



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Modelos não Lineares alternativos para descrever o crescimento de Caprinos da raça Mambrina

Lorena Mirelle Santos Muniz¹, Diego Pagung Ambrosini¹, Adriano Lage Freitas²,
Ana Carla Borges Barbosa³, Laaina de Andrade Souza⁴, Aracele Prates de
Oliveira⁴, Paulo Luiz Souza Carneiro⁵, Carlos Henrique Mendes Malhado⁵, Rone
Anderson Borges Duarte⁶

¹Estudante de Mestrado em Zootecnia – UESB/Itapetinga, BA. Bolsista da FAPESB

²Biólogo – UESB/Jequié, BA

³Estudante de Mestrado em Genética Biodiversidade e Conservação – UESB/Jequié, BA. Bolsista da UESB

⁴Doutoranda em Zootecnia– UESB/Itapetinga, BA

⁵Departamento de Ciências Biológicas – UESB/Jequié, BA. Bolsista de produtividade do CNPq

⁶Estudante de Mestrado em Ciências Animais – UFRB/Cruz das Almas. Bolsista CNPQ

Resumo

Objetivou-se analisar modelos não lineares alternativos para descrever o crescimento em caprinos da raça Mambrina. Foram utilizados dados de 18 pesagens (mensais) de 44 animais do nascimento aos 540 dias de idade. Para a seleção dos modelos, foram gerados dados dos avaliadores AIC, BIC, MEP,

R_{2aj} e R_{2p} e realizada uma análise de agrupamento. Os modelos não lineares utilizados foram Schnute, Mitscherlich, Meloun I, Meloun II, Meloun III, Meloun IV, Reynolds, Gamito, Meloun V, Meloun VI, Michaelis-Menten, Michaelis-Menten Modificado e Weibull. Dos treze modelos utilizados três não tiveram convergência (Reynolds, Michaelis-Menten Modificado e Weibull) e quatro modelos não apresentaram padrão convencional de curvas de crescimento (Schnute, Meloun II, Meloun V e Gamito). O modelo Michaelis-Menten foi o que melhor descreveu o crescimento dos animais seguido dos modelos Mitscherlich e Meloun III. O sexo não influenciou significativamente os parâmetros da curva do modelo Michaelis-Menten e observou-se acentuado decréscimo do crescimento dos animais na fase pós-desmama, principalmente, após os 165 dias, o que sugere medidas de manejo alimentar específicas nesta fase.

Palavras-chave: Análise de Agrupamento, Modelos não lineares alternativos, Taxa de Crescimento.

Non linear alternative models to describe the growth of the breed goats Mambrina

Abstract

The objective was to examine alternative non linear models to describe growth in goat breed Mambrino. Data were used to weigh 18 (monthly) from 44 animals from birth to 540 days of age. For the selection of models, data were generated by the evaluators AIC, BIC, MEP and R_{2aj} , R_{2p} and performed a cluster analysis. The non linear models were used Schute, Mitscherlich, Meloun I, Meloun II, Meloun III, Meloun IV, Reynolds, Gamito, Meloun V, Meloun VI, Michaelis – Menten, Michaelis – Menten Modified and Weibull. Of the thirteen models used three had no convergence (Reynolds, Michaelis-Menten Modified and Weibull) and four models showed no conventional pattern of growth curves (Schnute, Meloun II, Meloun V and Gamito). The Michaelis-Menten model was the best in describing the growth of animals followed the models Mitscherlich and Meloun III. The gender did not

significantly influence the shape parameters of the model Michaelis-Menten and observed a significant reduction in animal growth after weaning, especially after 165 days, which suggests specific food handling measures in this phase.

Keywords: Cluster Analysis, Nonlinear Models Alternative Growth Rate

INTRODUÇÃO

A raça Mambrina é uma raça exótica introduzida no Brasil com o propósito de originar rebanhos de múltipla aptidão, além de se caracterizar por elevada rusticidade. Aclimatou-se, sobretudo, às regiões agrestes, quentes e secas, como a Nordeste e Centro do Brasil, onde têm prosperado (Carneiro et al, 2009).

