

FRANCISCO ARTHUR ARRÉ

Estrutura de dados para descrever a curva de crescimento de cabras Anglonubiana

Teresina – PI

2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

A774e Arré, Francisco Arthur

Estrutura de dados para descrever a curva de crescimento de cabras
Anglonubiana. 2016. 56f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí,
Teresina, 2016.

Orientador: Prof. Dr. José Elivalto Guimarães Campelo

Co-orientador: Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento

1. Caprino. 2. Crescimento. 3. Modelo não linear. 4. Ponderal. 5. Peso
corporal. 6. Maturidade. I. Título

CDD 636.39

FRANCISCO ARTHUR ARRÉ

Estrutura de dados para descrever a curva de crescimento de cabras Anglonubiana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. José Elivalto Guimarães Campelo – DZO/CCA/UFPI

Co-orientador Prof. Dr. Jose Lindenberg Rocha Sarmiento - DZO/CCA/UFPI

Teresina – PI

2016

**ESTRUTURA DE DADOS PARA DESCREVER A CURVA DE CRESCIMENTO
DE CABRAS ANGLONUBIANAS**

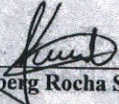
FRANCISCO ARTHUR ARRÉ

Tese aprovada em: 29/04/2016

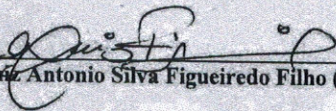
Banca Examinadora:



Prof. Dr. José Elivalto Guimarães Campelo (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. José Lindenberg Rocha Sarmiento (Interno) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Luiz Antonio Silva Figueiredo Filho (Externo) / IFMA

DEDICATÓRIA

A minha esposa Regina pelo amor incondicional,
apoio e incentivo.
(Dedico e Ofereço)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à DEUS acima de tudo, pois sem ele nada seria possível.

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela chance de me tornar um profissional e um ser humano melhor.

À CAPES pelo fomento de bolsa de estudos para a realização do Curso;

Aos meus pais e a toda minha família pela força e apoio constantes.

Ao meu Orientador Prof. Dr. José Elivalto Guimarães Campelo pela ajuda, amizade, atenção e paciência a mim dispensadas.

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Jose Lindenberg Rocha Sarmento, pelo grande auxílio, da concepção do projeto de pesquisa à conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Luiz Antônio Figueiredo da Silva Filho, pelas sugestões apresentadas para o enriquecimento técnico do Trabalho, na condição de avaliador Externo ao Programa de Pós-graduação em Ciências Animal.

Ao Doutorando Diego Helcias Cavalcante, pela ajuda nas análises estatística dos dados desta Dissertação;

Aos meus alunos da Faculdade IESM pelas contribuições e disponibilidade dispensadas no auxílio dos trabalhos de campo.

À todos os funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelas contribuições no decorrer do curso.

Agradecimento especial a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelos conhecimentos transmitidos ao longo desses dois anos e que foram a base para o desenvolvimento do projeto.

A todos, minha ETERNA GRATIDÃO.

SUMÁRIO

Resumo.....	8
Abstract.....	9
1. Introdução.....	10
2. Revisão Bibliográfica.....	12
2.1. Modelos não lineares para estimar curva de crescimento em animais.....	15
2.2. Estudo da curva de crescimento em animais de produção.....	20
3. Referências Bibliográficas.....	24
4. Capítulo I:	
Estrutura de dados longitudinais e ajuste de modelos não lineares para descrever curva de crescimento em fêmea caprina.....	28
Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução.....	30
Material e Métodos.....	32
Resultados e Discussão.....	34
Conclusão.....	47
Referências Bibliográficas.....	48
5. Considerações Finais.....	52

Lista de Figuras

- Figura 1. Dispersão do Resíduo padronizado estimado com o modelo Logístico e Brody, utilizando-se pesagens do nascimento a 30 meses de idade em cabras da raça Anglonubiana.
- Figura 2. Dispersão do Resíduo padronizado estimado com o modelo Von Bertalanffy e Gompertz, utilizando-se pesagens do nascimento a 30 meses de idade em cabra Anglonubiana.
- Figura 3. Curvas de crescimento estimadas com os modelos de Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico e a dispersão dos pesos observados em cabras da raça Anglonubiana..
- Figura 4. Taxa de crescimento instantâneo (TCI, kg/dia) obtida com os modelos Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico de cabras da raça Anglonubiana.

Lista de Quadros e de Tabelas

- Quadro 1. Propriedades dos modelos não lineares Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz: Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Peso no Ponto de Inflexão da curva de crescimento.
- Tabela 1. Indicadores de desempenho ponderal de fêmeas da raça Anglonubiana: médias de pesos de 247 cabras do rebanho avaliado e médias das 104 cabras avaliadas que apresentaram pesagens até 60 meses de idade.
- Tabela 2. Comparação das estruturas de dados longitudinais aplicando-se o teste SNK às médias dos parâmetros a, b e k das curvas de crescimento, e Quadrado Médio do Resíduo (QMR), Desvio Médio Absoluto (DMA) e Coeficiente de determinação (R^2), obtidas com os modelos Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e Logístico, em cada arquivo de dados do peso de cabra Anglonubiana
- Tabela 3. Estimativa do Quadrado médio do resíduo (QMR), Desvio médio absoluto (DMA), Coeficiente de determinação (R^2), Percentual de convergência (PC) e a média dos parâmetros a, b e k da curva de crescimento obtida com modelos não lineares em pesagens até 30 meses de idade em cabras Anglonubiana.

Estrutura de dados para descrever a curva de crescimento de cabras Anglonubiana

Resumo: Com objetivo de determinar a influência da estrutura de dados longitudinais sobre ajustes da curva de crescimento e identificar o melhor modelo não linear para descrever o padrão de crescimento de fêmeas, utilizou-se o método de Gauss-Newton modificado para ajustar os modelos Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy, a dados de peso - idade de 104 cabras Anglonubiana. Pesos do nascimento até 60 meses de idade foram editados em 10 arquivos, respectivamente com pesagens do nascimento até 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 e 60 meses, nos quais os parâmetros a , b e k foram estimados com os quatro modelos e submetidos a análise de variância num fatorial 4×10 (modelos e estrutura de dados) com 104 repetições. A melhor estrutura de dados identificada pela comparação de médias dos parâmetros pelo teste SNK, foi utilizada para definir o modelo que melhor se ajustou aos dados (com base no Quadrado Médio do Resíduo, Desvio Médio Absoluto, Coeficiente de determinação - R^2 e na análise gráfica dos resíduos). Com este modelo estimou-se a correlação a e k , o ganho de peso absoluto, as curvas do peso assintótico e peso observado em função da idade. Constatou-se variâncias heterogêneas no peso com aumento da idade, mas não houve interação modelo - estrutura de dados. As médias dos parâmetros a , b e k nos arquivos com pesagens até 30 meses diferiram entre si ($P < 0,05$), indicando que independente do modelo a estrutura dos dados influencia a curva estimada. O modelo Logístico se ajustou melhor dados, apresentou maior valor de k e menor de a (correlação igual a $-0,81$), que mostra a fêmea mais precoce com menor probabilidade de atingir maior peso adulto. O ponto de inflexão da curva do ganho de peso instantâneo de 98 g/dia ocorreu aos 120 dias, sendo que o decréscimo observado e o peso estimado de 13,1kg nessa idade indicam necessidade de atenção com o manejo alimentar na fase pós-desmama. Conclui-se que a estrutura dos dados interfere no ajuste dos modelos não lineares para descrição do peso de fêmeas em caprinos, requerendo pesagens até 30 meses de idade e que o modelo Logístico se destaca. Por se correlacionarem negativamente a inclusão dos parâmetros a e k em índices de seleção para reposição de fêmeas no rebanho, pode ponderar precocidade ao primeiro parto com o tamanho da cabra adulta.

Palavras-chave: caprino, modelos não lineares, crescimento, ponderal, peso corporal, maturidade

Growth curve in females of Anglo Nubian breed set with non-linear models

Abstract: In order to determine the influence of longitudinal data on adjustments of the growth curve and identify the best non-linear model to describe the pattern of growth in females, the Gauss-Newton modified method to adjust the models Brody, Gompertz, Logistic and Von Bertalanffy, to weight-age data of 104 female Anglo Nubian goats. The database has been edited in 10 files, each corresponding to measurements in the following ages: from birth up to 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 and 60 months old, which the parameters a , b and k were estimated with those four models and then were submitted to analysis variance in factorial scheme 4×10 (templates and file data), with 104 repetitions. The best structure identified by comparison of means by SNK test, was used to define the model that best fit the data (based on Mean Square of the Residual, Average Absolute Deviation of the Waste Coefficient of Determination - R^2 and graphical analysis of waste) and with it, estimate the correlation a and k , the gain of absolute weight and observed weights depending on the age. It was found heterogeneous variances in weight with increasing age, but there was no interaction model - structure of data. The averages of the parameters differed among themselves in the files until 30 months ($P < 0.05$), showing the weights up to that age can be suitable for studies of female growth, indicating that regardless of the model the structure of the data influences the estimated curve. The Logistic model adjusted better to data showed higher k values and lower a value, correlation equal to - 0.81, which shows the earliest female less likely to achieve greater adult weight. The curve inflection point of absolute weight of 98 g/day occurred after 120 days. The decline started with animals showing estimated weight of 13.1 kg to 400 days with stabilizing asymptotic weight of 26.2 kg. It is concluded that the data structure interferes in the adjust of the non-linear models for describing the female goats weight, requiring weighing up to 30 months of age and that the Logistic model stands as the best. Due to negatively correlation to inclusion of parameters a and k check indexes for replacement of females in the herd, can consider precocity at first calving with the size of the adult female goat.

Key word: goat, non-linear models, growth, weight, body weight, maturity

1.Introdução Geral

Animais com diferentes tamanho corporal apresentam padrão de crescimento distintos, de forma que o de pequeno porte (biótipo precoce) tende atingir a maturidade fisiológica com menor peso e com nível maior de gordura na carcaça, quando comparado com animal maior (biótipo tardio). Em ambos os casos os principais modelos não lineares utilizados para descrever a curva de crescimento são: Richard, Brody, Von Bertalanffy, Logística e Gompertz (OLIVEIRA et al., 2000; MALHADO et al., 2008; SILVA et al., 2011).

Em caprinos o tamanho corporal é importante principalmente nas fêmeas, em razão da necessidade de garantia do desenvolvimento de fetos sem limitação de espaço na gestação. Entretanto, o maior tamanho corporal implica em maior necessidade de manutenção, que é incompatível com a exploração em ambiente semiárido, além de ir em sentido contrario à precocidade.

Estudos relacionados ao ajuste do tamanho corporal da fêmea ao ambiente de criação ganha importância, pois em condições hostis ou de manejo inadequado, geralmente o animal tende a se ajustar sacrificando desempenho e tamanho corporal. Nessa perspectiva a diversidade fenotípica pode ser vista como um indicador de diferenças adaptativas ou seletivas entre populações (BIAGIOTTI et al., 2013).

A esse respeito, estudos do perfil de crescimento com modelos não lineares que relaciona o peso com a idade têm sido realizados, disponibilizando parâmetros interpretáveis biologicamente, que são úteis na orientação de decisões para ampliar a eficiência do manejo (SOUZA et al., 2013). Nesse caso, o crescimento do animal definido como ganho de peso ou ganho de peso de partes do corpo com a idade, é influenciado por condições genéticas e ambientais (GALEANO-VASCO et al., 2014).

Porem, atendendo à prerrogativa que os modelos não lineares se aplicam apenas durante a fase na qual o animal está em crescimento, nos estudos com caprinos as pesagens geralmente são interrompidas antes que a maturidade seja atingida, prevalecendo coletas até um ano e meio de idade (OLIVEIRA et al., 2009; FIGUEIREDO FILHO et al., 2012), similarmente ao que ocorre em ovinos (HOSSEIN-ZADEH, 2015; SARMENTO et al., 2006; SOUZA et al., 2013, SILVA, 2010). Com isso, seu uso em animais de corte tem sido principalmente para determinar a idade de abate ou estabelecer programas de alimentação (BAHREINI-BEHZADI et al, 2014).

Outra aplicação prática dos parâmetros da curva de crescimento poderia ser para orientar a seleção de fêmeas destinada a reposição no rebanho, explorando-se o fato da correlação negativa entre a e k indicar que os animais mais precoces apresentam menor probabilidade de atingir peso elevado à idade adulta (SARMENTO et al., 2006). Além disso, se as herdabilidades de ae e k forem altas, como constatado em bovinos, com valores próximos de 0,40 por Garner et al. (2005), indica que é possível alterar o padrão de crescimento por meio da seleção.

Entretanto, como a fêmea apresenta a particularidade de ganhar peso no período de gestação e a perder na lactação (GONÇALVES et al., 2011) e que nos caprinos o primeiro parto pode ocorrer de 1 a 2 anos, a estrutura de dados longitudinais pode influenciar o ajuste da curva de crescimento da fêmea, ficando de certa forma, dúvidas sobre qual modelo não linear seria mais adequado para descrição do seu crescimento. Segundo Oliveira et al. (2000), pesagens apenas em idades iniciais pode não ser suficiente para caracterizar todo o ciclo biológico, embora a utilização desses modelos seja para estimar a idade na qual o peso do animal para de aumentar, que ocorre geralmente quando atinge a maturidade sexual.

A escolha do modelo não linear mais adequado é dependente, entre outros fatores, da raça, do ambiente, da idade do animal nas últimas pesagens e do modelo propriamente dito (SILVA et al., 2011), de forma que a escolha deve recair no que se ajustar adequadamente aos dados da espécie, em termos de qualidade da apresentação e interpretação dos resultados, bem como considerar os fatores ambientais que podem influenciá-los (SARMENTO et al., 2006).

