



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Utilização de modelos não lineares para descrever a curva de crescimento de caprinos leiteiros da raça Alpina.

Yara Lauriano da Cunha

Viçosa

I /Ano 2014

**Utilização de modelos não lineares para descrever a curva de crescimento
de caprinos leiteiros da raça Alpina**

Yara Lauriano da Cunha

Orientador: Antonio Policarpo Souza Carneiro

Co-orientador: Hinayah Rojas de Oliveira

Trabalho elaborado para cumprir a disciplina FIT 499 – Trabalho de Conclusão de Curso, como exigência obrigatória para integralização curricular do Curso de Agronomia.

Viçosa – MG

I /2014

SUMÁRIO

RESUMO	ii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
Curvas de Crescimento	2
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
CONCLUSÕES.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

RESUMO

*	Autor: Yara Lauriano da Cunha
Título: Utilização de modelos não lineares para descrever a curva de crescimento de caprinos leiteiros da raça Alpina Orientador(es): Antonio Policarpo Souza Carneiro Co-orientador (es): Hinayah Rojas de Oliveira	
Curso: Agronomia Ano: 2014	
Resumo: Objetivou-se, neste estudo, analisar modelos não lineares para descrever o crescimento em caprinos da raça Alpina. Foram utilizados 1050 informações de massa corporal de 104 animais desde o nascimento, coletadas entre o ano de 2012 a 2014. Os modelos não lineares utilizados foram: Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz. Richards foi o modelo que melhor se ajustou aos dados. Abstract: The objective of this work was to evaluate the application of non-linear models to describe the growth of Alpina goats. 1050 information body mass of 104 animals, which were collected between the years 2012 to 2014 were used. The non-linear models tested were: Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logistic and Gompertz. The Richards model presented the best adjustment.	
Palavras Chave: curva de crescimento, modelos não lineares, alpina, caprinos leiteiros.	

INTRODUÇÃO

A caprinocultura leiteira vem se destacando como importante segmento da pecuária nacional, se consolidando como uma atividade de grande potencial e alta rentabilidade, devido a produção de alimento rico nutricionalmente, com um preço atrativo para o produtor (Gonçalves et al., 2001) e principalmente, por consistir-se em fonte de renda para populações rurais de média e baixa renda (Lôbo et al., 2006) o que a torna uma atividade promissora e estratégica para o Brasil.

De uma maneira geral as raças especializadas na produção de leite são as europeias, cujo potencial produtivo pode ser maximizado quando criadas em clima temperado. No Brasil, cabras das raças Alpina, Saanen e Toggenburg têm uma grande aceitação na caprinocultura (Gonsalves et al. 2001). A raça Alpina, originária dos Alpes europeus, bastante rústica, adaptou-se muito bem no Brasil, sendo uma boa produção de leite e devido desenvolvimento zootécnico. Nas importações iniciais que ocorreram entre as décadas de 70 e 80, foram trazidos animais de origem alemã (então chamadas Pardas Alemãs) e animais de origem francesa. Sua pelagem geralmente é castanho-parda, apresentando linha dorsal e cauda negras, e linha do ventre (barriga) preta, no caso da parda francesa e a cor creme na parda alemã. A cabeça triangular, perfil semicôncavo ou retilíneo, orelhas eretas e curtas. O peso vivo médio das fêmeas é de 50 a 65 kg e dos machos, de 75 a 90 kg (Filho, et al., 2003).

Segundo Silva, (2011) no Brasil, a média diária de produção de leite de cabras da raça Alpina tem variado de média de 2,1 para uma lactação com duração de 240 dias a 280 dias, sendo que seu leite tem mais gordura do que as outras raças leiteiras suíças.

Programas de melhoramento genético de caprinos leiteiros têm sido estabelecidos com a finalidade de melhorar a qualidade, aumentar da produção e produtividade do rebanho. No entanto, ainda existem poucos estudos em melhoramento genético envolvendo a produção de leite das raças caprinas e seus mestiços, principalmente em razão do alto custo do controle leiteiro, registro da produção diária de leite, nesses animais. Porém, o número de publicações

com caprinos utilizando curvas de crescimento são escassos (FREITAS, 2005; MALHADO et al., 2008b; OLIVEIRA et al., 2009).

Contudo, devido à grande quantidade de dados gerados durante o crescimento, podem surgir dificuldades de interpretação de dados, que poderiam ser avaliados por modelos estatísticos apropriados, permitindo condensá-los em poucos parâmetros. Assim, a informação contida nesses dados, se estudadas por modelos matemáticos poderia facilitar o uso da informação (Val et al., 2004).

O estudo das curvas de crescimento deve ser feito utilizando as técnicas apropriadas para obtenção de uma interpretação correta dos parâmetros estimados, contudo, existe uma grande vantagem na utilização dos modelos de regressão não-linear, devido a capacidade que eles possuem de reunir grande volume de informação de pesagens, unindo à idade durante o crescimento do animal com pequeno conjunto de parâmetros biológicos interpretáveis (Braccini Neto et al., 1996).

Objetivou-se neste estudo verificar, entre os modelos de regressão não-lineares de Brody, Gompertz, Logístico, Richards e Von Bertalanffy, aquele que melhor se ajusta aos dados fenotípicos de crescimento de caprinos da raça Alpina.

REVISÃO DE LITERATURA

Curvas de Crescimento

O crescimento animal pode ser analisado de uma forma prática e eficiente por meio do estudo de curvas de crescimento, as quais descrevem uma relação funcional entre peso e idade (Silva et al., 2001). Segundo Fitzhugh (1976) as curvas de crescimento refletem 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. Essas relações que são combinadas pelo

nível de produtividade individual, qualidade e quantidade de alimento ingerido, como também o esforço empregado na localização, consumo e digestão .

Modelos não-lineares são utilizados com o intuito de reduzir um grande número de informações, em um pequeno conjunto de parâmetros contendo interpretações biológicas concretas (McManus et al., 2003).

Na descrição da curva média de crescimento, os modelos matemáticos utilizados na descrição da curva média de crescimento são usados para descrever as alterações do peso corporal por unidade de tempo, ou até mesmo em relação à idade do animal. Valores que são utilizados na comparação dos efeitos dos tratamentos ou para descrever a taxa de crescimento dos animais. Na descrição dos padrões de crescimento médio dos animais serão utilizadas curvas de crescimento que são estabelecidas para a relação do peso com a idade (Trenkle, 1983).