Modelos matemáticos não-lineares, desenvolvidos empiricamente para relacionar peso e idade, têm-se mostrado adequados para descrever a curva de crescimento em diferentes animais. Esses modelos permitem que conjuntos de informações em séries de peso por idade sejam condensados em pequeno número de parâmetros para facilitar a interpretação e o entendimento do fenômeno (Malhado et al, 2008).

Devido às diferenças entre os modelos de regressão não-linear é necessário a utilização de ferramentas estatísticas com o objetivo de compará-los e indicar o melhor modelo (Silveira et al. 2009). Tradicionalmente, utiliza-se o coeficiente de determinação ajustado e quadrado médio do resíduo. De acordo com Silveira et al (2009) se outros importantes avaliadores como o critério de Informação de Akaike (AIC), o Critério de Informação Bayesiano (BIC), o Erro Quadrático Médio de Predição (MEP) e o coeficiente de determinação de predição (R_{2p}) forem considerados, a indicação do modelo pode ser mais precisa, uma vez que estes avaliadores levam em consideração outros fatores como o grau de parametrização dos modelos comparados.

Recentemente alguns estudos abordaram o uso de modelos alternativos para avaliação do crescimento de ovinos e utilizaram, como auxílio na seleção dos melhores modelos, a análise de agrupamento tendo os avaliadores da qualidade do ajuste como variáveis (Silveira, 2010; Souza, 2010 e Silveira et al, 2011). O uso de tais modelos aliado a análise de agrupamento não foi ainda aplicado no estudo do crescimento de nenhuma raça caprina. Desta forma, tornou-se objetivo deste trabalho analisar modelos não lineares alternativos para descrever a curva de crescimento dos caprinos da raça Mambrina no Nordeste brasileiro, selecionando o(s) modelo(s) que melhor descreve (m) o crescimento dos animais e apresentar a taxa de crescimento absoluto para o(s) modelo(s) escolhido(s).

MATERIAL E MÉTODOS

O rebanho utilizado no estudo continha 44 caprinos da raça Mambrina pesados mensalmente do nascimento aos 540 dias de idade. Os animais foram criados na caatinga, suplementados com mistura mineral e palma (*Opuntia ficus indica*) no período mais seco do ano, na estação experimental de Caraíba, pertencente à Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA). Essa estação está inserida em uma das regiões mais áridas da Bahia, no município de Uauá, com pluviosidade média de 400 a 500 ml anuais.

Para ajustar os modelos de regressão não-lineares aos dados de crescimento dos caprinos, utilizou-se o método dos quadrados mínimos ordinários cujas soluções foram obtidas por meio do processo iterativo de Gauss-Newton. Foram utilizados treze modelos alternativos para a estimativa da curva de crescimento (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos de regressão não-linear para descrever curvas de crescimento

