

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE ZOOTECNIA

MYLENA CRISTINA RIBEIRO BORGES

**UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A AVALIAÇÃO DE CURVA
DE CRESCIMENTO EM OVINOS**

UBERLÂNDIA – MG
2022

MYLENA CRISTINA RIBEIRO BORGES

**UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A AVALIAÇÃO DE CURVA
DE CRESCIMENTO EM OVINOS**

Projeto de pesquisa apresentado a coordenação do curso graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à aprovação na disciplina de Trabalho de conclusão de curso I.

Orientador: Profa. Dra. Natascha Almeida Marques da Silva
Co-orientador: Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Junior

UBERLÂNDIA – MG
2022

MYLENA CRISTINA RIBEIRO BORGES

**UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A AVALIAÇÃO DE CURVA
DE CRESCIMENTO EM OVINOS**

Monografia aprovada como requisito
parcial a obtenção do título de Zootecnista
no curso de graduação em Zootecnia da
Universidade Federal de Uberlândia.

APROVADA EM 30 DE MARÇO DE 2022

Profa. Dra. Natascha Almeida Marques da Silva
FAMEV/UFU

Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Junior
FAMEV/UFU

Profa. Dra. Camila Raineri
FAMEV/UFU

UBERLÂNDIA – MG
2022

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Maria Cristina e Valdir, por sempre apoiarem em meus estudos, e por todos os momentos de apoio, amor e carinho em toda a minha vida.

Às minhas irmãs Halyne e Karolyne que sempre foram exemplo para mim e sempre me deram forças e apoio para conquistar os meus objetivos.

À minha orientadora e professora Dra. Natascha, que me auxiliou nesse trabalho de conclusão do curso do início ao fim, me apoiou e sempre esclareceu as minhas dúvidas, com muita dedicação e carinho, foi essencial para meu desenvolvimento, obrigada por tudo.

Ao professor Dr. Gilberto que forneceu os dados para a análise e aceitou participar da banca de defesa. E à professora Dra. Camila que também aceitou participar da minha banca de defesa. Obrigada.

A todos que de alguma forma me ajudaram a concluir essa vitória, muito obrigada.

Sumário

Resumo.....	6
Abstract	6
1. Introdução	8
2. Revisão de Literatura	9
2.1 Ovinocultura	9
2.2 Raça Dorper.....	10
2.3 Curvas de crescimento	11
2.4 Modelos não lineares utilizados na avaliação do crescimento	12
2.5 Avaliadores de qualidade.....	13
3. Metodologia	14
3.1 Animais e local.....	14
3.2 Modelos não lineares utilizados na avaliação do crescimento	15
3.3 Avaliadores de qualidade.....	15
3.4 Recursos computacionais	17
4. Resultados e discussões	17
5. Conclusão.....	23
6. Referências Bibliográficas	23

Resumo:

Tendo em vista o grande potencial de crescimento da ovinocultura no Brasil e a necessidade de melhorar os índices da produção no país, o objetivo deste trabalho ajustar dados de peso – idade de ovinos do setor Capim Branco, animais mestiços, com grau de sangue 5/8 Dorper, cruzamento com Santa Inês, a modelos de regressão não-linear e a partir das estimativas dos parâmetros do modelo e dos avaliadores de qualidade, indicar qual o melhor modelo para descrever o crescimento de ovinos. Os dados fornecidos foram de quatro experimentos, no período de 2016 a 2019. As pesagens foram realizadas de maneira irregular, variando a quantidade e os intervalos das pesagens e foram analisadas por ajustes individuais. Para a comparação do ajuste dos modelos e definição do mais adequado, foram utilizados os avaliadores de qualidade - coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), percentagem de convergência (%conv) e a interpretabilidade biológica dos parâmetros. As análises foram rodadas no RStudio. Foram feitos ajustes individuais para os 70 animais para cada um dos modelos, Brody, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico. Para o parâmetro a e k, Logístico apresentou melhores resultados. Todos os modelos apresentaram bons resultados para QME e R^2 . Na representação em curvas estimadas, o modelo Logístico se estabilizou quando os animais atingiram a maturidade sexual, e os outros modelos superestimaram esses valores. Logo, determinou-se que o modelo não linear Logístico foi o mais adequado, pois obteve a maior percentagem de convergência de dados (87,14%), alto valor de R^2 (0,97), baixo valor de QME (2,76), e valor assintótico adequado (48,09kg), não tendendo a superestimar o peso adulto.