De acordo com Freitas (2007) no estudo da produtividade animal algumas aplicações de curvas médias de crescimento, são destacadas com: redução de três a quatro parâmetros nas características produtivas, visto que alguns destes parâmetros de modelos não-lineares apresentam interpretação biológica, por exemplo, taxa de crescimento, maturidade, entre outros (Freitas, 2005); avaliação do perfil de respostas de tratamento ao longo do tempo; e analisar interações de respostas das subpopulações ou até mesmo estudos com tratamentos ao longo do tempo; observação e identificação em populações de animais mais pesados em idades mais jovens, onde estas informações são obtidas da relação da taxa de maturidade (também chamado de parâmetro k , exprime o índice de declínio na taxa de crescimento relativo) e o peso limite do animal (peso assintótico) (Sandland e Mcgilchrist, 1979; Draper e Smith, 1980; Davidian e Giltinam, 1996); obtenção da variância dentro e entre os indivíduos de enorme interesse em avaliações genéticas (Mansour et al., 1991).

Para que a relação peso-idade seja descrita adequadamente alguns requisitos devem ser: interpretação biológica dos parâmetros da curva, “alta qualidade” de ajuste e facilidade de convergência. Para que um modelo não-linear descreva curvas de crescimento, ele deve conter parâmetros cuja interpretação do ponto de vista biológico de relevância, deve apresentar ajustes com pequenos desvios e também proporcionar “alta taxa” de convergência, uma vez que modelos não-lineares requerem métodos iterativos de estimação

(Fitzhugh Júnior, 1976). De acordo com Malhado (2009), os modelos não-lineares mais utilizados para descrever o crescimento médios dos animais, são as funções: Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logística e Gompertz . Para o uso desses modelos necessita-se do conhecimento do peso corporal (Y) e da idade em dias (t), também determinar alguns parâmetros de interpretação biológica (A, k, e m), além de uma constante matemática (B) (Mazzini,2001) (Tabela 1).

Tabela 1. Forma geral dos modelos não-lineares

Modelo	Forma Geral	Autores
Brody	$y = A(1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$	Brody (1945)
Von Bertalanffy	$y = A(1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$	Von Bertalanffy (1957)
Richards	$y = A(1 - Be^{-kt})^m + \varepsilon$	Richards (1959)
Logístico	$y = A(1 - Be^{-kt})^{-m} + \varepsilon$	Nelder (1961)
Gompertz	$y = Ae^{Be^{-kt}} + \varepsilon$	Laird (1965)

Tais modelos representam o peso adulto ou peso assintótico parâmetro A, onde a estimativa indica o peso à maturidade, ou peso às últimas pesagens (Sarmiento et al., 2006a).

O índice de maturidade ou estimativa de precocidade da maturidade, que determina o rendimento satisfatório ou eficiência do crescimento médio do animal é representado pelo parâmetro k, sendo que o maior valor de k indica que o mais precoce será o animal e vice-versa (Sarmiento et al., 2006a). Obtem-se pela razão entre a taxa de crescimento máxima e o tamanho adulto do animal a observação para este parâmetro k, que expressa a diminuição da taxa de crescimento relativo em t-1, sendo que valores baixos representam taxas de crescimentos relativas mais rápidas (Freitas, 2007). Considera-se em outra observação que este parâmetro é escolhido como um intervalo de maturidade, sendo como uma escala de tempo padrão, coma finalidade de se obter medidas mais precisa na mudança do grau de maturidade (Fitzhugh Junior, 1976). O

parâmetro m ou parâmetro de inflexão, refere-se ao ponto em que o animal muda da fase de crescimento acelerado para a fase de crescimento inibitório, que representa o ponto onde o animal irá crescer com eficiência menor (Tedeschi, 1996). Na função de Richards o parâmetro m é variável, sendo que nas outras funções assumem valores fixos, apresentando formas definidas; nas funções: Brody, $m = 1$; Logística, $m = -1$; Von Bertalanffy, $m = 3$, e Gompertz, $m \rightarrow \infty$ (Guedes, 2004). O parâmetro B , de integração ou interceptação com o eixo-Y não tem significado biológico, sendo utilizado e apenas a adequação do valor inicial do peso vivo, para que a curva passe pela origem quando Y for diferente de zero, e/ou t for também diferente de zero. A importância deste parâmetro está na modelagem da curva sigmoide, do nascimento, onde t é igual a zero, até a idade adulta, em que t tende ao infinito (Duarte, 1975).

Existem inúmeros benefícios na utilização de modelos não-lineares em programas de melhoramento animal, a estimação de parâmetros das curvas de crescimento que permitem a identificação de animais com maior ganho de peso em fases específicas da vida (Santoro et al., 2005). No entanto, levará a uma maior precisão, a identificação de modelo que melhor se ajusta ao padrão de crescimento, onde os parâmetros que o descrevem quando analisados. Porém de acordo com Sarmiento (2006) diversos fatores podem influenciá-los, como: idade da mãe ao parto, tipo de nascimento, época e ano de nascimento, raça e sexo, mantendo assim, serem considerados na busca de ajustes adequados para descrição do padrão de crescimento animal.

São diversos os modelos não-lineares que podem ser utilizados para descrever curvas de crescimento animal, sendo que cada um apresenta seus pontos positivos quanto negativos em uma visão estatística. E assim avaliar qual desses modelos é o mais adequado na descrição do crescimento corporal das diferentes espécies animais. Freitas (2007) diz que obtêm a resposta a partir da interpretação dos parâmetros, e da qualidade de ajuste, o que permite estatisticamente indicar o melhor modelo (Freitas, 2007).

A avaliação da qualidade do ajuste das curvas é dada pelo coeficiente de determinação ajustado (R^2) e o desvio padrão residual como consta em vários trabalhos da literatura especializada que tratam da comparação de modelos não-lineares usados em estudo do crescimento animal. Porém nesta situação, podem ser utilizados também outros indicadores, como quadrado médio do resíduo

(QMR), o percentual de convergência (C%), o desvio médio absoluto (DMA), o coeficiente de determinação de predição (R^2_p), o erro do quadrático médio de predição (MEP), além dos critérios de informações de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) (Souza, 2010).