Modelo	Modelos Biológicos Não-Lineares	Referência
A	$y_i = \frac{\beta_1}{(1 + \beta_4 e^{(\beta_3 \beta_2 - x_i)})^{\frac{1}{\beta_4}}} + e_i$	Schnute (1981)
B	$y_i = \beta_1(1 - e^{(\beta_3 \beta_2 - \beta_3 x_i)}) + e_i$	Mitscherlich (1919)
F	$y_i = \beta_1 - \beta_2 e^{(-\beta_3 x_i)} + e_i$	Meloun I (Meloun e Militky, 1996)
G	$y_i = \beta_1(1 - e^{(-x_i - \beta_2)\beta_3}) + e_i$	Meloun II (Meloun e Militky, 1996)
H	$y_i = \beta_1 - e^{(-\beta_2 x_i \beta_3)} + e_i$	Meloun III (Meloun e Militky, 1996)
I	$y_i = \beta_1 - e^{(-\beta_2 \beta_3 x_i)} + e_i$	Meloun IV (Meloun e Militky, 1996)
J	$y_i = \beta_1 + (\beta_2 x_i)^{\frac{-1}{\beta_3}} + e_i$	Reynolds (1995)
K	$y_i = \frac{1}{\beta_1 + (\beta_2 x_i \beta_3)} + e_i$	Gamito (1998)
L	$y_i = \frac{\beta_2 \beta_3 + (\beta_1 x_i \beta_4)}{\beta_3 + (x_i \beta_4)} + e_i$	Meloun V (Meloun e Militky, 1996)
M	$y_i = \beta_1 - \beta_2 e^{(-\beta_3 x_i \beta_4)} + e_i$	Meloun VI (Meloun e Militky, 1996)
P	$y_i = \frac{\beta_1 x_i}{x_i + \beta_2} + e_i$	Michaelis-Menten (1913)
Q	$y_i = \frac{\beta_2 \beta_3^{\beta_4} + \beta_1 x_i^{\beta_4}}{\beta_3^{\beta_4} + x_i^{\beta_4}} + e_i$	Michaelis-Menten Modificado (Lopez et al., 2000)
R	$y_i = \beta_1 - \beta_2 e^{(-e^{(-\beta_3) x_i} (\beta_4))} + e_i$	Weibull (Ratkowski, 1983)

O parâmetro β_1 representa o peso adulto ou peso assintótico do animal; e o parâmetro β_3 , a taxa de maturidade, ou velocidade de crescimento. Os modelos que apresentam o parâmetro β_4 possuem ponto de inflexão variável,

cuja localização é determinada pelo parâmetro em questão. Os demais modelos ou apresentam o ponto de inflexão fixo ou não o possuem. De forma geral, não há uma interpretação prática para o parâmetro β_2 , sendo este uma constante de integração. Nos estudos com os modelos ditos tradicionais o β_1 equivale ao A e o β_3 ao K.

Avaliou-se a influência do sexo (macho ou fêmea) sobre os parâmetros da curva do modelo selecionado, através do procedimento GLM do programa SAS (2003). Esta análise permitiu definir sobre a utilização ou não de uma curva comum para machos e fêmeas.

Para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos foi utilizado o Coeficiente de determinação ajustado (R_{2aj}); Critério de informação de Akaike (AIC); Critério de informação bayesiano (BIC); Erro quadrático médio de predição (MEP); Coeficiente de Determinação de Predição (R_{2p}). A descrição detalhada desses avaliadores está apresentada em Silveira (2010).

Depois de constatada a convergência dos modelos, confeccionou-se um arquivo de dados contendo a identificação do modelo e os valores correspondentes a cada avaliador. Estes dados foram submetidos à análise de agrupamento no Procedimento CLUSTER e gerar um dendrograma. O método de agrupamento utilizado foi o método do centróide. Neste método, a distância entre dois grupos, R e S, é dada pela distância euclidiana quadrática entre os vetores de médias, centróides, dos dois grupos.

Para o modelo selecionado, calculou-se também a taxa de crescimento absoluta (TCA), obtida a partir da primeira derivada do modelo ajustado, em relação ao tempo ($\partial Y / \partial t$). A TCA é, na realidade, o ganho de peso obtido por unidade de tempo e, nesse caso, o tempo expresso em dias representa o ganho de peso médio diário, estimado ao longo da trajetória de crescimento, ou seja, a taxa média de crescimento dos animais dentro da população. O ponto de inflexão indica o ganho máximo de peso do animal e que em seguida há o decréscimo de ganho de peso, não indicando que o animal para de crescer e sim que ganha menos peso a cada unidade de tempo que passa a partir daquele ponto. A partir deste gráfico é possível inferir a respeito da

administração de um programa alimentar e a idade ótima de abate. Para os modelos que não apresentam ponto de inflexão, utilizou-se o método da máxima curvatura geométrica (CECON et al., 2008) para determinar a idade em que os animais passam a ganhar menos peso.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Foram utilizados 13 modelos para estimar a curva de crescimento de caprinos da raça Mambrina. Destes, três não tiveram convergência (Reynolds, Michaelis-Menten Modificado e Weibull) e quatro modelos não apresentaram padrão convencional de curva de crescimento (Schnute, Meloun II, Meloun V e Gamito). Assim, foram discutidos os parâmetros e avaliada a qualidade do ajuste somente para os modelos Mitscherlich, Meloun I, Meloun III, Meloun IV, Meloun VI e Michaelis-Menten.