Palavras-chave: modelos de crescimento, avaliadores de qualidade de ajuste, raça Dorper

Abstract:

In view of the great growth potential of sheep farming in Brazil and the need to improve production rates in the country, the objective of this work is to adjust weight data - age of sheep from the Capim Branco sector, crossbred animals, with blood level 5/ 8 Dorper, crossing with Santa Inês, to non-linear regression models and from the estimates of the model parameters and the quality evaluators, indicate the best model to describe the growth of sheep. The data provided were from four experiments, from 2016 to 2019. Weighings were performed irregularly, varying the amount and intervals of weighing and were analyzed by individual adjustments. For the comparison of the fit of the models and definition of the most adequate,

the quality evaluators were used - coefficient of determination (R^2), mean square of error (QME), percentage of convergence (%conv) and the biological interpretability of the parameters. The analyzes were run in RStudio. Individual adjustments were made for the 70 animals for each of the models, Brody, Von Bertalanffy, Gompertz and Logistic. For the parameter a and k, Logistic presented better results. All models showed good results for QME and R^2 . In the representation in estimated curves, the Logistic model stabilized when the animals reached sexual maturity, and the other models overestimated these values. Therefore, it was determined that the non-linear Logistic model was the most appropriate, as it obtained the highest percentage of data convergence (87.14%), high R^2 value (0.97), low QME value (2.76), and adequate asymptotic value (48.09kg), not tending to overestimate adult weight.

Key-words: growth models, quality of fit raters, Dorper breed

1 Introdução

A ovinocultura vem mostrando grande potencial de crescimento, visto que possui grande capacidade para aumentar seus índices de produção e atender a demanda do mercado consumidor, além de assumir grande importância econômica e social no Brasil (Muniz, 2012). Conforme Magalhães, Filho e Martins (2021), no ano de 2020, o rebanho ovino no país teve um avanço de 3,3% em relação aos registros de 2019. Ao comparar os números dos rebanhos de 2016 para 2020, houve um progresso de 12,09%.

Segundo Sousa et al. (2018), a ovinocultura de corte no país, apresentam muitos aspectos informais, como desorganização ao longo de toda cadeia produtiva, falha na mensuração dos indicadores econômicos e falta de escrituração zootécnica, o que afeta diretamente na qualidade e produtividade deste tipo de criação, tornando-se imprescindíveis medidas voltadas para suprir esse lapso na organização da produção desses animais.

As pesquisas com foco no crescimento dos ovinos tornam-se necessárias para a evolução da cadeia produtiva, visando melhorar o índice de rendimento de carcaça, além de permitir informações específicas sobre o ganho de peso e de prognósticos para animais da mesma raça (TEIXEIRA et al., 2011). Nesse sentido, de acordo com Afonso (2009), a análise da relação idade-peso animal, contribui diretamente para os estudos que buscam o aperfeiçoamento de práticas de manejo, nutrição e seleção, visando uma produção cada vez mais lucrativa que atenda as exigências do mercado.

O crescimento apresenta relação direta com a quantidade e a qualidade da carne. E na criação de ovinos um dos objetivos mais importantes é obter cordeiros com peso adequado e alto rendimento de carcaça em curto período de tempo (TEIXEIRA et al., 2011). Uma das formas de se avaliar o crescimento animal é por meio de curvas de crescimento. Essas curvas são obtidas a partir de um conjunto de dados tomados em um mesmo indivíduo, em intervalos regulares ou não, desde o nascimento até a idade adulta.

Segundo Mattos (2013), o termo curva de crescimento descreve o tempo de vida de medidas de dimensão, sendo elas o peso e a altura, para adquirir dados a respeito da interpretação física dos parâmetros, buscando analisar e deduzir um modelo padrão para as análises da pesquisa, permitindo, assim, adquirir informações precisas sobre ganho de peso dos animais.

Embora curvas de crescimento sejam um tema antigo, as dificuldades dos cálculos inviabilizavam sua aplicação. Com os avanços computacionais, métodos mais rápidos e eficientes foram desenvolvidos, facilitando o estudo das curvas de crescimento. Dessa forma,

modelos de regressão lineares e não lineares, são ajustados para avaliar o crescimento corporal dos indivíduos, a partir de dados de peso vivo.

Em virtude da quantidade de informações geradas no decorrer do crescimento de cada animal, a análise da curva de crescimento por modelos não lineares assume grande importância na produção de ovinos, visto que permite avaliar e selecionar animais que se desenvolvem precocemente e se destacam positivamente na produção, tendo em vista poucos parâmetros para interpretação (SARMENTO et al., 2006).

A análise da curva de crescimento em ovinos a partir de modelos não-lineares permite avaliar parâmetros que predizem o crescimento do animal no decorrer de sua vida (SANTOS et al. 2019). Segundo Veronese et. al, (2008), os quatro modelos mais utilizados para avaliar crescimento animal são: Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz. Eles permitem que conjuntos de informações em séries de peso por idade sejam condensados num pequeno número de parâmetros, para facilitar a interpretação e o entendimento do fenômeno.