A escolha dos melhores modelos não-lineares é ainda mais importante a medida que o número de parâmetros analisados é maior. A definição dos modelos pode se tornar um processo complexo, quando for considerado um elevado número de indicadores de ajuste, por poder se deparar com a situação em que um mesmo modelo pode aparecer elevada performance para um indicador de ajuste, um exemplo, seria o R^2 , enquanto para outro poderá ser baixa, outro exemplo, seria o percentual de convergência, portanto, com penalização dos modelos muitos parametrizados (Silveira et al., 2009).

Oliveira (2011) lista alguns dos estudos que utilizaram modelos não-lineares de Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logística e Gompertz, para estudo da curva de crescimento em animais: Metodologia da padronização dos pesos corporais em idades padrão (205, 365, 550 dias de idade) em animais da raça Nelore (Lôbo et al., 2002). Avaliação dos parâmetros genéticos de características estimadas da curva média de crescimento em ovinos da raça Santa Inês (Lôbo et al., 2006). Análise de curvas de crescimento em cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando Heterogeneidade de variâncias (Guedes et al., 2004). Estudo das curvas de crescimento em ovinos da raça Bergamácia criados no Distrito Federal (McManus et al., 2003). Observação da curva média de crescimento em ovinos mestiços Santa Inês x Texel criados no Sudoeste do Estado da Bahia (Malhado et al., 2008a). Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica em ovinos Dorper com raças locais (Carneiro et al., 2007). Estudo da curva de crescimento em ovinos da raça Santa Inês através de modelos não-lineares (Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz e Richards), onde nesta análise se observa a melhor descrição para a curva média, e também a influência dos efeitos de ambiente sobre os parâmetros estimados. Resultados indicam que o melhor ajuste médio superior m relação aos demais modelos utilizados, foi o modelo de Gompertz (Sarmiento et al., 2006a). Análises das propriedades dos modelos não-lineares para peso-idade em oito espécies de animais, tais como: camarão-d'água-doce (*Macrobrachium rosenbergii* de Man, L. 1879), rã-pimenta, coelho (raça Nova

Zelândia Branca), frango (linhagem Pilch), ovino (raças exóticas e mestiças), caprino (raça Moxotó), suíno (raça Large White) e bovino (raça Canchim). Já para o estudo relacionado com o crescimento de caprinos da raça Moxotó foram utilizados três modelos não-lineares: Brody, Logístico e Bertalanffy, para todas as idades, onde a única exceção ocorreu para o peso ao nascimento, em que estes três modelos superestimaram numa magnitude de 10%, e para o modelo Brody, escolhido para representar a curva de crescimento em caprinos da raça Moxotó, não foi apresentado aspecto sigmoidal, ou seja, não apresentou um ponto de inflexão, em que a taxa de crescimento absoluta instantânea (TCI) estimando o aumento no peso corporal para cada unidade de tempo muda de crescente para decrescente (Freitas, 2007). Utilização de modelos não-lineares (Brody, Richards, Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico) em caprinos da raça Serrana Transmontana, onde o resultado com base no R² igual a 97% foi o modelo de Richards, entretanto os modelos Von Bertalanffy e Brody semelhantemente se ajustaram aos dados analisados (Cardoso Monteiro et al., 1999, citado por Freitas, 2007). Observação das estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de caprinos da raça Anglo-Nubiana utilizando os modelos de Brody, Gompertz, Logístico, Richards e Von Bertalanffy. Utilizando alguns critérios que melhor ajustava os dados, tais como: QMR (quadrado médio do resíduo), DMA (desvio médio absoluto) e R² (coeficiente de determinação), foi possível verificar que o modelo Brody foi o que melhor fez o ajustamento dos dados provendo informações mais reais para as idades avaliadas (Sarmiento et al., 2008a). Avaliação da curva média de crescimento para caprinos da raça Anglo-Nubiana criados na caatinga: rebanho de elite e comercial. Resultados indicam que o modelo não-linear Bertalanffy se destacou por obter o melhor ajuste, obtendo ainda correlações estimadas entre os parâmetros A e k que foram negativas (-0,76) e (-0,61) tanto para o rebanho elite, como para o rebanho comercial, respectivamente. Este estudo também considerou que os animais mais precoces possuem baixa probabilidade de atingirem pesos elevados à idade adulta em criação semi-extensiva (Malhado et al., 2008b).

Na avaliação os melhores modelos e que se destacam são Logísticos, Von Bertalanffy e Gompertz, em caprinos da raça Mambrina, criados na caatinga para a análise da curva média de crescimento. Os modelos ajustados aos dados, destacando que sexo não influenciou de maneira significativa nos parâmetros da

curva média de crescimento e as correlações entre os parâmetros A e k foram de moderadas à negativa, o que indica que os animais mais precoces tendem a baixas probabilidades de atingir pesos elevados à idade adulta. O modelo Logístico apresentou melhor ajuste na descrição da curva de crescimento, levando em conta um acentuado decréscimo da taxa de crescimento absoluto (TCA) na fase pós-desmama destes animais (Carneiro et al., 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 1050 informações de massa corporal, coletadas entre o ano de 2012 a 2014, de 104 cabras da raça Alpina provenientes do rebanho caprino do Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

As cabras foram mantidas em baias coletivas sob o sistema de estabulação livre (*free stall*) e receberam alimentação à base de silagem de milho e feno, além de mistura concentrada, fornecida conforme suas exigências nutricionais. A pesagem dos animais foi realizada no momento do nascimento e, a partir daí, uma vez ao mês ao longo de toda sua vida.

Os dados foram editados com auxílio do software SAS (2003), onde retirou-se da análise os animais que possuísem menos que três informações de peso e animais que se encontravam no terço final da gestação. Foi criada a variável idade do animal à pesagem, subtraindo a data de nascimento do respectivo animal da data da realização da pesagem de todos os animais no determinado mês.

Foram utilizados cinco modelos não-lineares para verificar o que melhor descreveu a curva de crescimento fenotípica média do rebanho:

Modelo Brody: $Y = A (1 - \beta e^{-kt}) + e$, em que: Y = peso observado na idade t; t = tempo (idade do animal, em dias, a partir do nascimento); A = peso

assintótico ou peso final; β = constante de integração relacionada aos pesos iniciais; k = medida da taxa de variação da função exponencial; e = erro aleatório.