O parâmetro β_1 representa o peso adulto, ou peso assintótico do animal, mas não significa o maior peso alcançado pelo animal. O modelo Meloun I (F) apresentou maior valor para este parâmetro quando comparado aos demais modelos (Tabela 2). O parâmetro β_2 não têm uma interpretação biológica, sendo apenas uma constante de integração, com exceção apenas para o modelo Michaelis-Menten (P), em que representa a idade na qual o animal atinge metade do peso adulto. O parâmetro β_3 representa a taxa de maturidade, ou velocidade de crescimento. O parâmetro β_4 indica ponto de inflexão variável nos modelos que o apresentam, sua localização é determinada por seu valor. Apenas um modelo entre os estudados que convergiram apresentam este parâmetro (Meloun VI).

Tabela 2. Parâmetros relativos aos modelos estudados que tiveram convergência

Modelo		Parâmetros			
		β_1	β_2	β_3	β_4
B	Mitscherlich	35,8444	-16,5141	0,0072	-
F	Meloun I	41,014	39,26	0,0060	-
H	Meloun III	35,8418	-3,2715	0,007253	-
I	Meloun IV	8,6458	4,2037	0,005	-
M	Meloun VI	23,4513	21,5094	0,0188	0,3000
P	Michaelis-Menten	36,2607	220,8924	-	-

O melhor modelo deve apresentar maiores R_{2aj} e R_{2p} , próximos a, 1 e menores valores de AIC, BIC e MEP. Como auxílio na escolha do melhor modelo foi realizada análise de agrupamento utilizando os avaliadores da qualidade de ajuste como variáveis. O dendrograma gerado é apresentado na Figura 1 e o ponto de corte (1,15), foi determinado utilizando-se a média da matriz de dissimilaridade. Desta forma, formaram-se 5 grupos (Grupo 1: I; Grupo 2: M; Grupo 3: F; Grupo 4: P e Grupo 5: B e H).

Todos os modelos apresentaram coeficiente de determinação de predição (R_{2p}) e coeficiente de determinação ajustado (R_{2aj}) altos, exceto o modelo I (Tabela 3). A utilização somente dos coeficientes de determinação não permitiu discriminar com clareza o(s) melhor (es) modelo (s).

Com base no Critério de informação de AKAIKE (AIC), observam-se diferenças mais evidentes, com valores acima de 55 (modelos F, e M) e entre 50 e 52 (modelos B, H e P). Os maiores valores foram para os modelos F (59, 9389) e M (58, 3346), respectivamente. Os resultados referentes ao Critério de Informação Bayesiano (BIC) indicam que os valores para cada modelo foram

bem próximos dos valores de AIC. Assim como no AIC, os menos indicados foram os modelos F e M, respectivamente.

Tabela 3. Avaliadores dos modelos que convergiram, R_{2aj} (Coeficiente de determinação ajustado), R_{2p} (Coeficiente de determinação de predição), AIC (Critério de Informação de Akaike), BIC (Critério de Informação Bayesiano) e MEP (Erro Quadrático Médio de Predição)

Modelo	R_{2aj}	R_{2p}	AIC	BIC	MEP
B	0,9513	0,9920	51,7374	53,0827	5,2854
F	0,9535	0,9918	59,9389	61,5990	6,6251
H	0,9510	0,9920	51,7727	53,1180	5,5823
I	0,0027	0,8882	46,8714	46,9553	20,0306
M	0,9527	0,9885	58,3346	59,8806	7,5368
P	0,8782	0,9892	50,8999	52,0510	4,6195