Mediante as possíveis diferenças quando ajustados os modelos não lineares, torna-se necessária a aplicação de metodologias estatísticas com o objetivo de comparar os diferentes modelos e apontar qual se destaca positivamente (SILVEIRA et al., 2009). Esses recursos são intitulados de avaliadores da qualidade de ajuste.

Na literatura, há muitos trabalhos abrangendo comparações de modelos de crescimento que utilizam como avaliadores de qualidade principalmente o coeficiente de determinação (R^2) e quadrado médio do erro (QME). Essa metodologia pode ser explicada pelo fato destes avaliadores serem apresentados diretamente nos arquivos de saídas de softwares estatísticos (SILVEIRA et al., 2009).

Assim, o objetivo desse trabalho foi ajustar dados de peso - idade de ovinos, 5/8 Dorper, a modelos de regressão não-linear e a partir das estimativas dos parâmetros do modelo e dos avaliadores de qualidade, indicar qual o melhor modelo para descrever o crescimento de ovinos.

2 Revisão de Literatura

2.1 Ovinocultura

Uma das primeiras espécies domesticadas pela civilização foram os ovinos. A criação desses animais se desenvolveu em prol do consumo de carne e de leite e da produção de lã, estando presente em vários países, tendo em vista a facilidade de se adaptarem à diferentes climas (VIANA, 2008).

A produção mundial de carne ovina, em 2018, foi estimada em 15,2 mil de toneladas, sendo a China e União Europeia os maiores importadores. Dessa forma, a exportação mundial de carne ovina expandiu 6,3% nesse mesmo ano, em que, Austrália e Nova Zelândia, foram os países de destaque (FAO, 2019).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, estima que a taxa de produção mundial de carne ovina aumente na década 2018 a 2027, comparado à década anterior, no qual os países em desenvolvimento terão forte contribuição (ORCD/FAO, 2018). Assim, estudos para contribuir para o avanço desse ramo de produção tornam-se imprescindíveis para favorecer a ascensão da ovinocultura no mundo.

2.2 Raça Dorper

De acordo com os autores Rosanova, Sobrinho e Gonzaga Neto (2005), a raça Dorper foi desenvolvida para atender as exigências atuais na ovinocultura aliando à eficiência reprodutiva. É uma raça que se originou na África do Sul, por volta de 1930, com o cruzamento das raças Dorset Horn e Blackhead Persian.

Os ovinos dessa raça possuem uma rápida deposição de gordura na carcaça, devido a sua precocidade de acabamento, especialmente quando criados em confinamento, sendo que o abate pode ser realizado de 30 a 33kg (100 a 130 dias). Nesse sentido, o peso ao desmame, assume grande importância econômica, visto que é um significativo indicativo de habilidade materna e de um rápido crescimento (ROSANOVA, SOBRINHO E GONZAGA NETO, 2005).

Machos da raça Dorper estão sendo cada vez mais utilizados para cruzamentos com ovelhas deslanadas, visto que essa prática proporciona a união de características desejáveis, como a qualidade de carcaça e rusticidade, a fim de melhorar a produção de carne (CARNEIRO et al.).

Logo, essa raça é uma excelente opção para cruzamentos com rebanhos maternos comerciais a fim de elevar a produção de carne e alavancar a lucratividade da produção (Muniz, 2012). Segundo as pesquisas de Muniz (2012) e de Carneiro et al. (2007) os cruzamentos da raça Dorper com Santa Inês apresentaram uma alta taxa de maturidade e um bom desenvolvimento, sendo o mais recomendado para a produção de carne. De acordo com Carneiro et al. (2007), ao analisar as curvas de crescimento dos cruzamentos das raças Dorper, Santa Inês, Morada Nova e Rabo Largo, concluiu que o cruzamento Dorper com Santa Inês apresentou maior superioridade nas características morfológicas e de carcaça.

2.3 Curvas de crescimento

Segundo Silva (2017), o crescimento tem diferentes estágios no decorrer da vida dos animais, em que é mais acelerado na fase inicial, até o mesmo atingir 30% do peso adulto, no qual começa a reduzir de acordo com a idade.

Segundo Fernandes et al. (2012), a curva que destaca, por meio de altura e peso, as características de determinada espécie ou de algum animal em função do tempo é denominada curva de crescimento. Essa curva é bem analisada por modelos não lineares, sendo que expressa um crescimento exponencial.

De acordo com Oliveira (2011), no estudo da curva de crescimento, é de suma importância, ponderar que a curva pode manifestar alterações resultantes das diferenças entre sexos em indivíduos da mesma raça, entre raças distintas e/ou efeitos não genéticos.