Guedes et al. (2004) chama a atenção para os seguintes requisitos: confiabilidade, precisão e operacionalidade, que devem ser observados para que uma função de crescimento descreva bem uma relação peso-idade, correspondendo respectivamente a: i) a interpretação biológica dos parâmetros; ii) ajuste aos dados com pequeno desvio e iii) ao grau de dificuldade do ajuste.

Outro aspecto a ser considerado em relação ao ajuste de modelos não lineares, é que desconsiderar as pressuposições a cerca de heterogeneidade de variâncias entre as pesagens pode resultar em estimativas viesadas dos parâmetros (SOUZA, 1998).

Quanto aos critérios para identificar os modelos de melhor ajuste, prevalece na maioria dos estudos a utilização do Quadrado Médio do Resíduo, Desvio Médio Absoluto, Coeficiente de determinação ajustado, utilizados por Teixeira Neto et al.

(2016), além do Critério de informação de Akaike, Critério de informação Bayesiano e Percentual de convergência, que foram utilizados por Silveira et al. (2012).

O objetivo com essa pesquisa foi de determinar a influência da estrutura de dados longitudinais peso-idade sobre ajustes da curva de crescimento e identificar o melhor modelo não linear para descrever o padrão de crescimento de fêmeas caprina da raça Anglonubiana.

A Dissertação está estruturada em: Introdução geral, Revisão de Literatura, redigidas de acordo com as normas do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, e Capítulo I obedecendo às normas editoriais da Revista Caatinga (UFRSA) ISSN 1983-2125, à qual será submetido para publicação terminando em Considerações Finais.

2.Revisão Bibliográfica

A Caprinocultura é uma atividade de importância socioeconômica no Nordeste brasileiro, que detém 91,4% do efetivo de caprinos do país. O rebanho da região é de 8.109.772 cabeças, sendo o Piauí o terceiro maior efetivo com 1.234.403 animais, destacando-se a microrregião de Teresina com 76.460 caprinos (IBGE, 2014).

Os caprinos da região Nordeste são considerados rústicos, porém a maioria dos rebanhos apresenta baixo desempenho produtivo, que tem motivado os criadores e a pesquisa a uma busca contínua por melhores índices de produtividade.

A raça Anglonubiana formada pelo cruzamento de animais da raça Nubiana, originada do Sudão com cabras nativas da Inglaterra, foi introduzida no Brasil em meados de 1927 com o propósito de originar rebanhos de aptidão mista, para a produção de leite e carne, onde expressou maior rusticidade quando comparadas às demais raças exóticas. É, seguramente, o grupo genético caprino controlado mais amplamente difundido no Nordeste (OLIVEIRA, 2007).

É uma raça já bem adaptada a sistema de manejo extensivo e semi-extensivo em regiões de clima tropical. São animais de grande porte apresentando peso médio de 90 kg nos machos e 70 kg nas fêmeas, porém podendo alcançar até 120 kg se criados em manejo intensivo (OLIVEIRA, 2007). Entretanto, convém considerar que o ganho de peso nos caprinos é uma característica bastante variável. No período pré-desmame Câmara et al.

(2004) constataram valores iguais a $45,3 \pm 7,6$ e $51,2 \pm 5,2$ g/dia para machos e fêmeas, respectivamente. Esses valores são inferiores a 150 g/dia em cabritos dessa raça, criados em sistema semi-intensivo por Oliveira et al. (2007).

Em relação ao tamanho corporal, a variação também é grande em função do manejo recebido. Melo e Schmidt (2008) analisaram dados do arquivo zootécnico da Associação de Caprinocultores do Rio Grande do Sul e constaram as seguintes medidas em machos: perímetro torácico 89,9 cm, altura de cernelha de 80,3 cm e comprimento corporal 83,9 cm. O tamanho desses animais se assemelha ao de machos que participaram de Exposição Agropecuária no Piauí, que apresentaram as seguintes medida, segundo Campelo et al. (2002): alturas de cernelha de 75,5 cm e altura de garupa 77,1 cm e perímetro torácico de 95,1 cm.

Dentre as raças trazidas para o Brasil, a Anglonubiana se destaca por apresentar elevada rusticidade, quando comparada às demais raças caprinas (OLIVEIRA et al., 2009). A presença de reprodutores dessa raça em muitos rebanhos do Nordeste caracteriza bem sua importância regional e informações sobre a sua capacidade produtiva tem sido estudada, porém necessita também de estudos que visem analisar como a raça está se ajustando ao ambiente de criação a que é submetida, principalmente em termos de padrão de crescimento e tamanho corporal.

Por sua vez, a caracterização de grupos genéticos e o conhecimento do seu potencial para exploração econômica é importante e pode ser feita com uso de medidas corporais em índices zootécnicos.

A estrutura corporal do animal deve proporcionar melhor desempenho produtivo em uma função específica, por exemplo, carne ou leite. Assim, no estudo da fisiologia do crescimento têm sido incluídos novos conceitos a partir de descobertas que relacionam os processos do crescimento e isso tem sido fundamental para entender o desenvolvimento animal, melhorando assim o desempenho do mesmo a medida que se otimiza o manejo (PATINO et al., 2010).

Informações relacionadas ao fato do tamanho corporal apresentar vantagens biológicas importantes quanto aos aspectos de adaptação e ao tipo de exploração não são recentes. Segundo Klosterman (1972), o tamanho da estrutura corporal influencia o desempenho animal em certas condições ambientais, sendo difícil estabelecer o tamanho ideal para situações diversas de exploração.

A seleção para peso adulto mais elevado leva a animal cada vez maior e, conseqüentemente, a maior exigência de manutenção, difícil de ser atendida em sistema de produção extensivo. Nessa perspectiva, o crescimento do animal é um elemento importante a ser avaliado, pois influencia diretamente no sistema de criação, principalmente na estruturação do sistema de produção (BIANCHINI, 2005), em razão da manutenção das matrizes ser fator determinante da eficiência econômica do sistema de produção (MOTA et al., 2014).

Conhecer o padrão de crescimento do animal num sistema de criação ou numa região pode auxiliar na definição de ação para com o rebanho, ao avaliar programa alimentar e idade adequada para abate (SANTANA et al., 2001), mas também pode caracterizar a adequação da raça às condições ambientais da região.

A esse respeito, Pineda; Koury Filho (2003) destacam que o tamanho ideal do animal será invariavelmente dependente dos recursos disponíveis no sistema de produção, mas também que se busque atender as exigências do mercado. Assim, o grande desafio é encontrar um modelo que permita projetar o tamanho adulto do animal e padronizar o tamanho adequando ao rebanho em função da disponibilidade nutricional, não esquecendo, no entanto, variáveis econômicas e as preferências do consumidor, independentemente da espécie explorada.

Em estudos onde o foco é o crescimento do animal, o uso de curvas de crescimento tem aumentado em anos recentes, devido ao desenvolvimento de métodos computacionais para análises mais rápidas e precisas, bem como pela disponibilidade de novos modelos para serem testados (SOUZA et al., 2013).

O conhecimento para evitar a seleção de tipos extremos em peso para não levar a resposta correlacionada indesejável em outras características de importância econômica não é recente e não pode ser restrita a bovinos. A esse respeito um fato que tem preocupado os pesquisadores é a preferência que existe por animal de grande porte em rebanhos de seleção e, principalmente, quando a comercialização de animais de reprodução ocorre em Exposições Agropecuárias.

Análise de desempenho do crescimento animal, através de sua expectativa de vida, tem sido justificada principalmente para estabelecer estratégias adequadas de alimentação e para a determinação da melhor idade de abate com o foco no macho em diversas espécies, como bovinos (MALHADO et al., 2008.a), aves (GALEANO-VASCO et al., 2014), ovinos (GUEDES et al., 2004; SILVEIRA et al., 2012) e caprinos (OLIVEIRA et

al., 2009). Pouco destaque tem sido dado as fêmeas das espécie bovina (OLIVEIRA et al., 2000; GONÇALVES et al., 2011; SILVA et al., 2011), ovina (HOSSEIN-ZADEH, 2015) e caprina (FREITAS, 2005; MALHADO et al., 2008b; OLIVEIRA et al., 2009; CARNEIRO et al., 2009).

Assim, caracterizar o padrão de crescimento de fêmeas no rebanho com a utilização de modelos não lineares se mostra interessante, no intuito de melhorar a eficiência da estratégia de reposição adotada no rebanho.

Por sua vez, modelos não lineares, desenvolvidos empiricamente para relacionar peso e idade, têm-se mostrado adequados para descrever a curva de crescimento nos animais, ao condensarem em pequeno número de parâmetros, informação com interpretação biológica que facilita o entendimento do crescimento (OLIVEIRA et al., 2000).

2.1. Modelos não lineares para estimar curva de crescimento em animais

Pesquisa com dados longitudinais diz respeito à coleta e posterior análise de dados mensurados ao longo do tempo no mesmo animal. Dentro do enfoque de medidas repetidas, é importante considerar duas fontes de variabilidade: a variação aleatória entre os animais, que possibilita testar o efeito de tratamentos global e a dentro de cada tempo, ou seja, variação aleatória entre medidas dentro de animal. Nesse caso, tem-se a aplicação das curvas de crescimento, cujo interesse é modelar o padrão de resposta de dados peso-idade ao longo da vida do animal (FREITAS, 2005).

A esse respeito, os modelos não lineares podem ser utilizados para descrever o crescimento do animal ao longo do tempo, possibilitando avaliar os fatores genéticos e de ambiente que influenciam a forma da curva de crescimento e, desse modo, alterá-la por meio de seleção, ou seja, identificando animais com maior velocidade de crescimento, sem alterar o peso adulto, em vez de selecionar animais cada vez maiores (SARMENTO et al., 2006).

Segundo Freitas (2005), os modelos não lineares são relativamente flexíveis para se utilizar com dados peso-idade, pelo fato de considerar características inerentes aos dados de pesagens, como:

- a) Normalmente as pesagens são irregulares no tempo, isto é, o intervalo de duas medidas consecutivas quaisquer não ocorre de forma constante;

- b) Possuem estrutura incompleta;
- c) As avaliações adjacentes são mais estreitamente correlacionadas que as demais;
- d) A resposta dos indivíduos em função do tempo tem variância crescente.

Diversos modelos não lineares podem ser empregados para descrever a curva de crescimento, porém eles podem se diferenciar uns dos outros em termos de resultados e aplicação, por existir diferenças de adequação entre os mesmos em diferentes raças de animais.

Na maioria dos problemas com modelos não lineares não é possível encontrar formas analíticas para os estimadores de mínimos quadrados ou máxima verossimilhança. Ao invés disso, métodos numéricos devem ser usados, requerendo cálculos complexos, conseqüentemente também softwares (GALEA et al., 2005). Segundo Sarmiento et al. (2006), não é possível resolver o sistema de equações formado diretamente como ocorre no caso linear, pois a resolução do sistema é dependente dos próprios parâmetros a serem estimados. Desta forma, requer uso de processo iterativo para obtenção das estimativas, começando com a atribuição de valores iniciais aos parâmetros a serem estimados, em seguida 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, que implicará na obtenção de soma mínima de quadrados do erro.

O ajuste de dados de peso idade de cada animal permite obter informações descritivas da curva de crescimento e/ou informações de prognósticos futuros para animais do mesmo grupo racial, sob a mesma situação ambiental. Assim, diversos modelos não lineares podem ser empregados para descrever a curva de crescimento, porém eles podem se diferenciar uns dos outros em termos de resultados e aplicação devido a existir diferenças de adequação entre os mesmo em diferentes raças de animais (PRUDENTE, 2009).

Para contornar problemas de heterogeneidade de variâncias e obter estimativas de parâmetros mais eficientes, recomenda-se usar quadrado mínimo generalizado, de modo que as observações com maior variabilidade recebem menos peso na determinação das estimativas de parâmetros (FREITAS, 2005).

Entre os critérios utilizados para escolha do modelo que melhor descreve a curva de crescimento Sarmiento et al. (2006) menciona: Quadrado médio do resíduo (QMR) - calculado dividindo-se a soma de quadrados do resíduo pelo número de observações, que é o estimador de máxima verossimilhança da variância residual, para que seja possível

comparar o QMR dos diferentes modelos, visto possuírem número diferentes de parâmetros a serem estimados; Coeficiente de determinação (R^2) - calculado como o quadrado da correlação entre os pesos observados e estimados; Análise gráfica dos resíduos; e Desvio médio absoluto dos resíduos (DMA).

Entre as várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal, Freitas (2005) cita “resumir em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento da população, pois alguns parâmetros dos modelos não lineares utilizados possuem interpretabilidade biológica”.

Considerações sobre os modelos não lineares

a) Modelo de Richards

Considerado por muitos pesquisadores como o modelo de crescimento mais completo, a função de Richards possui quatro parâmetros, porém com ponto de inflexão variável. A importância desse modelo reside no ponto de inflexão ser dependente do parâmetro m , que deve ser estimado para cada análise, para que se consiga melhor interpretação biológica. No entanto, existe dificuldade em se ajustar este modelo devido a não convergência do processo iterativo, causado principalmente pela alta correlação negativa entre b e m (PAZ,2002).

Apresenta a seguinte fórmula segundo Sarmiento et al. (2006):

$$Y = A(1 - Be^{-Kt})^M + e, \quad \text{em que:}$$

Y é o peso corporal à idade t ; A , o peso assintótico quando t tende a mais infinito, ou seja, este parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; B , uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida. O valor de B é estabelecido pelos valores iniciais de Y e t ; 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. Sua fixação determina a forma da curva e, conseqüentemente, o ponto de inflexão.