Modelo de Gompertz: $Y = Ae^{-\beta e^{-kt}}$, em que Y = peso corporal à idade t ; t = tempo (idade do animal, em dias, a partir do nascimento), A = peso assintótico quando t tende a mais infinito, ou seja, este parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; β = constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida, K é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, ou seja, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto.

Modelo Logístico: $Y = A(1 + \beta e^{-kt})^{-1} + e$, em que: Y = peso observado na idade t ; t = tempo (idade do animal, em dias, a partir do nascimento); A = peso assintótico ou peso final; β = constante de integração relacionada aos pesos iniciais; k = medida da taxa de variação da função exponencial; e = erro aleatório.

Modelo de Richards: $Y = A(1 - \beta e^{-kt})^M + e$, em que Y = peso corporal à idade t ; t = idade do animal, em dias, A = peso à idade adulta; β = constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida, K é interpretado como taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso à maturidade, ou seja, como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto; e M é o parâmetro que dá forma à curva.

Modelo Von Bertalanffy: $Y = A(1 - \beta e^{-kt})^3 + e$, em que: Y = peso observado na idade t ; t = tempo (idade do animal, em dias, a partir do nascimento); A = peso assintótico ou peso final; βe = constante de integração relacionada aos pesos iniciais; k = medida da taxa de variação da função exponencial; e = erro aleatório.

Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método de Gauss Newton ($\Delta = (X'X)^{-1}X'e$) por meio do procedimento NLIN do SAS (2003). Conforme comentado por Sarmiento (2006), no caso dos modelos não-lineares,

utiliza-se processo iterativo para obtenção das estimativas dos parâmetros, o qual começa com valores iniciais, atribuídos aos próprios parâmetros a serem estimados, calcula-se a soma de quadrado do erro e, a cada passo, obtém-se um conjunto de estimativas atualizadas até o procedimento convergir para um vetor final de estimativas, obtendo-se a soma mínima de quadrados do erro.

Os critérios utilizados para selecionar o modelo que melhor descreveu a curva de crescimento dos animais foram o quadrado médio do resíduo (QMR) e o coeficiente de determinação (R^2), calculado pela soma de quadrados da regressão corrigida dividido pela soma de quadrados totais corrigidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na identificação de modelos que se ajustam melhor aos dados deve-se levar em consideração o aspecto estatístico e o biológico, visto que as estimativas dos parâmetros produzidas por eles devem ser válidas fisiologicamente (Mendes et al., 2008).

Todas as estimativas dos parâmetros considerando todos os dados para cada modelo, e os critérios utilizados para avaliar dentre os modelos o que melhor descreveu a curva média de crescimento de caprinos da raça Alpina, apresentam-se na Tabela 2 .

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros (A, B, k e m), número de iterações necessárias, o quadrado médio do resíduo (QMR) e o coeficiente de determinação (R^2) em curvas de crescimento de caprinos da raça Alpina, utilizando os modelos não-lineares Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz.

Modelo	Estimativa dos Parâmetros				Nº de Interações	QMR	R ²
	a	b	K	M			
Richards	64,4791	1,0417	0,00108	0,4729	18	67,9167	0,9734
Brody	61,3466	0,8003	0,00175	.	5	68,1862	0,9733
Gompertz	60,0827	1,2542	0,00231	.	6	68,6851	0,9731
Logístico	59,3149	1,9961	0,00287	.	6	69,2026	0,9729
Von Bertalanffy	60,4286	0,3593	0,00213	.	5	68,5129	0,9732

O parâmetro “a”, representa a estimativa do peso assintótico, onde há interpretação como peso adulto do animal, o qual não é o máximo que o animal atinge, e sim o peso médio à maturidade livre das variações sazonais (Brown et al., 1976). Segundo Malhado (2008), o tamanho adulto ótimo de um animal, diverge em alguns estudos por depender de sua espécie, raça, sistema de manejo adotado, seleção previa praticada e das condições climáticas (Malhado et al., 2008). As estimativas do parâmetro “a” na raça Alpina (Tabela 2) foi maior para Richards (64,4791), Brody (61,3466) e Von Bertalanffy (60,4286) seguidos dos modelos Gompertz (60,0827) e Logístico (59,3149).

Deve-se ressaltar que as estimativas obtidas para o parâmetro “a” são superiores as estimativas encontradas por Oliveira (2011) em estudos de caprinos da raça Alpina, como o realizado pela Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da estado da Paraíba (EMEPA-PB), porque neste trabalho analisou-se os dados fenotípicos dos animais.

O parâmetro “k” é importante para a análise da taxa de maturidade do animal e indicação da velocidade de crescimento para atingir o peso assintótico. Altos valores de “k” indicam animais com uma maturidade precoce em relação a animais com valores menores de “k” de peso inicial semelhante (Carneiro et al., 2009). Estudos mostram que a pequena variação no Peso ao Nascimento (PN) em caprinos da raça Alpina, é a razão pela qual a variação entre os valores do parâmetro “k” reflete na velocidade relativa que o animal cresce (Oliveira et al., 2000). A Tabela 2 mostra que a estimativa do parâmetro “k” na raça Alpina no modelo Logístico (0,00287) foi superior aos demais modelos Gompertz (0,00231), Von Bertalanffy (0,00213), Brody (0,00175) e Richards (0,00108).

Resultados similares foram encontrados por Sarmento et al. (2008) ao estudarem caprinos da raça Anglo-Nubiana, onde obtiveram maior “k” para o modelo Logístico, seguido pelos modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Brody, e o modelo Richards representou o menor valor para o parâmetro “k”. Trabalhos com caprinos das raças Anglo-Nubiana e Mambrina obtiveram resultados discordante em relação ao parâmetro “k”, onde o modelo com maior valor foi o Richards (0,028; 0,210, respectivamente), em relação aos modelos Logístico (0,017; 0,014, respectivamente), Gompertz (0,013; 0,012, respectivamente), Von Bertalanffy (0,011; 0,010, respectivamente) e Brody (0,006; 0,007, respectivamente) (Malhado et al., 2008a; Carneiro et al., 2009).

O grau de maturidade do animal ao nascimento é representado pelo parâmetro “b”. Os graus de maturidade ao nascimento são baixos quando “b” é representado por altos valores. Neste trabalho os valores de “b”, apresentados na Tabela 1, são considerados elevados, quando em comparação com os valores dos resultados encontrados na literatura. Porém, quando há relatos de valores mais altos do que os contidos no presente trabalho, o ocorrido se dá ao fato da primeira pesagem dos animais não ter sido feita em época próxima ao nascimento, aumentando assim o valor médio das pesagens encontradas.