No decorrer da vida do animal, uma das maneiras para analisar a curva de crescimento é observar que o peso sofre variações no decorrer de cada idade e que são medidas repetidas de uma determinada característica, ou seja, a manifestação de um mesmo caráter ocorre em épocas distintas na vida do animal, que são denominados como modelos de repetibilidade (OLIVEIRA, 2011). Dessa forma, essas expressões repetidas, observadas ao longo da vida do animal, permitem a análise e identificação de indivíduos superiores para determinadas características, por meio das correlações genéticas e de ambiente definitivo similares à unidade (OLIVEIRA, 2011).

A análise da curva de crescimento interpreta o desenvolvimento do organismo no decorrer da vida produtiva dos animais, pela relação idade-peso. De acordo com Oliveira et al. (2018), análise da curva de crescimento dos animais pode ser feita por meio de pesagens constantes no decorrer da vida, caracterizando assim, as medidas repetidas no tempo. Nesse sentido, essa estimativa permite apresentar informações mais precisas dos animais dessa raça, como a predição econômica da produtividade de cada animal e aprimorar e selecionar características favoráveis a raça. (LUPI, 2018). Além de auxiliar o refinamento de programas alimentares específicos e determinar a idade ótima de abate (CARNEIRO et al., 2007).

Segundo Mendes (2007), as curvas de crescimento retratam a relação entre a idade do animal e o seu impulso de crescimento e maturidade, assumindo suma importância para pesquisas e recomendações sobre eficiência de produção em programas de melhoramento. Nesse sentido, contribui no aumento na lucratividade e produtividade do produtor.

De acordo com Silva (2017), a análise da curva de crescimento é obtida através de funções não-lineares, buscando facilitar o estudo dos detalhes gerais do desenvolvimento de

cada animal, e a interpretação dos dados de crescimento em três ou quatro parâmetros, é facilitada.

2.4 Modelos não lineares utilizados na avaliação do crescimento

Segundo Mattos (2013), o estudo das informações por meio do modelo linear, é muito utilizado para diversas aplicações, mas alguns tipos de fenômenos biológicos, não podem ser explicados por esse tipo de modelo. Dessa forma, a criação de novos modelos de regressão, tornou-se extremamente necessária, e com isso surgiram os modelos não-lineares e linearizáveis.

De acordo com Varanis, Silva e Teixeira (2016), uma das formas de descrever as curvas de crescimento é por meio de modelos de regressão não linear que podem ser escritos da seguinte forma:

$$y_i = f(x_i, \theta^o) + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

em que:

Y_i representa a observação da variável dependente designada variável resposta,

X_i representa a variável independente designada variável explicativa,

$\theta^o = [\theta_1^o, \theta_2^o, \dots, \theta_p^o]'$ é um vetor parâmetros p dimensional desconhecido

$f(x_i, \theta^o)$ é uma função de variáveis regressoras e de parâmetros conhecida como função esperança ou função de regressão,

ε_i representa o efeito do erro aleatório não observável suposto independente e identicamente distribuído, normal com média zero e variância desconhecida σ^2 .

O ajuste da relação entre tamanho e idade do animal é estimado pelos modelos não lineares (MCMANUS et al., 2003). Sendo assim, a análise das curvas de crescimento, relacionando peso/idade do animal, por modelos não lineares, permite avaliar muitas informações com poucos parâmetros que são interpretados biologicamente, o que auxilia na compreensão no processo de crescimento dos animais (MUNIZ, 2012).

Os parâmetros da curva de crescimento, estimados pelos modelos não lineares são aplicados para analisar taxas de crescimento, peso à maturidade, necessidades nutricionais,

sendo assim, contribuindo para a precisão na seleção para programas de melhoramento animal (OLIVEIRA, 2011).

Os modelos não-lineares possibilitam analisar os índices zootécnicos, envolvendo genética e ambiente, o que tem influência direta na curva de crescimento desses animais. Dessa forma, facilita identificar os animais que apresentam um melhor desenvolvimento, com um crescimento veloz, para selecioná-los (SARMENTO, 2006).

De acordo com Mendes (2007) os modelos não-lineares proporcionam a análise prática ou biológica das estimativas dos parâmetros. Na literatura, existem diversos modelos de regressão não-lineares que podem ser utilizados para descrever curvas de crescimento dos animais. Nesse sentido, vários autores como, Teixeira et al. (2011), Mattos (2013), Afonso (2009); Freitas (2005) e Mendes (2007), destacam os modelos não lineares de Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz, como os mais utilizados.