Assim, assumindo o ponto de inflexão do modelo de Richards igual a 0, obtém-se o modelo de Brody; quando igual a $2/3$, o modelo Von Bertalanffy; tendendo a 1, o modelo de Gompertz; e se igual a dois, o modelo Logístico. Percebe-se, então, que os

modelos são casos especiais do modelo Richards, que possui quatro parâmetros (SARMENTO et al., 2006).

A taxa de crescimento absoluta instantânea (TCI) estima o incremento no peso para cada unidade de tempo t ; para o modelo é dada por:

$$TCI = AbKme^{-Kt}(1-be^{-Kt})^{(m-1)}.$$

b) Modelo de Von Bertalanffy

O modelo de Van Bertalanffy foi derivado por seu autor a partir de taxas de anabolismo e catabolismo do animal, baseando-se na suposição de que o crescimento é a diferença entre estas taxas. Neste modelo o ponto de inflexão m , é fixo em aproximadamente 0,30 do valor de A . É obtido a partir da fórmula a seguir, cujos componentes são os mesmos definidos para o Modelo de Richard.

$$Y = A(1 - Be^{-kt})^3 + \varepsilon$$

A taxa de crescimento absoluta instantânea (TCI) estima o incremento no peso para cada unidade de tempo t ; para o modelo é dada por:

$$TCI = 3bKYte^{-Kt}(1 - e^{-Kt})^{-1}.$$

c) Modelo Logístico

Proposto por Verhulst em 1838 para expressar a lei do crescimento de populações humanas (LAIRD, 1966), apresenta uma curva simétrica em relação ao ponto de inflexão, neste modelo pode-se alcançar 50% do valor assintótico. Aproxima-se em seu segundo trecho a função de Brody, porém em seu primeiro trecho se aproxima a uma função exponencial de taxa relativa de crescimento constante, em outras palavras, este modelo considera a velocidade de crescimento proporcional ao crescimento efetuado e ao crescimento que fica por efetuar. Na função Logística o parâmetro B é fixo e igual a 1. Os componentes da fórmula são os mesmos definidos para o Modelo de Richard.

$$Y = A(1 + e^{-kt}) + \varepsilon.$$

A taxa de crescimento instantânea (TCI) estima o incremento no peso para cada unidade de tempo t ; para o modelo é dada por:

$$TCI = KY_t(A - y)/A$$

A TCIR no tempo t em relação ao peso do indivíduo nesse particular tempo t é obtida por:

$$3bKe^{-kt}/(1-be^{-kt}).$$

d) Modelo de Gompertz

O modelo de Gompertz foi desenvolvido em 1825 por Benjamin Gompertz para estudar as leis de natalidade e mortalidade humanas (LAIRD, 1966), baseia-se na taxa de crescimento relativo descrever de forma exponencial, a curva é assimétrica em relação a seu ponto de inflexão, sendo o ritmo de desenvolvimento mais lento depois de alcançado este ponto, ou seja, a função de Gompertz foi desenvolvida sob a suposição de que a taxa de crescimento específico cai exponencialmente com o tempo. O ponto de inflexão neste modelo é fixo em 0,37 do valor de A (Paz 2002).

$$Y = AeBe^{-kt} + \varepsilon$$

Os componentes da fórmula são os mesmos definidos para o Modelo de Richard.

A taxa de crescimento instantânea (TCI) estima o incremento no peso para cada unidade de tempo t ; para o modelo é dada por:

$$TCI = KY \log_e(A/y)$$

A TCA é crescente até atingir o máximo em (KAe^{-1}) , e depois decresce com a idade. O ponto em que a função muda de crescente para decrescente, ou seja, o ponto de inflexão da curva é obtido com (k^{-1}) e o peso nesse ponto é estimado por (Ae^{-1}) , segundo Sarmiento et al. (2006).

e) Modelo de Brody

O modelo de Brody considera a velocidade do crescimento proporcional ao crescimento que fica por efetuar, assim as taxas de crescimento diminuem à medida que aumenta o peso e idade. Este modelo foi proposto para descrever o crescimento após o ponto de inflexão. Neste modelo o parâmetro m assume o valor 1. A maioria dos trabalhos que utilizam este modelo, consideram o nascimento como o ponto de inflexão, podendo assim ser utilizado para descrever o crescimento pós natal (PAZ, 2002).

$$Y = A(1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$$

Os componentes da fórmula são os mesmos definidos para o Modelo de Richard.

A taxa de crescimento instantânea (TCI) estima o incremento no peso para cada unidade de tempo t ; para o modelo é dada por:

$$TCI = K(A - Y_t).$$

2.2. Estudo da curva de Crescimento em Animais de Produção

O crescimento e desenvolvimento dos diferentes tecidos do corpo do animal acontecem de forma e ordem diferenciada para cada um. A maturação dos tecidos é atingida em idades diferentes, ocorrendo nessa sequência: primeiro os ossos, depois os músculos e por último o tecido adiposo, que apresenta a seguinte ordem de deposição: primeiro a gordura gastrointestinal, seguido pela gordura intermuscular, gordura subcutânea e por último a gordura intramuscular (OWENS et al., 1993). Uma forma de quantificar relativamente esse processo é por alometria.

As medidas de desenvolvimento ponderal, pesos em determinadas idades, ganhos em pesos e outros critérios que visem à precocidade e velocidade de crescimento, têm sido utilizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético. Também são importantes as curvas de crescimento, estudadas por meio do ajuste de funções não lineares, de forma a sintetizar informações de todo o período da vida dos animais e assim facilitar o entendimento do fenômeno de crescimento.

Os dados de crescimento coletados em um mesmo indivíduo do nascimento até a fase adulta descrevem uma trajetória de curva sigmoide, chamada de curva de crescimento animal, comumente de formato sigmoide. O crescimento ocorre de forma acelerado na fase inicial, reduzindo com o avanço da idade, sendo que apresenta um ponto de inflexão, ou seja, estabilidade associado ao período da puberdade.

As razões para a desaceleração do crescimento pós-puberdade ainda não estão bem elucidadas. Estudos com culturas de célula muscular indicam que a inibição do crescimento pode ter como causa a limitação de espaço, suprimento de nutrientes, fatores de crescimento ou devido ao acúmulo de fatores que inibem a divisão celular (OWENS et al., 1993). O animal mais precoce inicia a desaceleração do crescimento muscular mais jovem, acelerando deposição de gordura de acabamento. Assim, o animal de porte grande é mais jovem e mais magro a um dado peso, sendo mais pesado e com menor acabamento de carcaça a uma determinada idade, em relação ao animal de porte pequeno

(HORIMOTO, 2005).

Dentre as medidas corporais utilizadas para a modelagem de crescimento, a mais comum e de fácil mensuração é o peso em determinadas idades, que pode ser facilmente aferido a campo por baixo custo. Entretanto, a utilização contínua deste como critério de seleção de animais de corte, pode provocar resposta correlacionada o maior tamanho do animal, que pode ser indesejável por tender a afetar negativamente características reprodutivas principalmente de fêmeas, pois aumentar o peso na fase adulta pode influenciar negativamente a idade à puberdade (MOTA et al., 2014).

Os métodos de análise de dados longitudinais são de grande relevância na produção animal, sendo o interesse na aplicação de curvas de crescimento, para modelar o padrão da resposta de dados peso e idade ao longo da vida (FREITAS, 2005), tem as seguintes razões:

- a) Resumir em 3 a 4 parâmetros, característicos do crescimento da população;
- b) Avaliar o perfil da resposta do animal no tempo;
- c) Observar as interações de respostas da população ou tratamento no tempo;
- d) Identificar na população animais mais jovens que são mais pesados;
- e) Caracterizar a variação no indivíduo de interesse nas avaliações genéticas.

Os modelos não lineares mais utilizados para descrever o crescimento dos animais são: Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz. Mesmo vários estudos sobre curvas de crescimento tendo sido realizados, principalmente em bovinos, os resultados comprovam que, apesar de se mostrarem adequados, existem divergências entre os resultados (FREITAS, 2005).

A esse respeito, Guedes et al. (2004) chamam a atenção para os seguintes requisitos: confiabilidade, precisão e operacionalidade, que devem ser observados para que uma função de crescimento descreva bem uma relação peso-idade, correspondendo respectivamente a: i) a interpretação biológica dos parâmetros; ii) ao ajuste aos dados com pequeno desvio e iii) ao grau de dificuldade do ajuste.

Na comparação entre os modelos Brody, Logístico, Richards, Von Bertalanffy e Gompertz, Paz et al. (2004) apontaram o modelo de Gompertz como o mais adequado para estimar o crescimento de bovinos da raça Nelore, já Perotto et al. (1992) sugerem o modelo de Richards como adequado para estimar o crescimento de fêmeas zebuínas.

Vários estudos foram realizados com curvas de crescimento em ovinos (SARMENTO et al., 2006; MALHADO et al., 2009) e o modelo Von Bertalanffy se

ajustou bem para a raça ovina Santa Inês, segundo Freitas (2005). Silveira et al. (2012), utilizando análise de agrupamento e 17 modelos não lineares, constataram que o modelo von Bertalanffy foi o mais adequado para descrição das curvas de crescimento dos três grupos genéticos de ovinos.

Vários estudos também já foram realizados com curvas de crescimento em caprinos (OLIVEIRA et al., 2009; CARNEIRO et al., 2009). Os três modelos não linear Brody, Logístico e Von Bertalanffy se mostram adequados para estimar a curva de crescimento de caprinos em todas as idades, exceto ao nascimento, pois os três modelos superestimam o peso (FREITAS, 2005, FIGUEIREDO FILHO et al., 2012).

O modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou a curva de crescimento de caprinos criados extensivamente na microrregião de Teresina, PI. Os efeitos ambientais de ano, estação e tipo de nascimento, sexo e rebanho se mostraram responsáveis por grande variação nos parâmetros da curva de crescimento ajustada e no peso à medida que a idade aumentou (FIGUEIREDO FILHO et al., 2012).

Oliveira et al. (2009) avaliaram o padrão de crescimento de caprinos da raça Anglonubiana, criados sob sistema semi-intensivo, com base em modelos não-lineares, e análise de significância de efeitos sobre o peso vivo e o ganho de peso diário em diferentes idades. O modelo Logístico mostrou-se o mais adequado para estimar a curva de crescimento de machos e fêmeas. O tipo de nascimento influenciou o peso vivo até os 60 dias ($P < 0,05$), enquanto que o mês de nascimento não apresentou efeito significativo. O sexo afetou o ganho de peso até 150 dias de idade e o peso vivo em todas as idades, sendo os machos mais pesados que as fêmeas ($P < 0,05$). O Ganho médio diário foi maior em idades mais jovens.

Carneiro et al. (2009) analisaram o uso de modelos não lineares para descrever o crescimento em caprinos da raça Mambrina, utilizando pesagens mensais do nascimento aos 540 dias de idade, constataram que os modelos Logísticos, von Bertalanffy e Gompertz foram os que apresentaram melhor ajuste aos dados, com pequena superioridade desse último. Os mesmos autores constataram também que o sexo não influenciou significativamente os parâmetros da curva e que os animais da raça Mambrina são de baixo peso à maturidade, principalmente as fêmeas, o que pode indicar, além do déficit nutricional, a adaptação desses animais às condições adversas da caatinga nordestina. Com base na correlação estimada entre os parâmetros a e k que foi moderada e negativa (-0,68), concluíram que animais precoces possuem menor probabilidade de

atingir peso elevado à idade adulta.

Quanto aos critérios para identificar os modelos de melhor ajuste aos dados, Silveira et al. (2012) utilizaram o coeficiente de determinação ajustado, critério de informação de Akaike, critério de informação Bayesiano, erro quadrático médio de predição, coeficiente de determinação de predição e percentual de convergência.

Embora o interesse pela aplicação dos modelos não lineares na área animal tenha sido crescente nos últimos anos, isso não tem ocorrido especificamente em relação a fêmeas da espécie caprina.

Com relação à importância da estrutura de dados sobre as estimativas dos parâmetros da curva de crescimento, segundo Silva et al. (2011), há poucas informações sobre as condições brasileiras referentes às curvas de crescimento até a idade adulta. Prevalece ajustes dos modelos realizados com conjuntos de dados que não contemplam o crescimento até a maturidade, conseqüentemente, as pressuposições a cerca de heterogeneidade de variâncias entre as pesagens não estão sendo levadas em consideração em estudos de curva de crescimento.

Toral (2008) realizou estudo de simulação para verificar a influência do número e do intervalo de pesagens sobre as estimativas do peso assintótico (a) e da taxa de maturação (k) de bovinos e identificar o número e intervalo mínimos de pesagens para obtenção de estimativas confiáveis para esses parâmetros com o modelo de Richards. Foram simulados valores de pesos de bovinos em idades entre 1 e 3.601 dias e gerados conjuntos de dados com número de pesagens variando de 13 a 121, obtidas a cada 30 dias, além de intervalos de pesagens variando de 30 a 150 dias. Foi constatado que a diminuição no número de pesagens utilizadas reduziu a correlação entre os valores de a e k simulados e estimados e também aumentou o viés e a média dos resíduos ao quadrado. Já o aumento do intervalo de pesagens não influenciou as estimativas de a , mas prejudicou as estimativas de k .

Como a fêmea apresenta a particularidade de ganhar peso no período de gestação e a perder na lactação (GONÇALVES et al., 2011), a estrutura de dados longitudinais pode influenciar o ajuste da curva de crescimento, ficando de certa forma, dúvidas sobre qual modelo não linear seria mais adequado para descrição do seu crescimento.