Os modelos B e H (grupo 5) também se destacam apresentando bons ajustes, entretanto com maiores valores de AIC, BIC e MEP. Desta forma, dentre os modelos observados o modelo Michaelis-Menten (P) foi o que apresentou melhor ajuste. Uma característica desse modelo é que a sua curvatura inicia no eixo zero, portanto o peso ao nascimento (idade 0) não deve ser considerado, pois parecerá subestimado. Não há relatos na literatura do uso do modelo Michaelis-Menten para descrever o crescimento de animais. O percentual de convergência dos modelos B, H e P foram próximos (77,27%, 77,27% e 70,45% respectivamente). Segundo Souza e Bianchini Sobrinho (1994), quanto maior o número de convergências individuais em relação ao total de animais melhor será o modelo. Apesar do modelo Michaelis Menten (P) ter apresentado percentual de convergência um pouco menor em relação aos modelos B e H, foi o modelo que mais aproximou do peso médio observado e, portanto, foi considerado o mais adequado para descrever o crescimento dos

animais estudados (Figura 2). Os modelos B, F e H superestimam os pesos quando comparado aos dados observados. Já o modelo M apresentou muita coerência em relação aos dados observados até 300 dias, mas apresentou valores muito altos de AIC, BIC e MEP, quando comparado ao modelo P (Figura 3). A falta de ajuste aos dados observados para o modelo P acima de 300 dias pode ser explicada pela diminuição do número de animais nas idades mais avançadas.

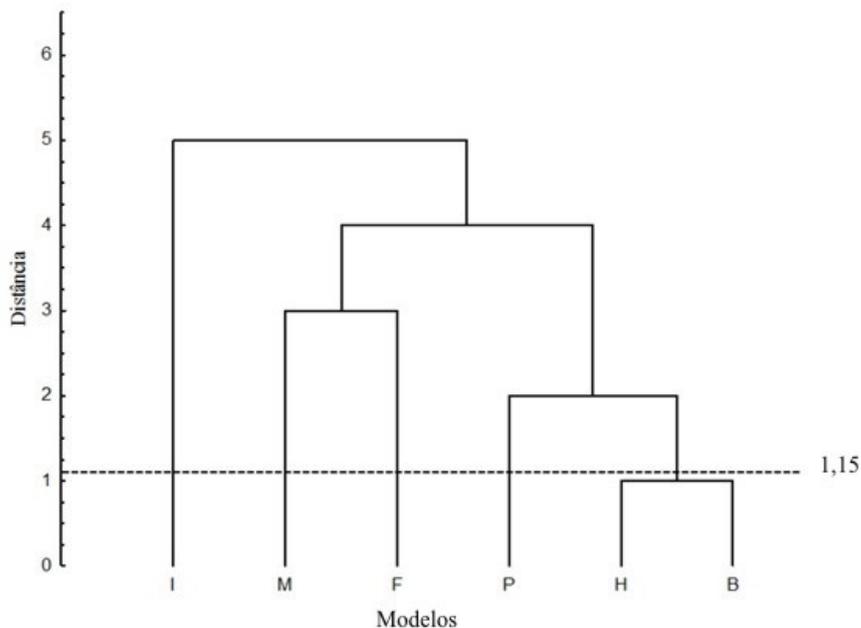


Figura 1. - Dendrograma resultante da análise de agrupamento fundamentada nos avaliadores de qualidade (R_{2aj} , AIC, BIC, MEP e R_{2p}) para os modelos avaliados.

Malhado et. al (2008a), estudando curva de crescimento de ovinos mestiços observaram que a partir de 120 dias de idade, o modelo Logístico estimou com melhor precisão o crescimento dos animais enquanto os modelos Gompertz e Von Bertalanffy superestimaram o crescimento. Já Malhado et. al.(2008b), avaliando o crescimento de caprinos da raça Anglo Nubiano, indicam o modelo Von Bertalanffy como o melhor no ajuste de dados. Freitas et al.(2005), estudando curva de crescimento na produção animal encontraram três modelos que foram mais adequados para estimar o crescimento de caprinos

(Brody, logístico e Von Bertalanfly). Carneiro et. al (2009), estudando curva de crescimento em caprinos da raça Mambrina utilizando os modelos tradicionais apresentam os modelos Logísticos, Bertalanffy e Gompertz que obtiveram melhor ajuste aos dados, com pequena superioridade desse último.