De forma geral, esses modelos têm por objetivo descrever uma trajetória assintótica da variável dependente peso, em função da variável independente tempo. Geralmente, a diferença entre tais modelos é dada pela definição do ponto de inflexão da curva, que confere uma forma sigmoide a mesma. Porém, para alguns modelos este ponto pode não existir (SILVA, 2010).

Cada um dos diferentes modelos citados, evidenciam pontos positivos e negativos quando analisados estatisticamente, permitindo assim avaliar qual modelo que melhor descreve o crescimento dos animais em questão (CUNHA, 2014).

Autores como Sarmento (2006) e Souza et al. (2011), descreveram em seus trabalhos avaliadores de qualidade de ajuste para comparar os modelos não lineares. Segundo esses autores, os avaliadores mais utilizados são o coeficiente de determinação, o quadrado médio do resíduo e porcentagem de convergência.

2.5 Avaliadores de qualidade

Em razão das diferenças entre os modelos de regressão não-linear, quando estes são ajustados a um mesmo conjunto de dados, torna-se necessário utilizar metodologias estatísticas com o intuito de compará-los e indicar o melhor modelo (SILVEIRA et al., 2009). Tais técnicas são denominadas de avaliadores da qualidade de ajuste.

Para o modelo não linear descrever corretamente a relação peso-idade, faz-se necessário algumas condições como, facilidade de convergência e a interpretação biológica dos parâmetros da curva (OLIVEIRA, 2011). Nesse sentido, em busca de determinar a melhor função e modelo,

é preciso a análise adequada dos avaliadores de qualidade, visto que não existem modelos verdadeiros, há modelos que estimam melhor a realidade. (TOLEDO, 2018).

Na literatura, a maioria dos trabalhos envolvendo comparação de modelos de crescimento utiliza apenas o coeficiente de determinação (R^2) e o Quadrado médio do erro (QME) como avaliadores da qualidade de ajuste (SILVA, 2010).

De acordo com Silveira et al. (2009), se outros importantes avaliadores como o critério de informação de Akaike (AIC), (AKAIKE, 1974), critério de informação bayesiano, BIC, (SCHWARZ, 1978), erro de predição médio (EPM), coeficiente de determinação predito e percentual de convergência também forem considerados, a indicação do melhor modelo pode ser mais precisa, uma vez que estes avaliadores levam em consideração outros fatores como a análise da independência residual e o grau de parametrização dos modelos comparados.

Oliveira (2011) avaliou o crescimento em caprinos de raça alpina por modelos de regressão aleatória e fez uma análise de agrupamento com os avaliadores de qualidade utilizados, sendo eles quadrado médio do erro, coeficiente de determinação ajustado, desvio médio absoluto e o percentual de convergência, sendo assim conseguiu determinar qual modelo teve o melhor ajuste.

A escolha de um melhor modelo, decorre da quantidade de avaliadores de qualidade analisados. Mas quanto maior for esse número, mais complexo fica o processo, tendo em vista que o mesmo modelo pode apresentar bons resultados para um determinado avaliador e um mau rendimento para outros (SILVEIRA et al., 2009). Nesse sentido, a análise de curva de crescimento de modelos não lineares com agrupamento de diferentes tipos de avaliadores de qualidade, para definir com precisão qual o modelo que melhor se adequa a um mesmo grupo de dados de determinados animais, assume grande importância para traçar estratégias alimentares específicas explorando o potencial desses animais, garantir informações específicas sobre o ganho de peso e melhorar o índice de rendimento de carcaça (TEIXEIRA et al., 2011).

3 Metodologia

3.1 Animais e local

Os dados utilizados nesse trabalho foram fornecidos pelo setor de ovinos e caprinos da Universidade Federal de Uberlândia, pertencente à Fazenda Experimental Capim Branco, situada na cidade de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. Foram utilizados dados de peso e idade de 70 ovinos do setor, animais mestiços, com grau de sangue 5/8 Dorper, cruzamento com Santa Inês, sendo eles machos e fêmeas. Os dados fornecidos foram de 4 experimentos, no

período de 2016 a 2019. As pesagens foram realizadas de maneira irregular, variando a quantidade e os intervalos entre as pesagens. Em comum, todos os animais foram pesados ao nascimento e a desmama, que variou entre 46 a 64 dias. A partir daí o número e o intervalo de pesagens variou de experimento para experimento. Em média, os quatro experimentos tiveram 12, 7, 11 e 10 pesagens respectivamente. A última pesagem dos animais variou entre 110 a 199 dias.

3.2 Modelos não lineares utilizados na avaliação do crescimento

Os dados de crescimento obtidos serão ajustados por meio dos seguintes modelos não lineares (tabela 1)

Tabela 1 - Modelos não lineares usados para ajustar dados de peso-idade.

