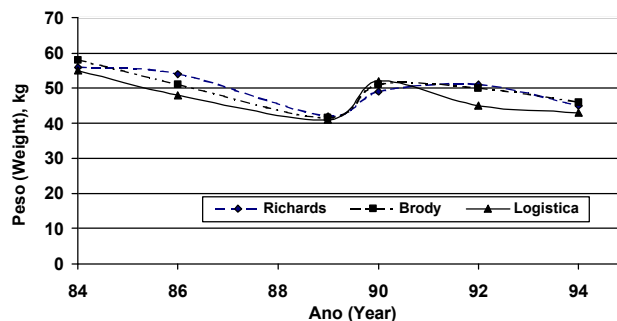


Figura 3 - Efeito do ano de nascimento no peso adulto dos ovinos Bergamácia.

Figure 3 - Year of birth effect on adult weight in Bergamasca sheep.

O efeito do sexo (Figura 4) mostra machos mais pesados que fêmeas quando adultos. Os coeficientes de determinação (R^2) foram mais altos para machos (89%) do que para fêmeas (84%), talvez por causa do aumento da variação do peso da fêmea com a prenhez. Os machos foram, aproximadamente, 20% mais pesados à maturidade que as fêmeas.

O número do parto também influenciou o peso adulto para as curvas de Richards e Logística. Os parâmetros da curva de Brody foram mais influenciados quando o animal nasce de parto duplo, mas o parto duplo não influenciou o peso adulto estimado pelas curvas e nem a precocidade. Na curva de Richards, o ponto de inflexão foi influenciado pelo mês e ano de

Tabela 3 - Resumo das análises das variâncias nos parâmetros das curvas de crescimento de ovinos da raça Bergamácia
 Table 3 - Summary of variance analyses of the growth curve parameters of Bergamasca sheep

Curva Curve	A	B	k	M
Richards				
R ²	0,446	0,384	0,571	0,617
CV	26,12	49,52	72,41	159,46
		(x10 ⁻⁵)		
Sexo Sex	2695,64**	0,008 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,335 ^{ns}
Ano Year	589,15**	0,312*	4,81**	1492,66**
Número de parição Lambing number	361,63*	0,044 ^{ns}	4,00 ^{ns}	152,90 ^{ns}
Mês Month	105,62 ^{ns}	0,207 ^{ns}	0,39 ^{ns}	2261,05**
Gêmeos Type of lambing	495,69 ^{ns}	0,705*	5,45 ^{ns}	922,77 ^{ns}
Brody				
R ²	0,392	0,389	0,551	
CV	26,316	6,62	56,64	
		(x10 ⁻⁵)		
Sexo Sex	556,46*	0,006 ^{ns}	3,36**	
Ano de nascimento Year of birth	3462,24**	0,022*	0,91*	
Número de parição Lambing number	110,65 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,21 ^{ns}	
Mês de nascimento Month of birth	173,27 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,23 ^{ns}	
Gêmeos Type of lambing	60,90 ^{ns}	0,014*	1,16*	
Logística				
R ²	0,535	0,396	0,489	
CV	23,82	-34,91	58,20	
	(x10 ⁻⁵)			
Sexo Sex	3835,35**	11,231**	3,36 ^{ns}	
Ano de nascimento Year of birth	507,42**	1,532 ^{ns}	18,53**	
Número de parição Lambing number	292,25*	1,476 ^{ns}	2,19 ^{ns}	
Mês de nascimento Month of birth	183,51 ^{ns}	3,105*	0,70 ^{ns}	
Tipo de nascimentos Type of lambing	88,73 ^{ns}	10,675*	2,14 ^{ns}	

* P<0,05, ** P<0,01

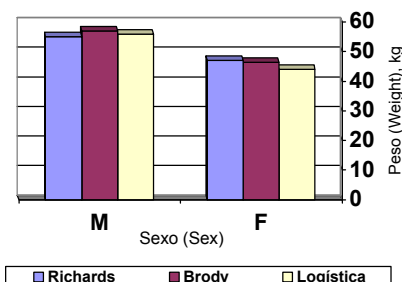


Figura 4 - Efeito do sexo sobre peso adulto em ovinos Bergamácia.

Figure 4 - Effect of sex on adult weight in Bergamasca sheep.

nascimento e não foi afetado pelo sexo, número de parto e parto duplo. Somente na curva de Brody o sexo influenciou a precocidade. O ano de nascimento exerceu expressiva influência em todas as curvas para esse parâmetro.