Constatou-se que não houve influencia do sexo, ($P > 0,05$) nos parâmetros da curva do modelo Michaelis-Menten (P), o que justifica a utilização de uma única curva para ambos os sexos. Malhado et al. (2008a) , estudando curvas de crescimento em ovinos mestiços Santa Inês x Texel criados no Sudoeste do Estado da Bahia, também não encontraram influencia de sexo do cordeiro, ($P > 0,05$) nos parâmetros da função Logística. Já McManus et al. (2003) e Sarmiento et al. (2006) observaram que o sexo do animal influenciou de maneira expressiva os parâmetros analisados o que indica mais de uma curva para representação do crescimento animal.

O modelo Michaelis-Menten, foi escolhido para descrever a taxa de crescimento absoluto (TCA) dos animais. A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi obtida pela primeira derivada do modelo em função do tempo (Figura 4a). Considerando que o modelo selecionado não apresenta ponto de inflexão utilizou-se o método da máxima curvatura geométrica, desenvolvido por Cecon et al. (2008)), para determinar a idade em que os animais passam a ganhar menos peso. (Figura 4b). Observou-se que os animais começaram a ganhar pouco peso a partir dos 120 dias de idade, devido ao processo de desmama, acentuando-se a partir dos 165 dias (Figura 4c), momento em que o animal atinge seu ganho de peso máximo. Estes dados estão dentro da realidade encontrada pelos produtores, já que a idade média que os caprinos são abatidos fica em torno dos 170 dias. Carneiro et. al (2009) avaliando a TCA de caprinos da raça Mambrina através da derivada do modelo Logístico, constataram crescimento crescente até atingirem seu ganho de peso máximo aos 100 e 83 dias para machos e fêmeas respectivamente. Malhado et. al (2008b), avaliando a TCA do rebanho comercial e elite de caprinos da raça Anglo Nubiano através da derivado do modelo Von Bertalanfly relatam que aos 150 dias os rebanhos atingiram seu ganho de peso máximo.

Para o estudo em questão a adoção de um manejo nutricional adequado e específico para a diminuição do ganho de peso pós-desmama é imprescindível para reduzir os efeitos da mudança de dieta, nesta fase, controlando o acentuado decréscimo da TCA na fase pós desmama. Essa informação é estratégica para auxiliar os produtores em programas alimentares e na definição da melhor idade ao abate, com melhor custo-benefício. A escolha de um modelo que se adeque melhor à curva populacional pode atribuir melhor precisão à predição da data ideal ao abate, diminuindo o tempo de criação e o investimento, tornando o rebanho mais produtivo e lucrativo. O estudo sobre o crescimento de Caprinos da raça Mambrina utilizando modelos alternativos foi extremamente importante e permitiu verificar que a raça apresenta baixo peso à maturidade, devendo ser abatidas precocemente em virtude da redução de ganho de peso a partir dos 165 dias.