Os modelos foram bem ajustados aos dados ao se observar o coeficiente de determinação (R^2) contido na Tabela 2, que indicou que todos os modelos apresentaram cerca de 97% da variância total explicada pela regressão. Apesar de pequena a diferença, os modelos de Richards e Brody possuíram maior R^2 que os demais modelos. Similarmente, esses modelos (Richards e Brody), obtiveram menor quadrado médio do resíduo (QMR), sendo equivalentes para explicar o crescimento dos animais e considerados os melhores modelos.

O modelo de Richards, mesmo apresentando número maior de interações que os outros modelos, convergiu com a mesma facilidade dos demais demonstrando que este não é um critério de desclassificação do modelo.

Um dos fatores primordiais para escolha do modelo pode ser observado no gráfico 1 em comparação com os demais, gráfico 2, gráfico 3, gráfico 4 e gráfico 5, quando nota-se que na porção inicial dos gráficos, o único modelo o qual realmente se ajusta desde o início é o modelo de Richards, já que nos outros modelos a curva sempre foi colocada um pouco acima.

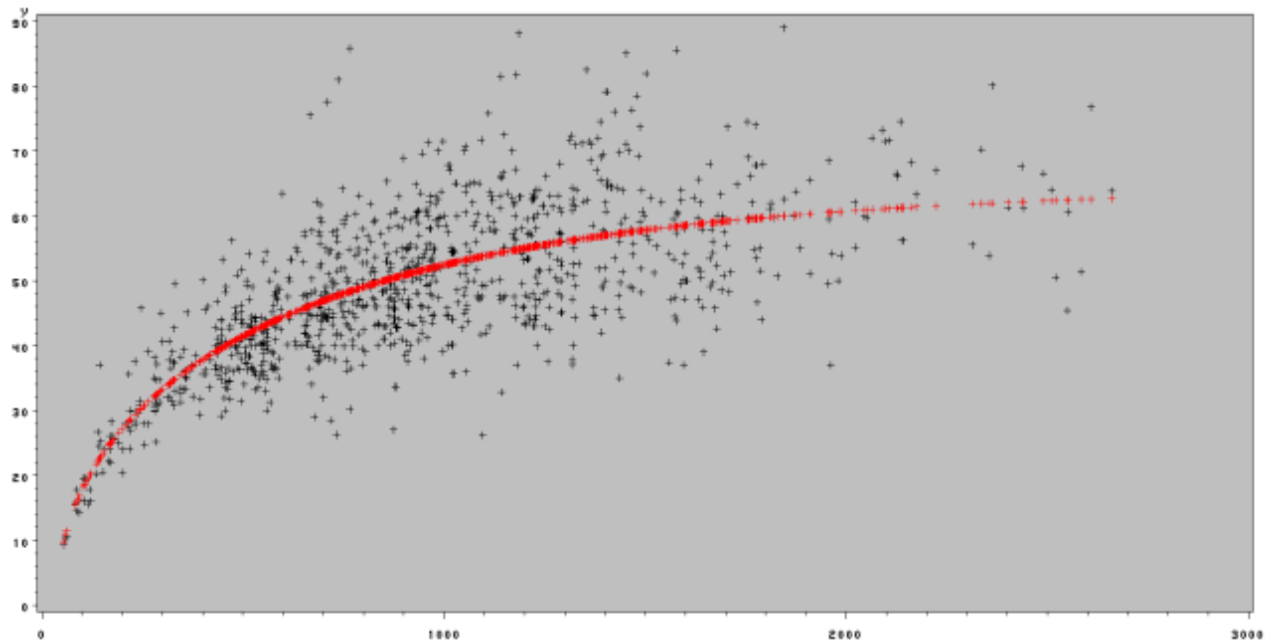


Gráfico 1: Estimativa do peso em função da idade, ajustado pelos modelos Richards e em caprinos da raça Alpina criados no setor de caprinocultura da UFV.

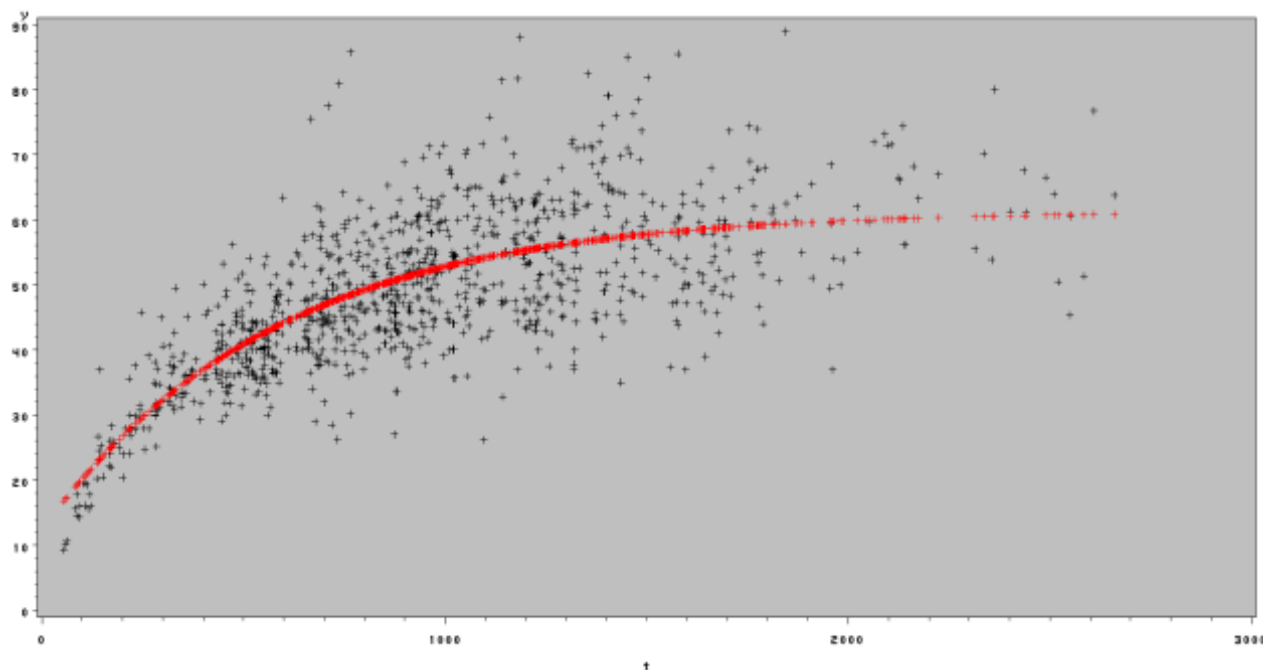


Gráfico 2: Estimativa do peso em função da idade, ajustado pelos modelos Brody e em caprinos da raça Alpina criados no setor de caprinocultura da UFV.