Desconsiderar a pressuposição de homogeneidade de variância pode resultar em estimativas viesadas dos parâmetros, como a super ou subestimação das variâncias (SOUZA, 1998), tal situação pode ocorrer em caprinos, onde o estudo de curva de

crescimento tem prevalecido a idade inferior a três anos. Assim, analisar o comportamento do tamanho da matriz ao longo dos anos no rebanho torna-se importante, pois a reposição ocorre com animais do próprio rebanho.

A heterogeneidade das variâncias pode ser considerada como o resultado de "distúrbios de regressão", pois os dados são tomados longitudinalmente em cada animal (Guedes et al., 2004; Mendes et al., 2008). No estudo da curva de crescimento, vale ressaltar que a heterogeneidade pode ocorrer, pois na medida em que ocorre aumento da idade, a variância do peso corporal também aumenta (GUEDES et al., 2004).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHREINI BEHZADI, M.R. et al. Comparison of mathematical models for describing the growth of Baluchi sheep. **Journal Agric. Sci. Technol.** 14, 57–68. 2014.

BIAGIOTTI, D.; SARMENTO, J.L.R.; DO Ó, A.O.. et al. Caracterização fenotípica de ovinos da raça Santa Inês no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**[online], v.14, n.1, p.29-42, 2013.

BIANCHINI, W. **Crescimento muscular e qualidade da carne de bovinos Nelore, Simental e seus mestiços no sistema de produção superprecoce.** Dissertação (Mestrado) - UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu – SP, 49p,2005.

CAMPELO, J.E.G.;et al. Características morfométricas de caprinos da raça Anglonubiana. In:XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. Recife, Pe. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2002.

CÂMARA, A.C.L.et al. Desenvolvimento corporal de crias da raça Anglonubiana mantidas em um sistema tradicional de manejo do sertão central. **Revista Ciência e Tecnologia**, v.p.43-45. 2004.

CARNEIRO, P.L.S.et al. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.991-998, 2007.

CARNEIRO, P.L.S.,et al. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambriana, criados na caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p 536-545. 2009.

FIGUEIREDO FILHO, L.A.S. et al. Fatores ambientais e genéticos sobre a curva decrescimento em caprinos mestiços. **ComunicataScientiae**, v.3, n.3, p.154-161. 2012.

- FREITAS, A.R. Curva de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p.786-795. 2005.
- GALEA, M.; PAULA, G. A.; CYSNEIROS, F. J. A. Ondiagnosics in symmetrical nonlinear models. **Statistics & Probability Letters**, v. 3, n.4, p.459–467. 2005.
- GALEANO-VASCO, L.F.,etal..Ability of non-linear mixed models to predict growth in laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.43, n.11, p.573-578. 2014.
- GUEDES, M.H.P. et al., Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.2, p.381-388, 2004.
- GONÇALVES, T.M. et al. Curva de crescimento de fêmeas da raça Nelore e seus cruzamentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n 3, p. 582-590. 2011.
- HOSSEIN-ZADEH, N.V. Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models. **Small Ruminant Research**, v.130, p. 60–66. 2015.
- HORIMOTO, A.R.V.R. **Estimativas de parâmetros genéticos para escores de estrutura corporal (frame) em bovinos de corte da raça Nelore**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 56 p. 2005.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM)**. Rio de Janeiro. 2014.
- KLOSTERMAN, E.W. Beef cattle size for maximum efficiency. **Journal Animal Science**, v.34, n.5, p.875-880. 1972.
- LAIRD, A.K. Postnatal growth of birth and mammals. **Growth**,v.30, p.349-363.1966.
- MALHADO, C.H.M. 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 a.
- MALHADO, C.H.M. et al., 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.
- MALHADO, C.H.M. et al., Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. **Small Ruminant Research**, v.84, p.1621, 2009.
- MENDES, P.N. et al. Modelo logístico difásico no estudo do crescimento de fêmeas da raça Hereford. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.1984-1990, 2008.

- MELLO, F.A.; SCHMIDT, V. Caracterização biométrica de caprinos Anglonubianos nascidos no Brasil, no período de 1993 a 2001. **Archivos de Zootecnia**, v.57, n.220, p.525-535. 2008.
- MOTA, L.F.M.et al. Estrutura corporal (Frame Size) e influencias no desempenho produtivo de bovinos de corte. **Boletim Técnico PPGZOO UFVJM**, v.2, n.1. 19p. 2014.
- 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, n.9, p.1843-1851. 2000.
- OLIVEIRA, D.F.et al. Desenvolvimento ponderal e características de crescimento de caprinos da raça Anglonubiana criados em sistema semi-intensivo. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.10, p.256-265, 2009.
- OLIVEIRA, D.F. **Desenvolvimento ponderal e biometria corporal de caprinos da Raça Anglonubiana criados em sistema semi-intensivo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB.52p, 2007.
- OWENS, F.N., DUBESKI, P., HANSON, C.F.. Factors that alter the growth and development of ruminants.**Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150.1993.
- PAZ, C.C.P. **Associação entre polimorfismos genéticos e parâmetros da curva de crescimento em bovinos de corte**. Tese (Doutorado)ESALQ, Piracicaba.107p.2002.
- PATIÑO, P.R.; Van CLEEF, E. Aspectos chave do crescimento em ovinos. **Revista Colombiana de Ciência, Animal**, v.2, n.2.2010.
- PEROTTO, D.; CUE, R.I.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle.**Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.773-782, 1992.
- PINEDA, N.; KOURY, W.F. **O uso de medidas de tamanho e escores visuais na seleção de gado zebu**. 14 de março de 2003. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/melhoramento-genetico/o-uso-de-medidas-de-tamanho-e-escores-visuais-na-selecao-de-gado-zebu-4778n.aspx>. Acesso em: 29/09/2014.
- PRUDENTE, A. A. **Modelos não-lineares de regressão: Alguns aspectos de teoria assintótica**. 2009.
- SANTANA, A.F.S., COSTA, G.B. FONSECA, L.S. Correlação entre peso e medidas corporais em ovinos jovens da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.1, p.74-77, 2001.
- SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H. et al. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 435-442, 2006.

SAS INSTITUTE.SAS: **User'sguidefor Windows Enviromment**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 614p .2003.

SILVA, F.L. et al. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.262-271. 2011.

SILVEIRA, F.G.; SILVA, F.F.; CARNEIRO, P.S.; MALHADO, C.H.M. Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de Corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p.62-73. 2012.

SOUZA, L.A. et al. Traditionalandalternativenonlinear models for estimatingthegrowthof Morada Nova sheep.**Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.9, 651–655. 2013.

SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 505p 1998.

TEIXEIRA NETO, M.R.; CRUZ, J.F.; CARNEIRO, P.L.S.,et al. Diversidade fenotípica de linhagens de ovinos Santa Inês por meio de análise multivariada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.4, p.784-795, 2015.

TORAL, F.L.B. Número e intervalo de pesagem para estimação de parâmetros de curvas de crescimento em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2120-2128, 2008.

4. CAPÍTULO I:

Estrutura de dados longitudinais e ajuste de modelos não lineares para descrever curva de crescimento em fêmea caprina

Resumo: Com objetivo de determinar a influência da estrutura de dados longitudinais sobre ajustes da curva de crescimento e identificar o melhor modelo não linear para descrever o padrão de crescimento de fêmeas, utilizou-se o método de Gauss-Newton modificado para ajustar os modelos Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy, a dados de peso - idade de 104 cabras Anglonubiana. Pesos do nascimento até 60 meses de idade foram editados em 10 arquivos, respectivamente com pesagens do nascimento até 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 e 60 meses, nos quais os parâmetros a , b e k foram estimados com os quatro modelos e submetidos a análise de variância num fatorial 4×10 (modelos e estrutura de dados) com 104 repetições. A melhor estrutura de dados identificada pela comparação de médias dos parâmetros da curva pelo teste SNK, foi utilizada para definir o modelo que melhor se ajustou aos dados (com base no Quadrado Médio do Resíduo, Desvio Médio Absoluto, Coeficiente de determinação (R^2) e na análise gráfica dos resíduos). Com o melhor modelo estimou-se a correlação a e k , o ganho de peso absoluto, as curvas do peso assintótico e peso observado em função da idade. Constatou-se variâncias heterogêneas no peso com aumento da idade, mas não houve interação modelo - estrutura de dados. As médias dos parâmetros a , b e k nos arquivos com pesagens até 30 meses diferiram entre si ($P < 0,05$), indicando que independente do modelo a estrutura dos dados influencia a curva estimada. O modelo Logístico se ajustou melhor dados, apresentou maior valor de k e menor de a , correlação igual a $-0,81$, que mostra a fêmea mais precoce com menor probabilidade de atingir maior peso adulto. O ponto de inflexão da curva obtida com a Taxa de crescimento instantâneo de 98g/dia ocorreu aos 120 dias, sendo que o decréscimo iniciou com o peso médio estimado de 13,1kg. Estes indicam necessidade de atenção com o manejo alimentar na fase pós-desmama. Conclui-se que a estrutura dos dados interfere no ajuste dos modelos não lineares para descrição do peso de fêmeas em caprinos, requerendo pesagens até 30 meses de idade e que o modelo Logístico se destaca.

Palavras-chave: cabra, idade, maturidade, peso assintótico, ponderal.

Longitudinal data structure and adjustment of non-linear models to describe growth curve in female goats

Abstract: In order to determine the influence of longitudinal data on adjustments of the growth curve and identify the best non-linear model to describe the pattern of growth in females, the Gauss-Newton modified method to adjust the models Brody, Gompertz, Logistic and Von Bertalanffy, to weight-age data of 104 female Anglo Nubian goats. The database has been edited in 10 files, each corresponding to measurements in the following ages: from birth up to 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 and 60 months old, which the parameters a , b and k were estimated with those four models and then were submitted to analysis variance in factorial scheme 4×10 (templates and file data), with 104 repetitions. The best structure identified by comparison of means by SNK test, was used to define the model that best fit the data (based on Mean Square of the Residual, Average Absolute Deviation of the Waste Coefficient of Determination - R^2 and graphical analysis of waste) and with it, estimate the correlation a and k , the gain of absolute weight and observed weights depending on the age. It was found heterogeneous variances in weight with increasing age, but there was no interaction model - structure of data. The averages of the parameters differed among themselves in the files until 30 months ($P < 0.05$), showing the weighs up to that age can be suitable for studies of female growth, indicating that regardless of the model the structure of the data influences the estimated curve. The Logistic model adjusted better to data showed higher k values and lower a value, correlation equal to - 0.81, which shows the earliest female less likely to achieve greater adult weight. The curve inflection point of absolute weight of 98 g/day occurred after 120 days, and the decline began with the estimated weight of 13.1kg, indicating the need for attention with the food management in the post- weaning phase. It is concluded that the data structure interferes in the adjust of the non-linear models for describing the female goats weight, requiring weighing up to 30 months of age and that the Logistic model stands as the best.

Key words: goat, age, maturity, decay, asymptotic weight, by weight.

Introdução

Animal de pequeno porte (biótipo precoce) tende a atingir a maturidade fisiológica com menor peso e com nível maior de gordura na carcaça, quando comparado com animal maior (biótipo tardio). Em ambos os modelos não lineares são utilizados para descrever a curva de crescimento, com destaque para: Richard, Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz (OLIVEIRA et al., 2000, MALHADO et al., 2008; SILVA et al., 2011), que relacionam o peso com a idade, disponibilizando parâmetros interpretáveis biologicamente e úteis na orientação de decisões para ampliar a eficiência do manejo (SOUZA et al., 2013).

Em razão da necessidade do desenvolvimento de fetos sem limitação de espaço na gestação, o tamanho corporal é importante principalmente na fêmea caprina. Entretanto, a seleção para maior tamanho corporal pode levar a maior necessidade de manutenção, que é incompatível com a exploração em ambiente semiárido, além de ir em sentido contrário à precocidade.

Estudos relacionados ao ajuste do tamanho corporal da fêmea ao ambiente de criação ganha importância, pois em condições hostis ou de manejo inadequado, geralmente o animal tende a se ajustar sacrificando desempenho e tamanho corporal. Nesse caso, o crescimento do animal definido como ganho de peso ou ganho de peso de partes do corpo com a idade, é influenciado por condições genéticas e ambientais (GALEANO-VASCO et al., 2014).

Porem, atendendo à prerrogativa que os modelos não lineares se aplicam apenas durante a fase na qual o animal está em crescimento, nos estudos com caprinos as pesagens geralmente são interrompidas antes que a maturidade seja atingida, prevalecendo coletas até um ano e meio de idade (OLIVEIRA et al., 2009), similarmente ao que ocorre em ovinos (HOSSEIN-ZADEH, 2015; SARMENTO et al., 2006; SOUZA et al., 2013, SILVA, 2010). Com isso, seu uso em animais de corte tem sido principalmente para determinar a idade de abate ou estabelecer programas de alimentação (BAHREINI-BEHZADI et al., 2014).

Outra aplicação prática dos parâmetros da curva de crescimento poderia ser para orientar a seleção de fêmeas destinada a reposição no rebanho, explorando-se o fato da correlação negativa entre a e k indicar que os animais mais precoces apresentam menor probabilidade de atingir peso elevado à idade adulta (SARMENTO et al., 2006).

Entretanto, como a fêmea apresenta a particularidade de ganhar peso no período de gestação e a perder na lactação (GONÇALVES et al., 2011) e que nos caprinos o primeiro parto pode ocorrer de 1 a 2 anos, a estrutura de dados longitudinais pode influenciar o ajuste da curva em estudo de crescimento da fêmea, ficando de certa forma, dúvidas sobre qual modelo não linear seria mais adequado para descrição do seu crescimento. Segundo Oliveira et al. (2000), pesagens apenas em idades iniciais pode não ser suficiente para caracterizar todo o ciclo biológico, embora a utilização desses modelos seja para estimar a idade na qual o peso do animal para de aumentar, que ocorre geralmente quando atinge a maturidade sexual.