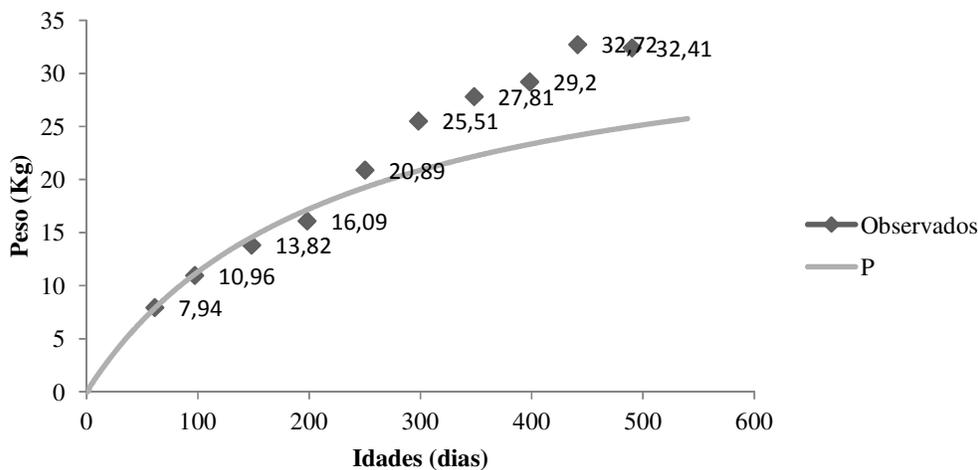


Figura 2 - Estimativa do peso em função da idade, ajustado pelo modelo Michaelis Menten (P) e a média dos dados observados.

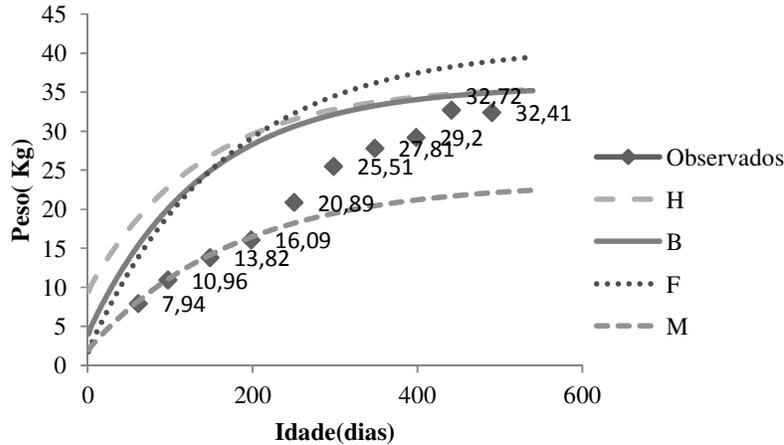


Figura 3 – Curvas referentes aos modelos segundo os avaliadores incluindo a média dos dados coletados observados.

CONCLUSÕES

O modelo Michaelis-Menten foi o que apresentou melhor ajuste e aliado a isso, a TCA auxilia na indicação de um manejo nutricional adequado e específico para as diversas fases da vida do animal sendo que o abate deve ocorrer em torno dos 170 dias.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao CNPq pela bolsa de pesquisa aos professores Carlos Henrique Mendes Malhado e Paulo Luiz Souza Carneiro, à UESB e FAPESB pelo apoio financeiro.