Função	Equação	Nº de parâmetros
Brody	$a(1 - b \exp(-kt))$	3
Von Bertalanffy	$a(1 - b \exp(-kt)^3)$	3
Logística	$a(1 + b \exp(-kt))^{-1}$	3
Gompertz	$a \exp(-b \exp(-kt))$	3

De acordo com os modelos apresentados na Tabela 1, o parâmetro a é o valor assintótico da função quando t (tempo, idade) tende ao infinito. Genericamente, este valor representa o peso adulto do animal, independente de problemas de flutuações ou, mesmo, de efeitos climáticos. O parâmetro b , ou constante de integração, não possui interpretação biológica e é utilizado para adequar o valor inicial do peso vivo, nesse caso, peso ao nascer da função utilizada. O parâmetro k é uma função entre a taxa média de crescimento e o peso adulto do animal, geralmente sendo referido como taxa de maturidade. A taxa de maturidade pode ser entendida como um indicador da velocidade com que o animal se aproxima de seu tamanho adulto. Portanto, quanto maior este valor, mais precoce é o animal, em termos de crescimento (VARANIS, SILVA E TEIXEIRA, 2016).

3.3 Avaliadores de qualidade

Para a comparação do ajuste dos modelos e definição do que melhor se ajusta aos dados de peso-idade, foram utilizados os seguintes avaliadores de qualidade do ajuste: quadrado médio do erro (QME), coeficiente de determinação (R^2), % de convergência. Juntamente com os

avaliadores de qualidade de ajuste, para a determinação do melhor modelo, foi utilizado e interpretação biológica da média dos parâmetros individuais estimados (VARANIS, SILVA E TEIXEIRA, 2016).

A interpretação biológica dos parâmetros estimados também pode ser considerado um avaliador de qualidade de ajuste (Freitas, 2005). Quanto mais próximos a estimativa dos parâmetros estão da realidade biológica do animal, melhor ajuste possui um modelo.

a) Quadrado médio do erro

O quadrado médio do erro evidencia a estimativa da variância residual, em que menores valores indicam o melhor modelo (VARANIS, SILVA E TEIXEIRA, 2016). Representado por:

$$QME = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - p)}$$

Em que:

n é o número de observações utilizadas para ajustar a curva

p é o número de parâmetros na função

b) Coeficiente de determinação

O coeficiente de determinação resulta na capacidade do modelo em se ajustar às observações. Nesse avaliador, se o número de parâmetros for grande, faz-se necessário o uso de outros avaliadores de qualidade, visto que, quanto mais parametrizado for o modelo, maior será o R^2 (VARANIS, SILVA E TEIXEIRA, 2016). Sua expressão é dada por:

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT}$$

SQR é a soma de quadrado de resíduos do modelo

SQT é a soma de quadrados total

c) Porcentagem de convergência

O bom resultado na convergência de dados no processo de estimação não linear está diretamente relacionado a aplicação de uma função resposta e valores iniciais adequados

(ZEVIANI, JÚNIOR E BONAT, 2013). De acordo com Silva (2010), a porcentagem de convergência é utilizada quando se tem ajustes individuais. Nesse sentido, é possível constatar qual o modelo que possui maior facilidade de convergência, que é apresentado pela porcentagem de ajustes que convergiram.

3.4 Recursos computacionais

A análise foi feita por ajustes individuais, visto que foram usados 70 animais de quatro experimentos, com quantidade de pesagens irregulares. Todas as análises foram realizadas utilizando o software RStudio, versão R 4.1.2.

A estimativas iniciais, necessárias para a obtenção das estimativas dos parâmetros, foram geradas por meio do método gráfico iterativo para valores iniciais de regressão não linear, utilizando o pacote *manipulate*, função `manipulate()`, para cada um dos quatro modelos de regressão não-linear utilizados no presente estudo. Para o ajuste individual de cada animal realizado por cada modelo, para a obtenção dos parâmetros, após a obtenção dos valores iniciais, foi utilizado `rp.nls()`. Os avaliadores de qualidade de ajuste foram obtidos pelas estimativas da função `rp.nls()`.

4 Resultados e discussões

Foi realizada a análise descritiva do conjunto de dados para obter os pesos mínimos, máximos e médios, e o desvio padrão dos 70 animais, no nascimento, na desmama e na última pesagem dos animais.

Tabela 2 - Peso mínimo, máximo, médio e desvio padrão de ovinos ao nascimento, à desmama e na última pesagem do experimento.