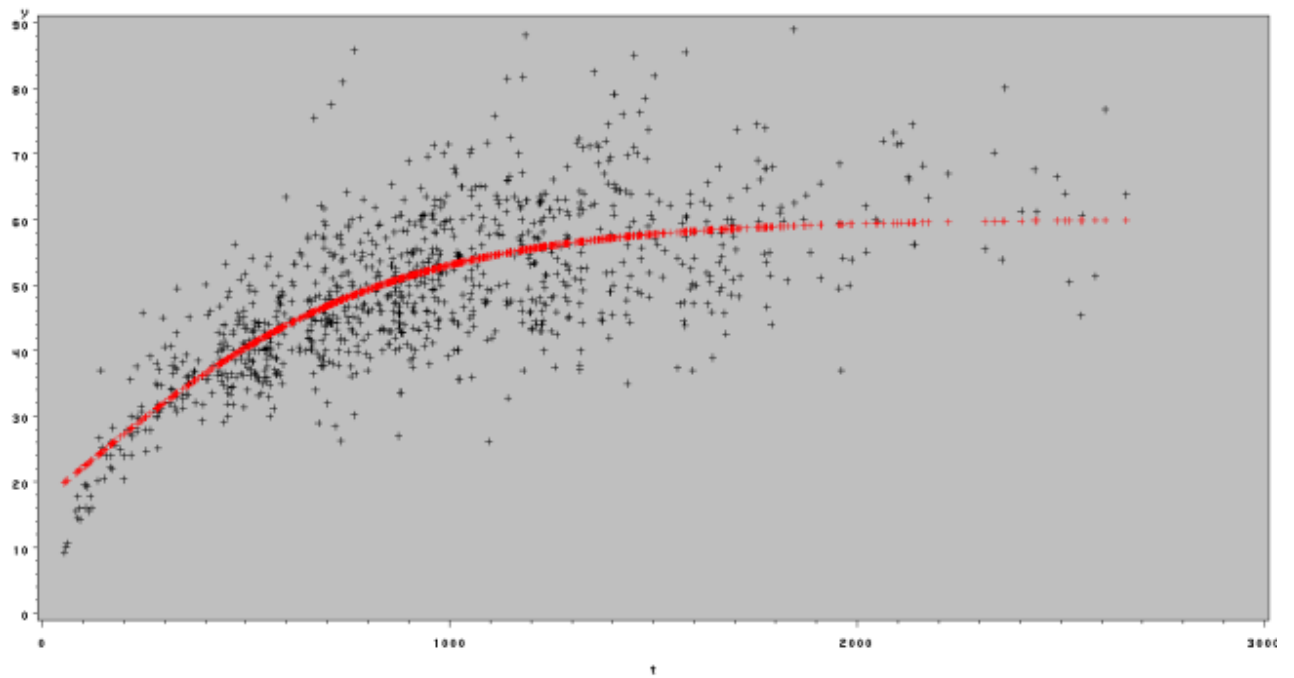


Grafico 3: Estimativa do peso em função da idade, ajustado pelos modelos Gompertz e em caprinos da raça Alpina criados no setor de caprinocultura da UFV.

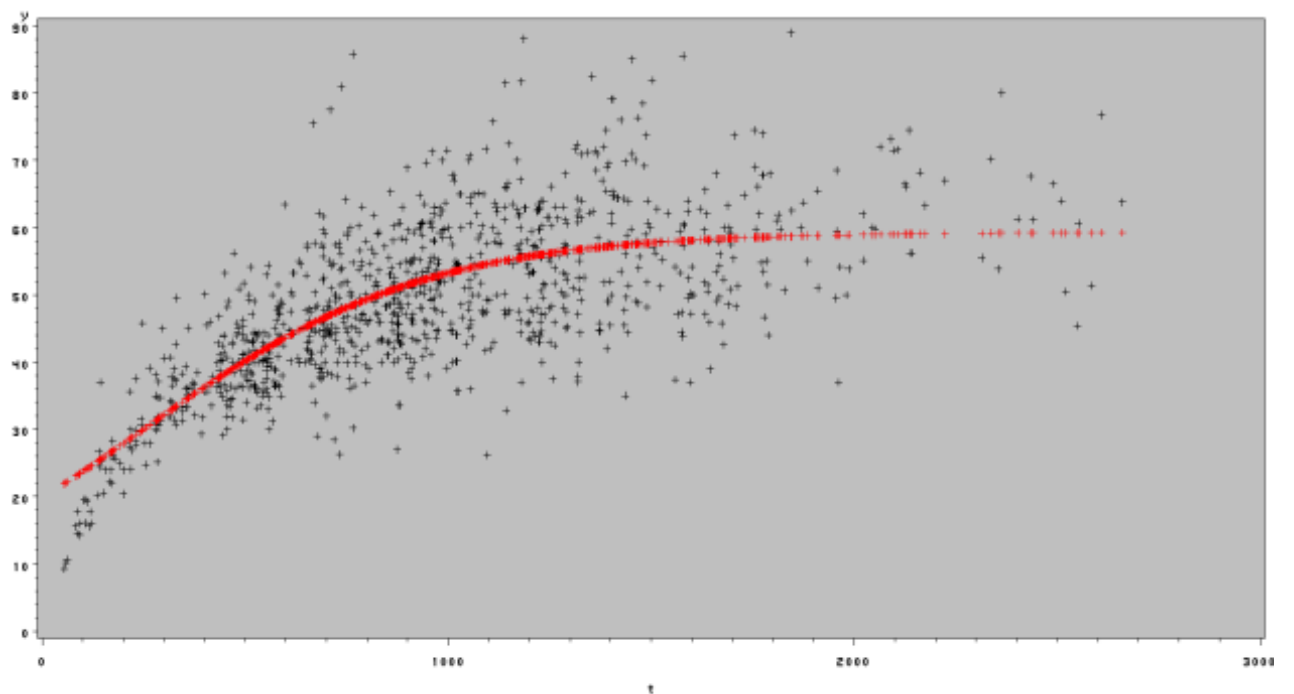


Grafico 4: Estimativa do peso em função da idade, ajustado pelos modelos Logístico e em caprinos da raça Alpina criados no setor de caprinocultura da UFV.