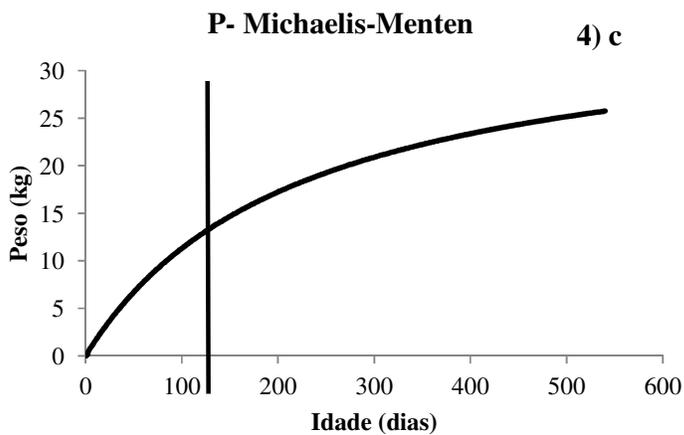
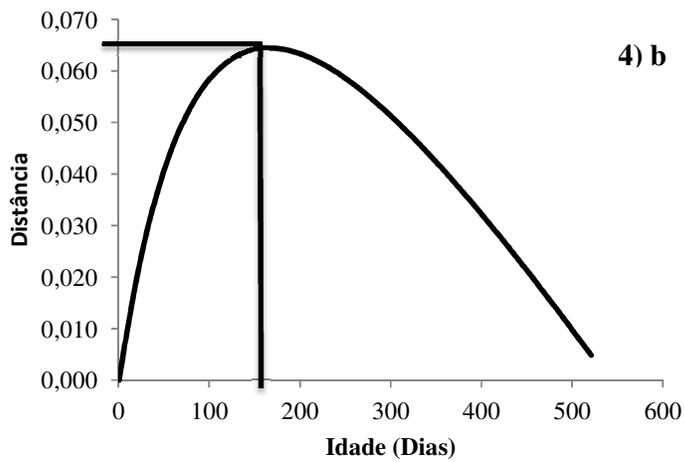
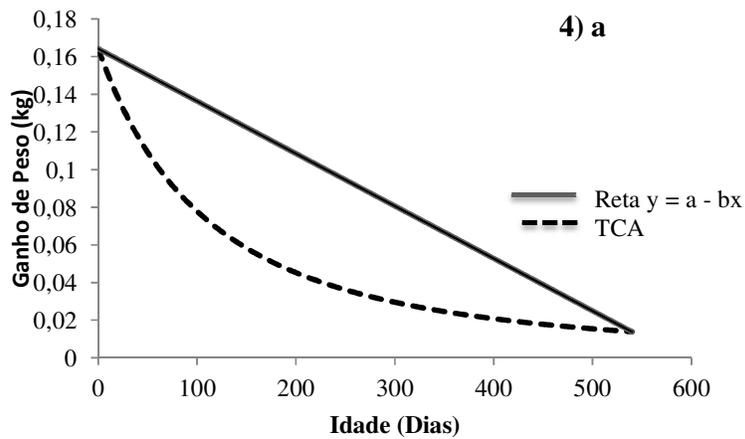


Figura 4. Determinação gráfica da Taxa de Crescimento Absoluto-TCA (a), ponto de máxima curvatura (b) e estimativa do peso em função da idade pelo modelo Michaelis - Menten (c).

LITERATURA CITADA

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 Mambрина, criados na caatinga. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.10, p.536-545, 2009.

CECON, P.R.; SILVA, F.F.; FERREIRA,A.; FERRÃO, R.G.; CARNEIRO, A.P.S.;DETMANN, E.; FARIA, P.N.; MORAIS, T.S.S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1171-1176, 2008.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2007. Disponível em: www.ibge.org.br. Acesso em: 19 Maio 2011.

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

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; SANTOS, P.F.; AZEVEDO, D. M. M.; SOUZA, J.; AFFONSO, P. R. A. M. . 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, p. 210-218, 2008 a.

MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; CRUZ, J.F. da; OLIVEIRA, D.F. de; AZEVEDO, D.M.M.R.; SARMENTO, J.L.R. Curvas de Crescimento Para Caprinos da Raça Anglo-Nubiana Criados na Caatinga: Rebanho de Elite e Comercial; **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.4, p. 662-671, 2008b.

McMANUS, C.; EVANGELISTA, C.; FERNANDES, L.A.C.; MIRANDA, R.M.; MORENOBERNAL, F.E.; SANTOS, N.R. Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1207-1212, 2003.

SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, 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 Institute Inc. **Statistical Analysis System user's guide**. Version 9.1 ed. Cary: SAS Institute USA, 2005.

SILVEIRA, F. G. da; SILVA, F. F. e; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, C. H. M. 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.

SILVEIRA, F.G. da. **Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVEIRA, F.G. da. SILVA, F. F. e; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, C. H. M; MUNIZ, A. J.; Análise de agrupamento na seleção de modelos de regressão não-lineares para curvas de crescimento de ovinos cruzados **Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.4, p.692-698, abr, 2011.**

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

SOUZA, Laaina de Andrade. **Avaliação do Crescimento de Ovinos da Raça Morada Nova sob Modelos Não-Lineares Convencionais e Alternativos**. Itapetinga-Ba: UESB, 2010. 53p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia, Área de concentração em Produção de Ruminantes).