Outro aspecto a ser considerado em relação ao ajuste de modelos não lineares, é que desconsiderar as pressuposições a cerca de heterogeneidade de variâncias entre as pesagens pode resultar em estimativas viesadas dos parâmetros (SOUZA, 1998).

A escolha do modelo não linear mais adequado é dependente, entre outros fatores, da raça, do ambiente, da idade do animal nas últimas pesagens e do modelo propriamente dito (SILVA et al., 2011), e deve recair no que se ajustar adequadamente aos dados da espécie, em termos de qualidade da apresentação e interpretação dos resultados, bem como considerar os fatores ambientais que podem influenciá-los (SARMENTO et al., 2006).

Guedes et al. (2004) chama a atenção para os seguintes requisitos: confiabilidade, precisão e operacionalidade, que devem ser observados para que uma função de crescimento descreva bem uma relação peso-idade, correspondendo respectivamente a: i) a interpretação biológica dos parâmetros; ii) ao ajuste aos dados com pequeno desvio e iii) ao grau de dificuldade do ajuste.

Quanto aos critérios para identificar os modelos de melhor ajuste, o Quadrado Médio do Resíduo, Desvio Médio Absoluto, Coeficiente de determinação ajustado, estão entre os mais utilizados, por exemplo, por Teixeira Neto et al. (2016), além do Critério de informação de Akaike, Critério de informação Bayesiano e Percentual de convergência, que foram utilizados por Silveira et al. (2012).

O objetivo com essa pesquisa foi determinar a influência da estrutura de dados longitudinais peso-idade sobre ajustes da curva de crescimento e identificar o melhor modelo não linear para descrever o padrão de crescimento de fêmeas caprina da raça Anglonubiana.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada com caprinos da raça Anglonubiana, pertencentes ao plantel do DZO/CCA/UFPI localizado em Teresina - PI (5° 5' 20" de Latitude sul e Longitude 42°48' 07" oeste). A formação do rebanho foi por cruzamento absorvente utilizando-se reprodutores puros, priorizando-se características de produção em detrimento a padrão racial, quando da seleção de fêmeas para reposição.

Analizou-se informações de pesos apenas das fêmeas, disponíveis no Banco de dados do rebanho, registradas até 2016 em animais nascidos a partir de janeiro de 2009.

No manejo reprodutivo as cabras foram divididas em dois grupos, lactantes e em estação de monta resultando, portanto, em repetição de grupos de animais contemporâneos em relação a estágio fisiológico dentro do mesmo ano e da mesma época (seca ou chuvosa).

No manejo sanitário do rebanho as análises de OPG foram realizadas, em média, a cada 40 dias e os animais foram desverminados com a utilização de anti-helmíntico apenas quando mais de 10% dos animais apresentaram resultado de OPG superior a 1000, conforme recomendação de Costa et al. (2011).

No manejo alimentar as cabras foram mantidas indo a pasto a partir de oito horas da manhã e recolhidas ao Aprisco no final do dia, onde permaneciam durante a noite e na parte da manhã, quando eram realizadas as coletas de dados. As cabras em lactação tiveram acesso a ração comercial com 16% de PB, de forma coletiva no período avaliado, para manutenção da condição corporal.

As informações de peso corporal foram coletadas sistematicamente como prática de manejo cotidiano do rebanho, com registro da data de parto, sexo e tipo de nascimento e peso ao nascer. As pesagens foram quinzenais até quatro meses de idade, quando ocorreu a desmama. As pesagens posteriores foram semestrais e, quando a fêmea entrou em reprodução a pesagem ocorreu no terço final da gestação, um dia após o parto e novamente na desmama a 120 dias do parto. Outras pesagens que ocorreram entre estas foram registradas no Banco de dados, juntamente com a data que foi realizada.

Para avaliar a influência da estrutura de dados longitudinais peso-idade sobre a qualidade do ajuste de modelos não lineares utilizados para descrever o crescimento de fêmeas Anglonubiana, na edição dos dados formou-se 10 arquivos, respectivamente com pesagens do nascimento até 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54 e 60 meses de idade (10 classes de estrutura de dados). Considerou-se como restrição manter as mesmas cabras

com pesos nas 10 estruturas de dados, de forma que, do arquivo inicial com 247 fêmeas e 5.153 pesos, restaram 104 cabras com pesagem em todas as idades.

Em cada um dos arquivos de pesos os modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz (Quadro 1) foram ajustados aos dados longitudinais de peso por idade de cada fêmea individualmente, utilizando-se o método de Gauss-Newton modificado, descrito por Hartley (1961) para modelos não lineares.

Quadro 1 - Propriedades dos modelos não lineares Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz: Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Peso no Ponto de Inflexão da curva de crescimento

Modelos	Fórmula geral	Taxa de Cresc. Absoluto (TCA)	Peso no ponto de Inflexão
Brody	$y = A(1 - B \exp^{-kt}) + \varepsilon$	$K(A - Y_t)$	*
VonBertalanffy	$y = A(1 - B \exp^{-kt})^3 + \varepsilon$	$3bkY_t e^{-kt} (1 - e^{-kt})^{-1}$	$8A/27$; $\log_e(3b)/k$
Logístico	$y = A/(1 + B \exp^{-kt}) + \varepsilon$	$KY_t(A - Y_t/A)$	$A/2$; $(\ln b)/k$
Gompertz	$y = A \exp(-B \exp^{-kt}) + \varepsilon$	$KY_t(\log_e A/y)$	A/e ; $(\log b)/k$

Fonte: (Freitas, 2005)

Para cada arquivo de dados, estimou-se em cada modelo, os parâmetros da curva, em que:

Y é o peso corporal à idade t ; a é o peso assintótico, sendo esse parâmetro interpretado como peso à idade adulta; b é uma constante de integração e seu valor é estabelecido pelos valores iniciais de Y e t , que relaciona os pesos iniciais do animal, mas sem interpretação biológica. O k é interpretado como taxa de maturidade, ou medida de precocidade, ou seja, é um indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto (FREITAS, 2005).

Foi utilizado o procedimento NLIN do SAS (SAS, 2003) para obtenção das estimativas individuais dos parâmetros e dos parâmetros médios a partir da totalidade dos dados disponíveis. Utilizou-se o critério de convergência de 10^{-8} .

Em cada estrutura de dados (arquivo) estimou-se com os quatro modelos os parâmetros **a**, **b** e **k** e as seguintes estatísticas: a) Quadrado Médio do Resíduo (QMR) - calculado dividindo-se a soma de quadrados do resíduo pelo número de observações; b) Desvio Médio Absoluto dos resíduos (DMA) - calculado pela soma dos resíduos em

valores absolutos dividido pelo número de observações; c) Coeficiente de Determinação (R^2): calculado como o quadrado da correlação entre o peso observado e estimado;

Para identificar a melhor estrutura de dados que corresponde a idade necessária para a realização de pesagens destinada a análise do crescimento de fêmea caprina com modelos não lineares e se a estrutura de dados interage com modelo, os parâmetros **a**, **b** e **k** estimados foram submetidas a análise de variância num fatorial 10 x 4 (estrutura de dados e modelos não lineares, respectivamente) com as 104 cabras como repetição e as médias foram comparadas pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Nesse procedimento de identificação utilizou-se o seguinte raciocínio: se os parâmetros diferem de forma significativa entre as estruturas de dados, sugere ocorrência de alteração nas estimativas também nas curvas estimadas.

Já a identificação do modelo com melhor ajuste aos dados foi realizada utilizando-se como critério principal, a comparação das médias do QMR, DMA, Percentual de convergência e R^2 , obtidas com os modelos utilizando-se o arquivo com estrutura de dados identificada anteriormente como a mais adequada para a descrição da curva de crescimentos das cabras. Como critério auxiliar utilizou-se também a análise gráfica da distribuição dos resíduos padronizados.

Após a identificação da melhor estrutura de dados e melhor modelo, as estimativas de **a**, **b** e **k** foram utilizadas para representar a curva de crescimento das cabras e estimar a correlação entre os parâmetros **a** e **k**, bem como obter a Taxa de Crescimento Instantâneo (TCI). Para os modelos foram plotadas em gráficos as curvas do peso assintótico (kg) e da média do peso observado (kg) em função da idade (dia).

Resultados e Discussão

Como intuito de mostrar a representatividade dos dados dessa pesquisa, para caracterizar o perfil dos animais da raça Anglonubiana no manejo utilizado no rebanho avaliado, do qual foram amostradas 104 cabras para análise de curvas de crescimento com modelos não lineares, apresenta-se na Tabela 1 valores de desempenho ponderal de 247 matrizes nascidas a partir de 2009, representados pela média dos pesos registrados em faixas de idade distintas e também das 104 cabras utilizadas nessa pesquisa. Observa-se que os animais nascidos de parto simples foram mais pesados que os nascidos de parto

duplo em todas as faixas de idades, comportamento que encontra concordância com literaturas consultadas.

A variação do peso médio da fêmea no rebanho ao nascer está dentro da amplitude reportada na literatura, sendo inferior a 3,2Kg constatado por Medeiros (2004), que destacaram os machos geralmente ganhando mais peso que as fêmeas em caprinos de várias raças e tipos, em diferentes sistemas de manejo, em concordância com vários autores.

Tabela 1. Indicadores de desempenho ponderal de fêmeas da raça Anglonubiana: médias de pesos de 247 cabras do rebanho avaliado e médias das 104 cabras avaliadas que apresentaram pesagens até 60 meses de idade

Idade da fêmea na pesagem	Peso (kg) de 247 cabras do rebanho		Peso (kg) das 104 cabras avaliadas	
	Parto Simples	Parto Duplo	Médio	Máximo
Ao nascer	3,0	2,6	2,8	4,5
Aos 4 meses (desmama)	14,9	12,9	13,8	28,1
De 6 a 12 meses	25,0	22,6	24,1	42,1
De 18 a 24 meses	30,6	29,4	28,1	44,0
Mais de 48 meses	41,5	40,5	42,3	60,9

As médias de pesos na desmama e até um ano de idade são inferiores a 18,05 kg e 38,0 kg, respectivamente, que é a projeção que pode ser feita para o peso nessas idades, em caprinos Anglonubiano mantidos com a mãe até o desmame em sistema de criação semi-intensivo, apresentados por Oliveira et al. (2009).

Ao se utilizar como referência animais F₁Anglonubiano x Pardo Alpino, projeta-se também valores menores que os observados por Medeiros et al. (2012), que constataram peso médio de 15,9kg aos 84 dias de idade e de 26,4 kg aos 168 dias.

Merece atenção também destacar que a razão entre o peso da marrã de um ano de idade com o peso da matriz adultavariou de 56,0% (parto duplo) a 69,1% (cabra mais pesada). A importância desses valores recai no fato de o peso da fêmea na cobertura ser um critério importante para auxiliar a reposição no rebanho. Além disso, o peso médio adulto igual a 41,5 kg, coloca as cabras da raça no rebanho avaliado num perfil de animais de médio porte.

No banco de dados composto apenas pelas 104 cabras, cujas pesagens foram até mais de 60 meses de idade, destaca-se que 65,4% dos pesos foram registrados até um ano de idade, com isso sua distribuição de frequência tendeu a desviar da normalidade, implicando em variâncias heterogêneas no peso da cabra como dado longitudinal até 60 meses de idade. A respeito da escassez de observações peso-idade ao longo do ciclo de vida dos animais, especialmente a partir de 48 meses de idade nos bovinos, prejudica as estimativas dos parâmetros a e k , segundo Toral (2008).

Constatou-se, pela análise de variância realizada considerando-se como Fatores: os quatro modelos não lineares e a estrutura de dados representada por 10 classes de idade da cabra; que a interação desses fatores foi não significativa ($P > 0,05$), implicando em não haver uma quantidade específica de pesagem que favorece ao ajuste de determinado modelo.

Em relação a identificação da Estrutura de dados que corresponde a faixa de idade da pesagem do animal que propicia o melhor ajuste dos modelos não lineares ao conjunto de dados peso-idade da cabra Anglonubiana, observa-se na Tabela 2 que a partir da Estrutura correspondente a pesagens do nascimento até 30 meses, as médias dos parâmetros a e k não diferem ($P < 0,05$), independentemente do modelo usado. Já para o parâmetro b isso ocorre desde o arquivo com pesagens até 24 meses de idade.

Esse resultado está indicando que há influência da estrutura de dados sobre as estimativas dos parâmetros nessa raça, conseqüentemente haverá também sobre a curva de crescimento estimada com modelos não lineares, concordando com afirmações de Silva et al. (2011) que a idade das pesagens é importante em estudo de crescimento.

Assim, a utilização de pesagens apenas até idades inferiores a 30 meses, poderá estimar de forma imprecisa a curva de crescimento em fêmeas caprina. Nessa afirmação toma-se como referência também citações de Garner et al. (2005) que, se os dados disponíveis contemplam apenas o crescimento antes de atingir a maturidade, produzem estimativas de a e k sujeitas a erros.

No mesmo contexto, a não significância das médias dos parâmetros estimadas nos arquivos com pesagem superior a idades de 30 meses ($P > 0,05$), indica que a influência da estrutura dos dados sobre os parâmetros tende a diminuir, conseqüentemente, implica ser essa idade um bom referencial para finalizar as pesagens em cabras, independentemente do modelo usado. A esse respeito, Toral (2008) afirmou que as inferências sobre os parâmetros estimados podem estar sujeitas a erros, ao se usar conjuntos de dados que não

contemplam o crescimento dos animais até a maturidade, em estudo de crescimento com modelos não lineares.