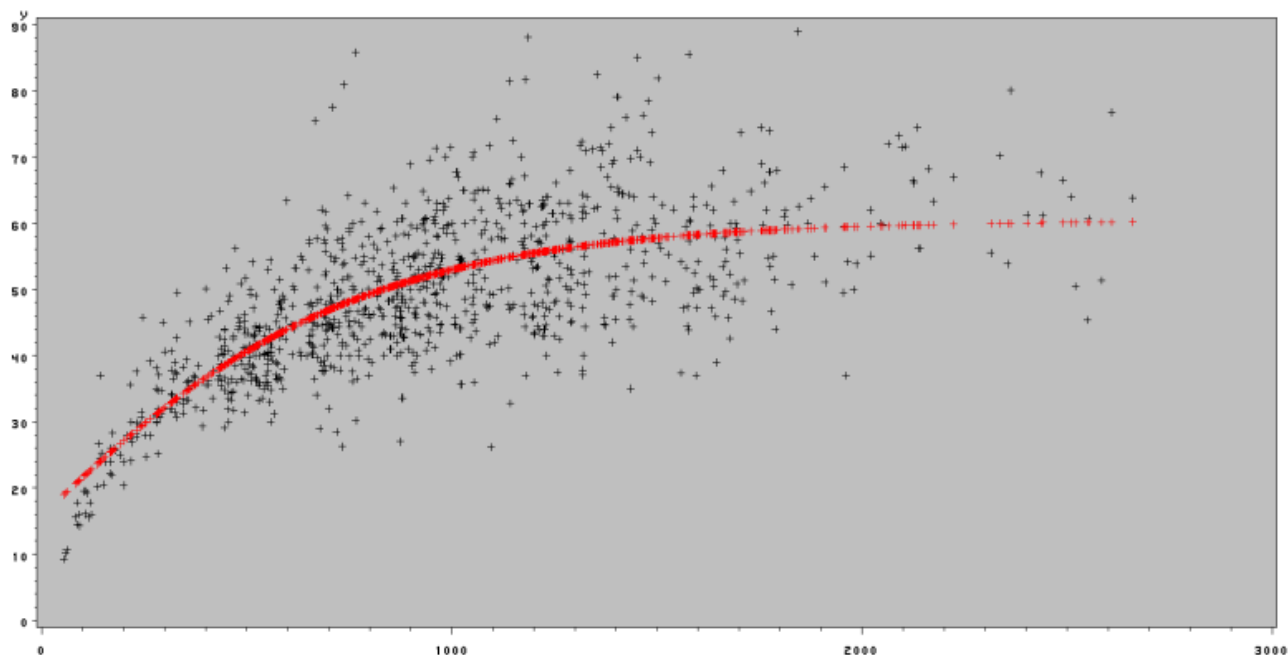


Gráfico 5: Estimativa do peso em função da idade, ajustado pelos modelos Von Bertalanffy e em caprinos da raça Alpina criados no setor de caprinocultura da UFV.

Pode ser observado também a variabilidade dos dados ao longo do gráfico. Nota-se que no início da curva, os pesos são muito mais semelhantes, o que pode ser explicado pelo fato dos cabritinhos nascerem com pesos semelhantes e serem amamentados com quantidade de leite controlada, o que faz com que as massas corporais dos animais sejam semelhantes. Entretanto, ao longo da curva a variabilidade vai aumentando, devido ao aumento de interações com o ambiente. Observa-se também o baixo número de dados na porção final da curva, visto que os animais vão morrendo e sendo descartados ao longo do tempo.

O mesmo resultado pode ser observado em (Oliveira, 2012), porém em vários outros estudos a uma divergência quanto aos diferentes modelos ajustados, o que se torna teoricamente compreensível, considerando que irá depender do padrão de crescimento dos animais em estudo (SARMENTO et al.2006b).

CONCLUSÕES

Todos os modelos não lineares testados apresentaram bom ajuste ($R^2 > 97\%$). O modelo de Richards foi o melhor dentre os modelos analisados porque sua curva se ajustou melhor desde os dados iniciais, sendo o escolhido para a descrição da curva média de caprinos da raça Alpina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRACCINI NETO, J.; DIONELLO, N.J.L.; SILVEIRA JÚNIOR, P.; BONGALHARDO, D.C.; XAVIER, E.G. Análise de curva de crescimento de aves de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.6, p.1062-1073, 1996.
- BROW, J.E.; FITZHUGH JUNIOR, H.A.; CARTWRIGHT, T.C.A. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. **Journal of Animal Science**, v.42, p.810-818, 1976.
- CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; AFFONSO, P. R. A.M.; PEREIRA, D.G.; SUZART, J.C.C.; RIBEIRO JÚNIOR, M.; ROCHA, J.L. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina, criados na caatinga. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.10, p.536-545, 2009.
- CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; SOUZA JÚNIOR, A.A.O.; SILVA, A.G.S.; SANTOS, F.N.; SANTOS, P.F.; PAIVA, S.R. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.991-998, 2007.
- Cavalcante, M. B. **Aspectos produtivo e sanitário de criações de caprinos leiteiros e correlação de técnicas de diagnóstico da mastite caprina em Pernambuco**. Petrolina: UNIVASF, 85f., 2012.