Idade	Peso mínimo	Peso máximo	Peso Médio	Desvio Padrão
Nascimento	2,18	5,98	3,93	0,80
Desmama	5,90	23,57	14,34	4,28
Última pesagem	21,6	54,30	35,56	7,79

As pesagens dos animais foram feitas de maneira irregulares, se iniciando pelo nascimento, seguido do peso à desmama, onde teve a variação de 46 a 64 dias, com valores mínimo e máximo iguais, 5,90 e 23,57kg, respectivamente, sendo finalizadas com a última pesagem que oscilou entre os dias de pesagem mínima e máxima aos 110 a 199 dias (Tabela 1). No trabalho

dos autores Barros, Lobo e Vasques-Villela (2006), observou-se que os cordeiros filhos de carneiros Dorper apresentaram maior ganho de peso em relação aos filhos com carneiros Santa Inês e Somalis Brasileira, sendo que o sexo não apresentou influência sobre o peso e o ganho em peso dos cordeiros, com peso ao nascimento igual a 3,61kg, próximo a média do valor observado na Tabela 1. Ainda de acordo com os autores o peso a desmama variou de 13,59kg a 15,43kg. Carneiro et al. (2007), em sua pesquisa, sobre diferentes cruzamentos de raças com ovinos Dorper, obteve valores médios, do cruzamento Dorper com Santa Inês, de pesos à desmama igual a 14,02 kg, porém com idade ao desmame de 84 dias, período de desmame mais tardio quando comparados aos animais analisados neste trabalho.

Como as últimas pesagens dos animais foram em dias muito variáveis e com valores de pesos também de muita variação, elas estão representadas pelo histograma de frequências de pesos da última pesagem (Figura 1), para uma melhor visualização. Como pode ser observado, encontramos grande variação de idade ao último peso registrado, porém 58,6% dos pesos das últimas pesagens foram concentrados no intervalo 29,77kg à 42,03kg. Foi estipulada uma média para referir o valor da última pesagem de 155 dias, com peso médio igual a 35,56 kg, valor esse maior que o de Carneiro et.al. (2007), em que relatou peso médio aos 150 dias equivalente a 26,51kg.

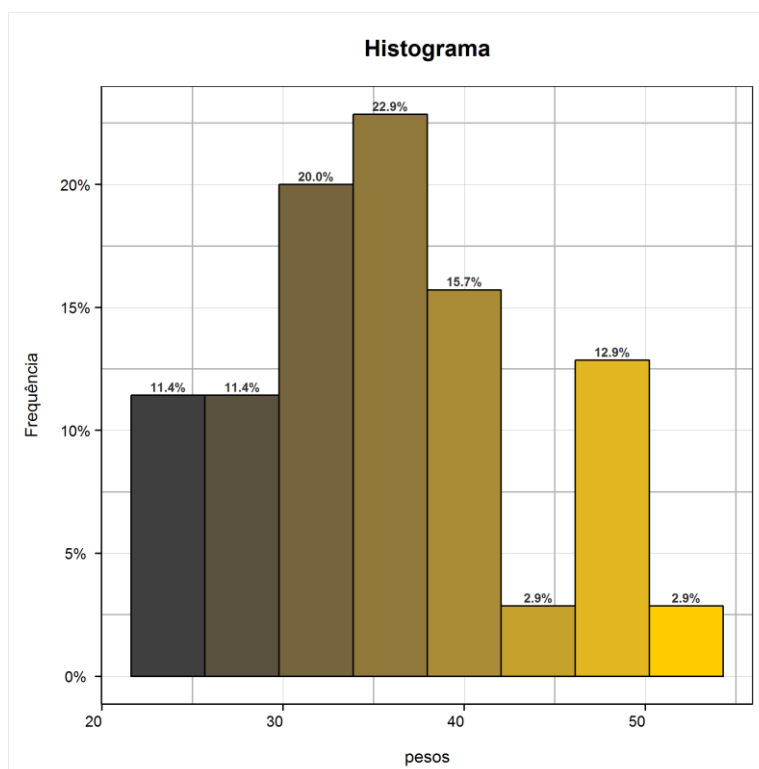


Figura 1 – Histograma das variações de pesos da última pesagem

Para avaliar sobre o ajuste dos modelo não lineares, foram analisados as estimativas dos parâmetros a, b e k e também os seguintes avaliadores de qualidade de ajuste: coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e porcentagem de convergência (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros a, b e k, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), porcentagem de convergência (% conv) de cada modelo.

Modelos	a	b	k	R²	QME	%conv
Brody	64,38	0,94	0,0048	0,96	3,36	10,00
Logístico	48,09	8,97	0,0219	0,97	2,76	87,14
Von Bertalanffy	59,67	0,64	0,0093	0,98	1,61	35,71
Gompertz	57,34	2,69	0,0119	0,97	2,27	71,43

a - valor assintótico; b - constante de integração; k - taxa de maturidade; R^2 - coeficiente de determinação; QME - quadrado médio do erro; %conv - porcentagem de convergência.