Tabela 2. Comparação das estruturas de dados longitudinais aplicando-se o teste SNK às médias dos parâmetros a, b e k das curvas de crescimento, e Quadrado Médio do Resíduo (QMR), Desvio Médio Absoluto (DMA) e Coeficiente de determinação (R^2), obtidas com os modelos Von Bertalanffy, Brody, Gompertz e Logístico, em cada arquivo de dados do peso de cabra Anglonubiana

Estrutura de dados ¹ (mês)	a	b	k	QMR	DMA	R^2
6	19,75 ^d	1,65 ^c	0,0200 ^a	0,219 ^g	0,357 ^f	0,982^{ab}
12	20,02 ^d	1,67 ^c	0,0195 ^a	0,268 ^g	0,390 ^f	0,982^{ab}
18	24,28 ^c	1,82 ^b	0,0154 ^b	0,521 ^f	0,508 ^e	0,983^a
24	28,41 ^b	2,00^a	0,0123 ^c	1,164 ^e	0,706 ^d	0,981^{abc}
30	29,69^a	2,04^a	0,0112^d	1,554 ^d	0,802 ^c	0,980^{abcd}
36	30,34^a	2,05^a	0,0108^d	1,816 ^c	0,877 ^b	0,979 ^{bcd}
42	30,76^a	2,06^a	0,0107^d	1,933 ^{bc}	0,986^{ab}	0,979 ^{bcd}
48	30,96^a	2,04^a	0,0106^d	2,149^a	0,942^{ab}	0,978 ^{cd}
54	30,92^a	2,04^a	0,0106^d	2,234^a	0,954^{ab}	0,978 ^{cd}
60	30,93^a	2,06^a	0,0106^d	2,277^a	0,964^a	0,977 ^d

* Médias com letra minúscula igual na coluna não diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$).

¹Estrutura de dados - peso do nascimento até 60 meses de idade distribuídos em 10 classes de idade de pesagens da cabra

Ao se analisar a perspectiva de ocorrência de heterogeneidade de variância no peso com o avanço da idade da cabra, constatou-se que as médias das estatísticas QMR e o DMA dos resíduos, que indicam a qualidade de ajuste dos modelos em cada estrutura de dados, foram crescentes, mostrando que o aumento de variâncias pode levar a diminuição da qualidade dos ajustes. Por sua vez, as médias do coeficiente de determinação (R^2) que diminuem a medida que aumenta a idade da pesagem, reforça essa afirmação.

Ao se utilizar o teste SNK para comparar as estruturas de dados com base nessas duas estatísticas (Tabela 2), constatou-se o seguinte comportamento: as médias do QMR das estruturas de dados aumentaram de forma significativa até pesagens aos 42 meses de idade ($P < 0,05$), enquanto as médias do DMA isso ocorreu apenas até pesagem aos 36

meses. Porém, ambas não diferiram mais ($P>0,05$) a partir de 48 meses, mostrando estabilização das variâncias nos pesos a partir dessa idade.

Nas consultas realizadas na literatura não foi constatado estudo em caprinos com o fim específico de identificar a idade de pesagem que resulte em estimativas mais precisas de parâmetros da curva de modelos não lineares. Porém, Oliveira et al. (2000) destacam o trabalho de Morrow et al. (1978), segundo o qual, em gado europeu, estimativas precisas dos parâmetros dos modelos só podem ser obtidas em animais pesados até pelo menos 54 meses de idade. Portanto, concordam com a necessidade de fazer pesagens após o início de atividade reprodutiva. Ao se considerar os resultados aqui obtidos, esse raciocínio também se aplica em cabras, pois a média de idade ao primeiro parto em caprinos, geralmente é inferior a 30 meses sendo que no rebanho avaliado o primeiro parto ocorreu aos 682 ± 136 dias.

A peculiaridade de ocorrência de ganho de peso na gestação seguido de perda durante a lactação pode resultar num padrão de crescimento específico para a fêmea. Em reforço a esse argumento, cita-se que a estabilização do peso corporal e das medidas do corpo ocorre mais cedo nas fêmeas, de forma que o dimorfismo sexual torna-se evidente com o avançar da idade (TEIXEIRA NETO et al., 2012). Entretanto, se a heterogeneidade de variâncias decorrentes disso for desconsiderada, pode levar a estivas com precisão comprometida. Gonçalves et al. (2011) tratou esse fato com uso de fatores de correção para ganho e perda de peso nessas fases, respectivamente, em estudos com modelos não lineares em bovinos.

Assim, considera-se que os resultados mostram de forma bem evidente, que pesagens do nascimento até pelo menos até 30 meses de idade está adequada para o estudo da curva de crescimento de fêmeas caprina com modelos não lineares. Essa faixa de idade é superior à que foi utilizada na maioria dos estudos com modelos não lineares: em ovinos realizado por Sarmento et al. (2006) e Malhado et al. (2009) e em caprinos por Oliveira et al. (2009), Carneiro et al. (2009) e Figueiredo Filho et al. (2012).

Para a identificação da ordem dos modelos não linear que melhor se ajustam aos dados de peso em cabras dessa raça, na Tabela 3 estão as estatísticas desses modelos obtidas utilizando-se a estrutura de dados com pesagens até 30 meses de idade, que foi identificada para o rebanho, avaliado como a mais adequada para o estudo do crescimento com dados longitudinais em fêmeas Anglonubiana.

Tabela 3. Estimativa do Quadrado médio do resíduo (QMR), Desvio médio absoluto (DMA), Coeficiente de determinação (R^2), Percentual de convergência (PC) e a média dos parâmetros a, b e k da curva de crescimento obtida com modelos não lineares em pesagens até 30 meses de idade em cabras Anglonubiana

Parâmetros	Modelos não lineares			
	Von Bertalanffy	Brody	Gompertz	Logístico
QMR	1,60	1,48	1,69	1,40
DMA	0,8098	0,7574	0,8457	0,7966
R^2	0,9811	0,9822	0,9800	0,9779
PC (%)	1,00	0,98	1,00	0,99
A	30,32	33,14	29,22	26,21
B	0,487	0,894 ^c	1,921	4,867
K	0,009	0,0055	0,0108	0,0196
Correlação a e k	- 0,74	- 0,66	- 0,78	- 0,81

*Média da estatística com letra minúscula igual na linha, não diferem pelo teste SNK ($P < 0,05$)

Ao se comparar os modelos com base nos critérios de qualidade de ajuste utilizados, observa-se que o Logístico e Brody apresentaram as menores médias do QMR e DMA. Também se observa que os quatro modelos apresentaram padrão semelhante com relação a convergência, com valores superior a 97% e também em relação ao coeficiente de determinação.

O valor do R^2 foi elevado para os quatro modelos, porem foi considerado com pequeno poder de influência na seleção dos melhores, conforme recomendação de Silva et al. (2011) e em concordância com outras literaturas quanto ao pequeno poder discriminatório dessa estatística (SARMENTO et al., 2006).

Para complementar a identificação dos melhores modelos, a análise visual nos gráficos de dispersão dos resíduos (Figuras 1 e 2) torna bem evidente a superioridade do modelo Logístico como o de melhor ajuste, seguido do Modelo Brody. A distribuição dos resíduos mostra desvios menores no início da curva nos dois modelos, durante a fase da lactação, quando os intervalos das pesagens foram curtos e equidistantes. Após essa fase a dispersão tendeu a aumentar, que leva a indícios de presença de correlação entre média e variância a medida que aumentou a idade da cabra.

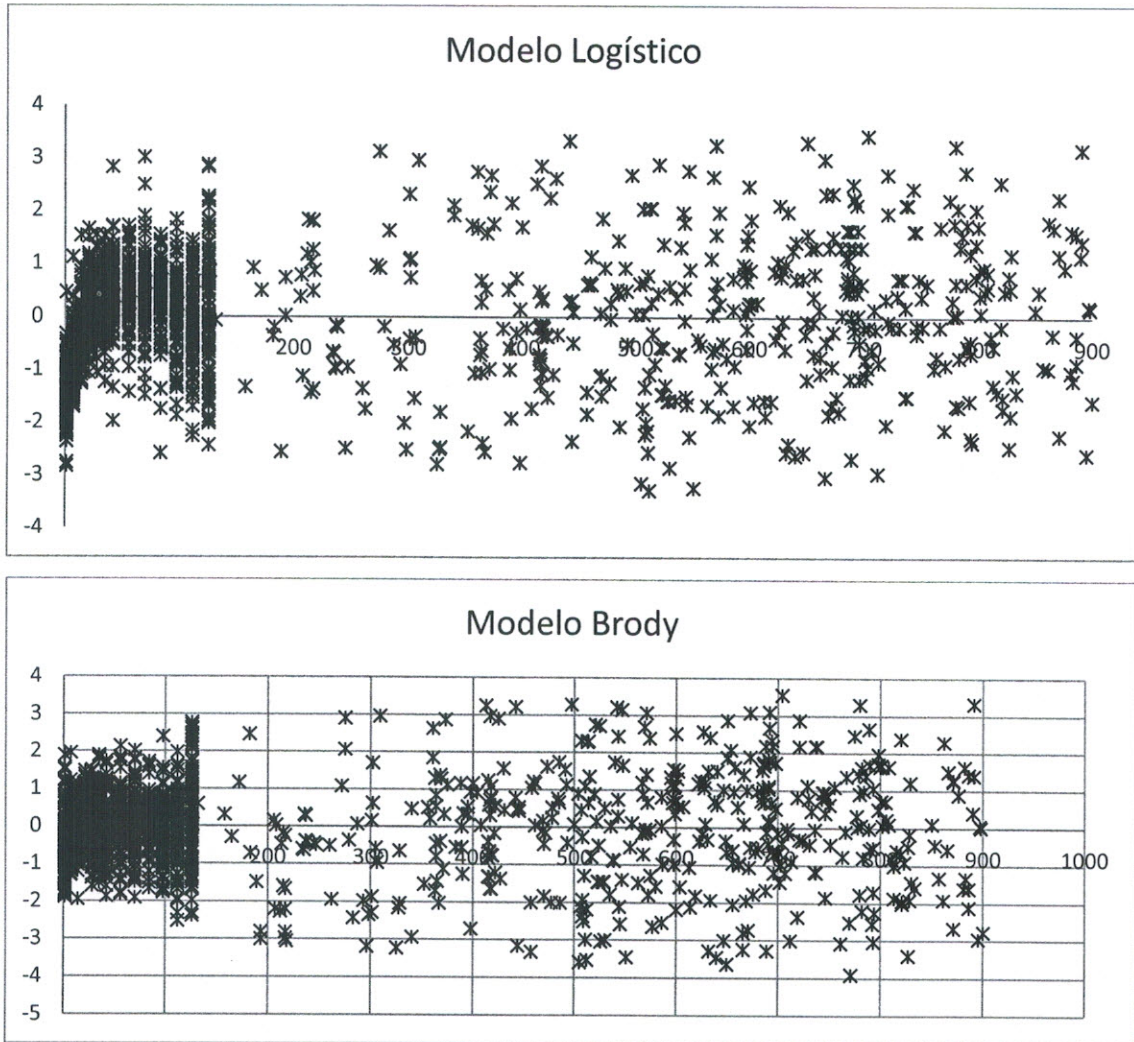


Figura 1 – Dispersão do Resíduo padronizado estimado com o modelo Logístico e Brody, utilizando-se pesagens do nascimento a 30 meses de idade em cabras da raça Anglonubiana.

Visualiza-se que a dispersão do resíduo padronizado do modelo Logístico apresentou oscilação entre -3 a $+3$. Nesse caso convém considerar que, segundo Toral (2008), as estimativas de a e k se aproximam dos valores paramétricos à medida que diminui o intervalo e aumenta o período de pesagens, pois a diminuição no número de pesagens reduz a correlação entre os valores simulados e estimados e aumenta o viés e a média dos resíduos ao quadrado.