O efeito de ano de nascimento sobre o índice de maturidade (Figura 5) é esperado, porque a magnitude dos efeitos ambientais é relacionada com a idade e grau de desenvolvimento encontrado nos animais no tempo específico (Bathaei & Leroy, 1996). Animais de parto simples, em geral, amadurecerem mais

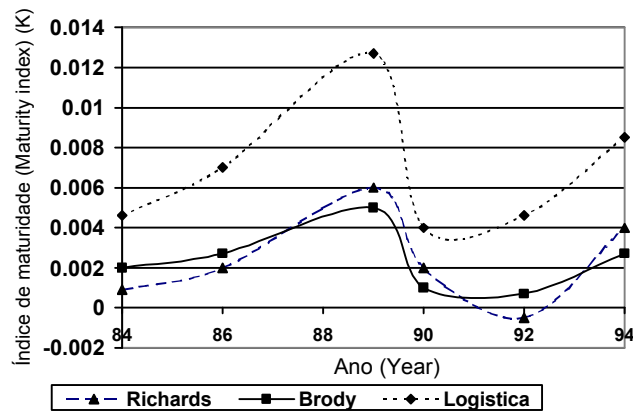


Figura 5 - Efeito do ano sobre o índice de maturidade em ovinos Bergamácia.

Figure 5 - Effect of year on maturity index in Bergamasca sheep.

rapidamente que os de parto duplo, mas isto só foi significativo para a curva de Brody (0.88 vs 0.90, respectivamente).

Conclusões

Crescimento de cordeiros é muito importante para o produtor. Conhecimento de fatores que influem na curva de crescimento pode ajudar em programas de manejo e melhoramento. Redução do crescimento em sistemas de criação pode ser devida à falta de alimentos relacionada com variação sazonal, alta pressão de pastejo e mau manejo. As curvas não diferem significativamente entre si, mas em termos práticos a curva Logística tem menos parâmetros do que a curva de Richards e tem maior correlação com os pesos dos animais. Assim, a Logística deve ser a curva preferida para o ajuste de dados para a raça Bergamácia.

Literatura Citada

- BATHAEI, S.S.; LEROY, P.L. Growth and mature weight of Mehraban Iranian fat-tailed sheep. **Small Ruminant Research**, v.22, p.155-162, 1996.
- BATHAEI, S.S.; LEROY, P.L. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. **Small Ruminant Research**, v.29, p.261-269, 1998.
- BROWN, J.E.; BROWN, C.J.; BUTTS, W.T. A discussion of the genetic aspects of weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.34, p.525-537, 1972.
- EISEN, E.J.; LANG, B.J.; LEGATES, J.E. Comparison of growth functions within and between line of mice selected for large and small body weight. **Theoretical and Applied Genetics**, v.39, p.251-260, 1969.
- FITZHUGH Jr., H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, p.1036-1051, 1976.
- FURUSHO, I.F.; PEREZ, J.R.O.; OLIVEIRA, M.V.M. Avaliação de desenvolvimento de cordeiros Santa Inês e cruzas Texel x Santa Inês e Texel x Bergamácia até o desmame. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.441-442.
- GOONEWARDENE, L.A.; BERG, R.T.; HARDIN, R.T. A growth study of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.61, p.1041-1048, 1981.
- PITCHFORD, W.S. growth and lambing performance of ewe from crosses between Dorset Horn Merino and Corriedale. **Livestock Production Science**, v.33, p.127-139, 1993.
- ROSA, A.N.; SILVA M.A.; MILAGRES, J.C. et al. Mudança da curva de crescimento de animais da raça Nelore mediante o uso de índices de seleção. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.8, p.610-621, 1979.
- SEARLE, T.W.; GRAHAM, N. McC.; DONNELLY, J.B. Change of skeletal dimensions during growth in sheep: the effect of nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v.112, p.321-327, 1989.
- SAS STATISTICAL ANALYSIS. **User's guide**. Cary: 1995, 295p.
- THOMPSON, J.M. Production form large and small sheep. In: ARE BIG SHEEP BEST? **Proceedings...** Katanning: Australian Society Animal Production, 1986. p.1-12.
- WEINER, G. A comparison of body size, fleece weight and maternal performance of five breeds of sheep kept on one environment. **Animal Production**, v.9, p.177-195, 1967.

Recebido em: 11/04/01

Aceito em: 24/09/02