- CORDEIRO, P.R.C. Mercado de leite de cabra e de seus derivados. **Revista CFMV, Brasília/DF** -Ano XII, nº. 39, setembro/outubro/novembro/dezembro de 2006.
- DAVIDIAN, M.; GILTINAN. D.M. **Nonlinear models for repeated measurement data**. 2.ED. London: Chapman Hall,1996. 359P.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. Applied regression analysis. 2.ed. New York: Wiley, 1980. 709p.
- DUARTE, F.A.M. **Estudo da curva de crescimento de animais da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) através de cinco modelos estocásticos**. Ribeirão Preto: USP, 287p. 1975.
- FILHO, C. G.; JUNIOR, J. R. A. **Manejo básico de ovinos e caprinos:guia do educador**. Brasília : SEBRAE, 2009.
- FITZHUGH JUNIOR, H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**. v.42, p.1036-1051, 1976.
- FREITAS, A.R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- FREITAS, A.R. **Estimativas de curva de crescimento na produção animal**. São Carlos: EMBRAPA, 2007. 20p. (Documentos, 68).
- GONÇALVES, H.C.; SILVA, M.A.; WECHSLER, F.S.; RAMOS, A.A. Fatores Genéticos e de Meio na Produção de Leite de Caprinos Leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n3, p.719-729, 2001.
- GUEDES, M.H.P.; MUNIZ, J.A.; PEREZ, J.R.O. et al. Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias. **Ciência Agrotécnica**, v.28, p.381-388, 2004.
- LÔBO, R.N.B.; VILLELA, L.C.V.; LÔBO, A.M.B.O.; PASSOS, J.R.S.; OLIVEIRA, A.A. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1012-1019, Supl., 2006.
- LÔBO, R.N.B; MARTINS FILHO, R. Avaliação de métodos de padronização dos Pesos Corporais às Idades de 205, 365, 550 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.4, p.1695-1706, 2002.
- MALHADO, C.H.M; CARNEIRO, P.L.S; SANTOS, P.F; et al. Curva de crescimento em ovinos mestiços Santa Inês x Texel criados no Sudoeste

- do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.210-218, 2008.
- MANSOUR, H.; JENSEN, E.L.; JOHNSON, L.P. **Analysis of covariance structure of repeated measurements in holstein conformation traits. Journal of Dairy Science**, V.74, N.8, P.2757-2766, 1991.
- MAZZINI, A.R.A.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L.H.; SILVA, F.F. Análise da curva de crescimento de machos Hereford. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.5, p.1105-1112, 2003.
- MCMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C. et al. Curvas de Crescimento de Ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1207-1212, 2003.
- MENDES, P.N.; MUNIZ, J.A.; SILVA, F.F.; MAZZINI, A.R.A. Modelo logístico difásico no estudo do crescimento de fêmeas da raça Hereford. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.1984-1990, 2008.
- OLIVEIRA, D.F.; CRUZ, J.F.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; RONDINA, D.; FERRAZ, R.C.N.; TEIXEIRA NETO, M.R. Desenvolvimento ponderal e características de crescimento de caprinos da raça Anglo-Nubiana criados em sistema semi-intensivo. **Revista Brasileira de Saúde na Produção Animal**, v. 10, n . 2, p .256-265, 2009.
- 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, n9, p.1843-1851, 2000.
- OLIVEIRA, J. A. **Study of gorwth curves of Alpina goats breed**. Viçosa UFV, 2011. 90p. Dissertação de (Mestrado) Universidade Federalde Viçosa, 2011.
- SANDLAND, R.L.; MCGILCHRIST, C.A. **Stochastic growth curve analysis. Biometrics**, V.35, N.1, P.255-271, 1979.
- SANTORO, K. R., BARBOSA, S.. B. P.,BRASIL, L. H. A., SANTOS, S.S. Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de bovinos zebu, criados no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 06, p. 2262-2279, 2005.
- SARMENTO, J.L.R.; ALBUQUERQUE, L.G.; TORRES, R.A.; RODRIGUES, .T.; LOPES, P.S.; REIS FILHO, J.C. Comparação de modelos de regressão aleatória para estimação de parâmetros genéticos em caprinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1788-1796, 2008b.

- SARMENTO, J.L.R.; DOUZA, J.E.R; SOUSA, W.H; SOUZA, M.S.M.; CARVALHO, G.B.; SANTOS, G.V.; OLIVEIRA DO Ó, A.; REGO NETO, A. Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de caprinos da raça Anglo-Nubiana. In: VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. **Anais...**, São Carlos: SBMA, 2008. CD ROM.
- SARMENTO, J.L.R.; DOUZA, J.E.R; SOUSA, W.H; SOUZA, M.S.M.; CARVALHO, G.B.; SANTOS, G.V.; OLIVEIRA DO Ó, A.; REGO NETO, A. Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de caprinos da raça Anglo-Nubiana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7., 2008 São Carlos. **Anais...**, São Carlos: SBMA, 2008a. 1 CD-ROM.
- SARMENTO, J.L.R.; REGAZZI, A.J.; SOUSA, W.H. DE.; et. al. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.435-442, 2006.
- SAS Institute, SAS (**Statistical Analysis System**). User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 129p.,2003
- SILVA, F. G. **Estudos da produção de leite de caprinos utilizando modelos de regressão aleatória**, Viçosa UFV, 2011. 143p. Dissertação de (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, A.I.G. Influência de fatores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos parâmetros das funções de crescimento em gado Nelore. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p.1195-1205, 2001.
- SILVEIRA, F.G.; SILVA, F.F; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; PETERNELLI, L.A.; SOUZA JUNIOR, A.A.O. **Classificação Multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte**. In: 54ª REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA E 13º SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2009, São Carlos. **Anais...**, São Carlos, 2009.
- SOUSA, J.E.R.; SILVA, M.A.; SARMENTO, J.L.R.; SOUSA, W.H.; SOUZA, M.S.M. Avaliação da trajetória média de crescimento de caprinos em modelos de regressão aleatória. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, pp. 267-276. 2010.
- TEDESCHI, L. O. **Determinação dos parâmetros da curva de crescimento de animais da raça Guzerá e seus cruzamentos alimentados a pasto, com e sem suplementação**. Piracicaba: ESALQ, 140p., 1996.

TRENKLE, A.; MARPLE, D. N. Growth and development of meat animals.
Journal of Animal Science , v. 57 p.273, 1983.

Val, J.E. Val; Freitas M.A.R.; Oliveira,H.N.; Cardoso, V.L.; Machado, P.F.;
Paneto,J.C.C. **Indicadores de desempenho em rebanho da raça
Holandesa: curvas de crescimento e altura, características
reprodutivas, produtivas e parâmetros genéticos**, Arq. Bras. Med.
Vet. Zootec., v.56, n.1, p.86-93, 2004.