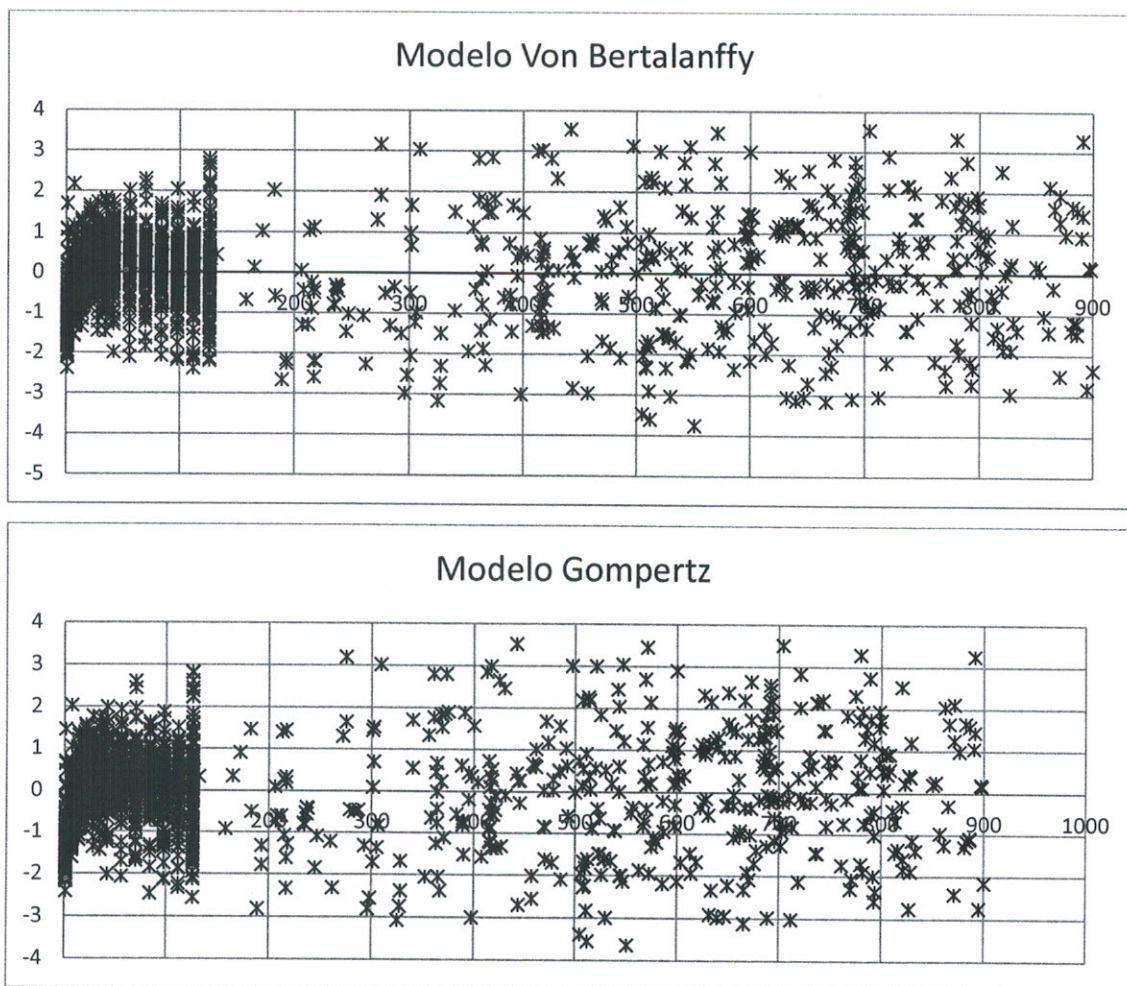


Figura 2 – Dispersão do Resíduo padronizado estimado com o modelo Von Bertalanffy e Gompertz, utilizando-se pesagens do nascimento a 30 meses de idade em cabra Anglonubiana.

Outro aspecto a se considerar é que, por se tratar de banco de dados real, há números diferentes de medidas peso-idade por animal, que segundo Toral (2008), pode causar heterogeneidade de variância residual, uma vez que os animais com maior número de dados teriam as estimativas de a e k associadas a menores erros-padrão, em relação àqueles animais com menor quantidade de informações.

Esse resultado confirma o da Tabela 3 que mostra a seguinte sequência de qualidade de ajuste dos modelos aos dados de peso - idade para descrição do padrão de crescimento de cabras da raça: Logístico, Brody, Von Bertalanffy e Gompertz. Em relação à qualidade do modelo Logístico, Guedes et al. (2004) relataram ser o que melhor descreveu curva de crescimento de cordeiro das raças Santa Inês e Bergamácia.

Em síntese, enfatiza-se que os modelos Logístico e o Brody apresentaram em todos os critérios, os melhores ajustes para descrever o crescimento dos animais avaliados. Nessa afirmação levou-se em consideração também um destaque apresentado por Mendes et al. (2008), que não é só o aspecto estatístico deve ser levado em consideração, mas também é necessário avaliar sob o ponto de vista biológico as estimativas dos parâmetros do modelo.

Quanto as estimativas dos parâmetros das curvas obtidas utilizando-se a estrutura de dados considerada adequada (até 30 meses), verificou-se que os valores do peso assintótico estimado pelos modelos Bertalanffy e Gompertz ficaram abaixo do valor do modelo Brody, enquanto o Logístico apresentou inferior a todos. Constata-se com base na literatura que esse resultado tende a ser repetição do que tem sido observado em outros estudos tanto com bovinos (BROWN et al., 1976); PEROTTO et al., 1992; OLIVEIRA et al.; 2000), como ovinos (SARMENTO et al 2006; MALHADO et al., 2008a; SOUZA et al., 2011) ou caprinos (OLIVEIRA et al., 2009), nos quais o modelo Brody apresenta a maior estimativa do peso assintótico, enquanto o modelo Logístico tende a apresentar consistentemente, valor abaixo dos demais.

Em relação ao modelo Logístico tender apresentar o peso do animal adulto inferior aos demais modelos, ao invés de considerar como um agravante ou limitação do método, esse resultado poderia ser visto na perspectiva que foi o método que melhor detectou efeitos sazonais sobre o peso no rebanho. Além disso, segundo Silva (2010), o parâmetro a é uma estimativa do peso à idade adulta, mas caso não seja atingida, o parâmetro refletirá o valor nas últimas pesagens.

Nesse caso, em relação aos valores de peso apresentados na Tabela 1, observa-se a tendência de subestimação do peso assintótico pela maioria dos modelos. Porém, está sendo visto na perspectiva apresentada por Brown et al. (1976), que o peso assintótico não é o máximo que o animal atinge e sim o peso médio à maturidade livre das variações sazonais, como também justificaram Cavalcante et al. (2013), ao analisar em banco de dados com pesagens inferior a seis meses de idade.

Em relação ao parâmetro k , constatou-se que o modelo Logístico o estimou como o maior em relação aos demais, consequentemente resultou em menor estimativa do peso adulto, pois segundo Sarmento et al. (2006) e Malhado et al. (2009), o k determina a eficiência do crescimento e os animais com valores elevados apresentam maturidade precoce, em comparação a animais de valores menores, mas de peso inicial similar.

Já o modelo Brody mostrou comportamento oposto ao Logístico, ou seja, estimou k com menor valor, que expressa redução na taxa de crescimento e implica em crescimento relativo mais rápido (SILVA, 2010). Assim, como esse modelo caracterizou os animais como mais tardio que os demais, com maior peso assintótico. Tal comportamento se assemelha ao verificado em ovinos por Sarmiento et al. (2006) e Souza et al. (2011).

Porem, os quatro modelos apresentaram correlação negativa entre os parâmetros a e k das curvas estimadas (Tabela 3). O modelo Logístico apresentou $r_{ak} = -0,81$, já o Brody apresentou $r_{ak} = -0,66$, conseqüentemente, esses dois modelos apresentaram respectivamente, o menor e o maior peso assintótico para a raça no rebanho.

Esse resultado é consistente com os relatados por Souza et al. (2013), Malhado et al. (2008 a), Carneiro et al. (2007) e Lôbo et al. (2006), que constataram correlações negativas variando de $-0,87$ a $-0,44$ e afirmaram que animais com taxa de crescimento mais baixa podem alcançar maior peso na maturidade, ou que animais com taxa de crescimento mais elevada, têm menor probabilidade de atingir maior peso na maturidade, comparado àqueles que crescem mais lentamente no início da vida (OLIVEIRA et al., 2009; SOUZA et al., 2011; HOSSEIN-ZADE, 2015).

Concorda-se com esses autores também quanto a afirmarem que o conhecimento dessa informação útil para auxiliar o manejo alimentar ou para determinar a melhor idade de abate de animais jovens. Nesse caso, de acordo com Pacheco et al. (2008), o conhecimento dos fatores que determinam o crescimento do animal em cada estágio de vida, indica qual o suporte alimentar a ser disponibilizado para atender suas necessidades.

A importância prática da correlação negativa entre os parâmetros a e k é reforçada pela possibilidade de utilizá-la nos critérios de seleção de fêmeas para reposição no rebanho, pois a busca por maior ganho diário de peso tem levado à seleção de animais de maior tamanho corporal e, em consequência, tem implicado em aumento de exigência nutricional para atingir o desempenho almejado. Em bovinos outras implicações também ocorrem, como o fato de animais maiores se mostrarem mais tardios sexualmente, como afirmado por Mota et al. (2014).

Considera-se que raciocínio similar pode ser aplicado aos resultados dessa pesquisa, ou seja, a correlação negativa é uma informação de grande utilidade prática, que pode ser explorada na reposição de fêmeas no rebanho. A ponderação de a e k , segundo a importância da precocidade e tamanho corporal para o rebanho, com sua inclusão em

índice de seleção, contribuirá para evitar os animais de estrutura corporal pequena ou grande demais, visto que o muito grande, apesar do elevado potencial de crescimento, a produtividade pode ser reduzida devido a alta necessidade de manutenção. Por sua vez, os animais pequenos podem apresentar progênes com pequeno potencial de crescimento (MOTA et al., 2014), que pode ser mais limitante para caprinos, se comprometer a capacidade da fêmea gestar e manter as crias de parto duplo.

Para ampliar a discussão sobre a contribuição da melhor estrutura de dados para melhorar o ajuste dos modelos aos dados de crescimento de fêmeas, apresenta-se na Figura 3 os gráficos com as curvas do peso assintótico e da dispersão do peso observado em função da idade.

Visualiza-se que os modelos tenderam a superestimar o peso ao nascer em relação ao valor apresentado na Tabela 1. Também observa-se forma clara a relação entre os modelos, delimitando bem três faixas de idade que os distinguem. A primeira faixa representa a fase de lactação, onde os modelos se equiparam sobrepondo as curvas de crescimento, sendo que dados de pesos são em idades próximas e equidistantes, que segundo Toral (2008), contribui para a qualidade de ajuste dos modelos.

Na faixa de idade de 200 a 500 dias as curvas dos pesos assintóticos estimados pelos modelos se distanciaram, de forma mais acentuada entre o Logístico e o Brody, respectivamente com maiores e menores valores. Aos 600 de idade ocorreu inversão desse comportamento, ou seja, a curva do peso assintótico estimado pelo modelo Brody passou a ser superior às dos demais, indicando continuação de ganho de peso, enquanto a curva do Logístico passou a ser a inferior, confirmando desaceleração mais acentuada do crescimento, conseqüentemente, também confirmando que o maior desenvolvimento inicial resulta em menor peso adulto, conforme predito com base na correlação negativa entre a e k .

Um evento importante nessa primeira faixa de idade é a ocorrência da desmama, que pode impactar agravando negativamente o crescimento do animal, principalmente se a alimentação for inadequada nessa fase. Na segunda faixa de idade a ocorrência do primeiro parto geralmente é o evento mais importante na vida da fêmea, que no rebanho foi de 682 ± 136 dias no período avaliado.

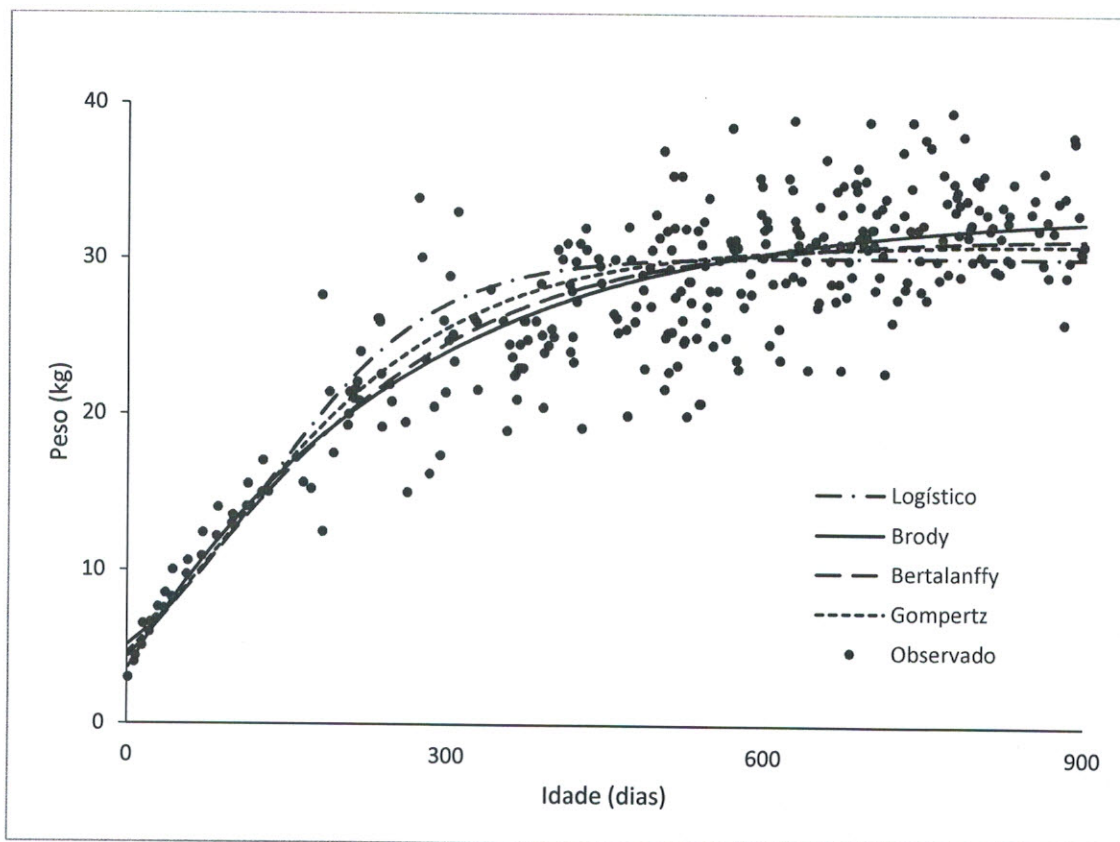


Figura 3. Curvas de crescimento estimadas com os modelos de Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, Logístico e a dispersão dos pesos observados em cabras da raça Anglonubiana.

Ao se analisar os gráficos dos pesos estimados pelos quatro modelos e a dispersão dos pesos observados, não se constata tendência de sobreposição das curvas. De acordo com Oliveira et al. (2000), a ocorrência de sobreposição das curvas do peso observado e do predito, indica que correlações mostrariam ser a variação no peso real bem representada pela variação no peso predito pelo modelo.

Assim, a não sobreposição das curvas estimadas pode ser vista como índice de sensibilidade diferenciada dos modelos à presença de variâncias heterogêneas relacionadas à oscilação de peso no primeiro parto. A atividade reprodutiva com ocorrência de aumento de peso provocado pela gestação e em seguida a redução em consequência da lactação, segundo Oliveira et al. (2000) e Gonçalves et al., 2011), pode resultar em heterogeneidade de variâncias, que por sua vez, pode implicar em viés na estimativa do peso assintótico (SILVA et al., 2012).

Na Figura 4 está apresentada em gráficos a Taxa de crescimento instantâneo (TCI) estimada com os quatro modelos. Chama-se atenção para o fato do modelo de Brody não apresentar ponto de inflexão e também para a similaridade dos resultados apresentados com os da Figura 3, destacando também as três faixas de idades.

O ganho de peso diário foi crescente até próximo de 100 dias, quando atingiu o ponto de inflexão da curva estimado em idades diferentes pelos três modelos, mas com os animais pesando em média 13,1kg, como resultado do ganho de peso diário de 98 g/dia nessa idade. Esse resultado concorda com Owens et al. (1993) em relação ao crescimento dos mamíferos ocorrer de forma acelerado na fase inicial, reduzindo com o avanço da idade.

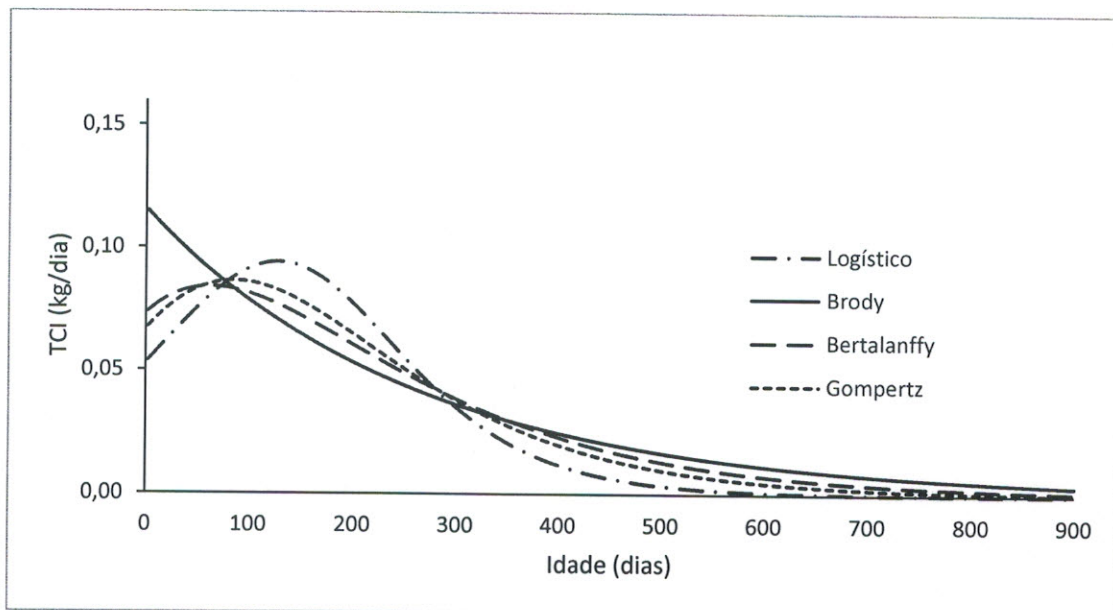


Figura 4. Taxa de crescimento instantâneo (TCI, kg/dia) obtida com os modelos Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico de cabras da raça Anglonubiana.

O ponto de inflexão da curva indicado pela taxa de crescimento instantâneo pelo modelo Logístico ocorreu em torno de 120 dias, em idade superior à dos demais modelos e também a 90 dias constatado por Câmara et al. (2004) para a raça Anglonubiana. Esses autores justificaram que o decréscimo acentuado no ganho de peso a partir dessa idade pode ser decorrente, principalmente, de deficiência proteica após o desmame. Esse argumento também pode se aplicar ao rebanho avaliado nessa pesquisa.

Porem, observa-se que os modelos indicaram estabilização da redução do ganho de peso em idades bem diferentes, A tendência desse comportamento é repetição do que foi verificado em caprino Anglonubiano por Oliveira et al. (2009), que constataram ganho de peso diário maior em idade mais jovem, sendo 194 ± 42 g do nascimento aos 30 dias e 91 ± 60 g dos 210 aos 240 dias, sendo o modelo Logístico o que estimou de maneira mais adequada a curva de crescimento de machos e fêmeas.

Se assemelha também ao que ocorre em ovinos segundo Malhado et al. (2008 a), Souza et al. (2013) e Sousa et al. (2011), que relataram declínio acentuado no ganho de peso após o ponto de inflexão e, focando em animais de corte, destacam a necessidade de melhoria no manejo nutricional para reduzir os efeitos da mudança de dieta na desmama para evitar perdas acentuadas no ganho de peso no período pós desmame, conseqüentemente, não comprometer o peso de abate, pois melhor taxa de ganho de peso e conversão alimentar são obtidas em idade jovem, quando o animal alcança até 30% do peso adulto.

Abordando-se esse aspecto em relação à fêmeas, mesmo sem ter sido estimado o efeito do manejo sobre o parâmetro k , considera-se que os argumentos em relação à necessidade de suplementação nutricional na desmama também se aplicam às fêmeas da raça aqui estudada, pois o peso à primeira cobertura é um critério importante para a manutenção de fêmeas no processo de reposição com animais do rebanho. Reforça essa afirmação o fato da média de idade ao primeiro parto no rebanho ter sido de 682 ± 136 dias no período avaliado, logo cabras relativamente tardias. Portanto, considera-se que as justificativas para os resultados obtidos nessa pesquisa podem ser as mesmas apresentadas por Sarmiento et al. (2006), que atribuíram ao fato do manejo nutricional não acompanhar o aumento na demanda por nutriente à medida que o animal cresce.

Conclusões

A estrutura dos dados interfere na estimação dos parâmetros da curva de crescimento de fêmeas caprina estimados por modelos não lineares. A idade de 30 meses se apresenta como a adequada para finalizar a pesagem (dados longitudinais) destinada ao estudo do padrão de crescimento de fêmeas da raça Anglonubiana.

A ordem de melhor ajuste dos modelos a dados longitudinais de peso para a descrição do crescimento de fêmeas da raça Anglonubiana é: Logístico, Brody, Von Bertalanffy e Gompertz.

Referências Bibliográficas

BAHREINI BEHZADI, M.R. et al. Comparison of mathematical models for describing the growth of Baluchi sheep. **J. Agric. Sci. Technol.** 14, 57–68. 2014.

BROWN, J.E.; FITZHUGH JUNIOR, H.A.; CARTWRIGTH, T.C.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. et al. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina, criados na caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p 536-545. 2009.

CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; SOUZA JÚNIOR, A.A.O. et al. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.991-998, 2007.

CÂMARA, A.C.L. et al. Desenvolvimento corporal de crias da raça Anglonubiana mantidas em um sistema tradicional de manejo do sertão central. **Revista Ciência e Tecnologia**.v.p.43-45. 2004.

CAVALCANTE, D.H.; CAMPELO, J.E. G.; SOUSA JÚNIOR, S. C et el. Modelos não paramétricos para ajuste de curva de crescimento em caprinos Sem Raça Definida (SRD). **Revista Acadêmica Ciências Agrárias**, v.11, n.3,p.283-289. 2013.

COSTA, V.M.M. et al. Controle das parasitoses gastrintestinais em ovinos e caprinos na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n.1, p.65-71, 2011.

FIGUEIREDO FILHO, L.A.S.; SARMENTO, J.L.R.; CAMPELO, J.E.G. et al. Fatores ambientais e genéticos sobre a curva de crescimento de caprinos mestiços. **Comunicata Scientiae**, v.3, n.3, p.154-161, 2012.

FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

GALEANO-VASCO, L.F., et al. Ability of non-linear mixed models to predict growth in laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.11, p.573-578.2014.

- GARNERO, A.V.; MARCONDES, C.R.; BEZERRA, L.A.F. et al. Parâmetros genéticos da taxa de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.5, p.652-662, 2005.
- GONÇALVES, T.M., DIAS, M.A.D., AZEVEDO JÚNIOR, J. et al. Curva de crescimento de fêmeas da raça Nelore e seus cruzamentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n 3, p. 582-590. 2011.
- 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 e Agrotecnologia**, v.28, n.2, p.381-388, 2004.
- HARTLEY, H.O. The modified Gauss-Newton method for the fitting of non-linear regression functions by least squares. **Thechnometrics**, v.3, p.269-280, 1961.
- HOSSEIN-ZADEH, N.V. Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models. **Small Ruminant Research**, v.130, p. 60–66. 2015.
- LÔBO, R.N.B.; VILLELA, L.C.V.; LÔBO, A.M.B.O. et al. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1012-1019, 2006 (supl.).
- 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 a.
- MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; CRUZ, J.F et al. 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.
- MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; AFFONSO, P.R.A.M. et al.. Growth curves in Dorpersheepcrossedwiththe local Brazilianbreeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. **SmallRuminantResearch**, v.84, p.1621, 2009.
- MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA, D.H.; PASSOS N.C., et al. Estudo do crescimento de cabritos mestiços na região metropolitana no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.34, n.1, p.35-46, 2012.
- MEDEIROS, L.F.D. **Características de reprodução, peso ao nascer e mortalidade de caprinos Anglonubianos, no município do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Zootecnia. 85f. 2004
- MENDES, P.N. et al. Modelo logístico difásico no estudo do crescimento de fêmeas da raça Hereford. **Ciência Rural**, v.38, n.7, p.1984-1990, 2008.
- MOTA, L.F.M. et al. Estrutura corporal (Frame Size) e influencias no desempenho produtivo de bovinos de corte. **Boletim Técnico PPGZOO UFVJM**, v.2, n.1. 19p. 2014.

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, n.9, p.1843-1851, 2000.

OLIVEIRA, D.F.; CRUZ, J.F.; CARNEIRO, P.L.S. et al. Desenvolvimento ponderal e características de crescimento de caprinos da raça Anglonubiana criados em sistema semi-intensivo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, p.256-265, 2009.

OWENS, F.N., DUBESKI, P., HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138-3150.1993

PACHECO, A. et al. Medidas morfométricas de touros jovens e adultos da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.426-435. 2008.

PEROTTO, D.; CUE, R.I.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.773-782, 1992.

SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H. et al. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 435-442, 2006.

SAS INSTITUTE. **SAS: user's guide for Windows Environment**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 614p. 2003

SILVA, L.S.A. Curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Alagoas. 36p. 2010.

SILVA, F.L.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R. et al. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.262-271. 2011.

SILVA, L.S.A.; FRAGA, A.B.; SILVA, F.L. Growth curve in Santa Ines sheep. **Small Ruminant Research**, v.105, p.182-185, 2012.

SILVEIRA, F.G., SILVA, F.F., CARNEIRO, P.S. et al. Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de Corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p.62-73. 2012.

SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 505p. 1998.

SOUZA, L.A., CARNEIRO, P.L.S., MALHADO, C.H.M., et al. Traditional and alternative nonlinear models for estimating the growth of Morada Nova sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.9, 651-655. 2013.

SOUZA, L.A., CARNEIRO, P.L.S., MALHADO, C.H.M. et al.. Curvas de crescimento em ovinos da raça Morada nova criados no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1700-1705. 2011.

TEIXEIRA NETO, M.R.; CRUZ, J.F.; CARNEIRO, P.L.S et al.. Diversidade fenotípica de linhagens de ovinos Santa Inês por meio de análise multivariada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.16, n.4, p.784-795, 2015.

TORAL, F.L.B. Número e intervalo de pesagem para estimação de parâmetros de curvas de crescimento em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2120-2128, 2008.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Modelo Richard apresentou dificuldades de convergência, razão pela qual, mesmo estando entre os mais usados no estudo de curva de crescimento, não foi utilizado nessa pesquisa.

É importante a divulgação entre os criadores da importância do banco de dados no rebanho, feito com base em registro zootécnico de qualidade. Assim, se disponível, a melhor estrutura de dados longitudinais (peso, tamanho ou outra característica similar) e os modelos não lineares com melhor ajuste aos dados da raça, podem ser considerados ferramentas de auxílio ao manejo dos animais e, mais precisamente para monitorar a curva de crescimento de fêmeas destinadas a reprodução.

Os parâmetros a e k da curva de crescimento de fêmeas caprina Anglonubiana se apresentam negativamente correlacionados, independente do modelo usado, e mostra que a precocidade ao primeiro parto pode implicar em cabra de menor tamanho adulto. A importância prática dessa informação é muito grande e não deve ser relegada a segundo plano no sistema de reposição de matrizes no rebanho pois fêmeas com pesos extremos são problemas: menores deixam prole pequena e não tem espaço para parto gemelar e grandes tem custo de manutenção alto

Quando falamos de animais para abate devem ter sua idade máxima de 1,5 anos para melhor qualidade de sua carne. Já com fêmeas estes estudos devem decorrer ate cerca de 30 meses para um melhor parâmetro, pois devem permanecer no rebanho ate os 54 a 60 meses sendo o futuro do rebanho. Por este motivo enfatizamos que estudos devem ser refeitos inclusive de outras raças caprinas e até de outras espécies domesticas.