O parâmetro a estima o peso adulto do animal, em que segundo Carneiro et. al. (2007), essa estimativa não é, obrigatoriamente, o maior peso que o animal pode atingir, sendo assim o peso médio à maturidade. Tendo em vista que a puberdade nas fêmeas é caracterizada pelo primeiro estro, em que ocorre, segundo Maia e Nogueira (2019), em torno de 150 a 300 dias, apresentando entre 30 à 50kg (MONTEIRO, 2010). De acordo com Muniz (2012), os animais a partir de 30kg ou 300 dias de idade já estavam aptos para o abate, então na sua pesquisa, os animais foram mantidos na produção até atingir essa idade/peso estipulados e após atingirem essa marca eram abatidos. Observando a tabela 3, o modelo Logístico foi o que melhor estimou o parâmetro a (48,09kg), enquanto os demais superestimaram a realidade biológica do parâmetro. Sendo assim o resultado observado no presente estudo, se assemelha com a pesquisa de Carneiro et al. (2007), em que o modelo Logístico permitiu a melhor estimativa do crescimento dos animais de cruzamentos de diferentes raças com a raça Dorper, incluindo o cruzamento Santa Inês com Dorper que apresentou maior potencial de crescimento, porém com valores inferiores estimados para o parâmetro a (28,68kg). Já Muniz (2012), por meio do modelo Gompertz, relatou valor do parâmetro a igual à 46,20 no cruzamento Dorper com Santa Inês. Sarmiento et al. (2006) constatou em sua pesquisa sobre ovinos de raça Santa Inês, valores inferiores aos demonstrados na Tabela 3 para o parâmetro a, sendo o de Von Bertalanffy igual a 24,8 kg, de Gompertz de 24,2 kg e Logístico 23,2 kg.

Já o parâmetro k, determina a taxa de maturidade o que indica uma medida de precocidade. De acordo com McManus et.al. (2003), quanto maior for o seu valor, mais cedo esses animais

atingirão a maturidade. Na Tabela 1, temos os valores para os modelos Logístico (0,0219), Von Bertalanffy (0,0093) e Gompertz (0,0119), onde o Logístico apresentou maior valor. Indicando então uma maior precocidade de crescimento. Muniz (2012) também encontrou maior valor no parâmetro k para o modelo Logístico (0,0161). Carneiro et. al. (2007) ressaltou em seu trabalho, em que o modelo Logístico apresentou uma taxa para o parâmetro k igual a 0,0267, que o bom resultado gerado pelo modelo, ocorreu devido aos parâmetros do modelo não-linear condensar dados pertinentes, como o peso à maturidade e precocidade. De acordo com Silva et al. (2004) existe uma correlação negativa entre a taxa de maturidade e o peso adulto, assim os modelos que apresentam menores valores para k apresentam altos valores para K .

Todos os modelos ajustados obtiveram R^2 superior a 96%, o que indica que os modelos possuem boa qualidade na descrição dos dados (Freitas e Costa, 1983). Em relação ao QME, todos os modelos apresentaram valores baixos, indicando que todos os modelos da Tabela 3 apresentaram bons resultados, mas o modelo que obteve menor valor para QME foi Von Bertalanffy (1,61), seguido de Gompertz (2,27), Logístico (2,76) e Brody (3,36). Assim como Bonfa (2012), que também desenvolveu seu trabalho analisando menores valores para QME como avaliador de qualidade para indicar o melhor modelo.

Com relação a porcentagem de convergência (% conv), de acordo com Silva et al. (2011), o percentual de convergência é um parâmetro importante em estudos de curvas individuais de crescimento, visto que se um modelo desenvolve qualidade de ajuste alta, no entanto % conv baixo, tem-se um número reduzido de animais ajustados por aquele modelo. Na Tabela 3, o modelo Logístico obteve a maior porcentagem de convergência de dados (87,14%), seguido do Gompertz (71,43%), enquanto o Von Bertalanffy (35,71%) e Brody (10%) apresentaram as menores porcentagens de convergência. Esse resultado está de acordo com Alves (1986), citado Dutra Jr. et al (2001), que consideraram o modelo de Brody o de pior ajuste, de ambos os pontos de vista estatístico e biológico, para ajustar a curva de crescimento.

Para exemplificar os ajustes dos modelos, foram estimados o peso ao nascer e aos 180 dias de idade pelos modelos de Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico (Tabela 4). Para isso foi escolhido o animal 56, que foi um animal que convergiu nesses três modelos. O modelo de Brody não foi representado, por sua baixa convergência. Constatou-se que os três modelos obtiveram bons resultados. Porém o Logístico teve uma maior aproximação do peso ao nascer estimado com o peso observado. Já os valores estimados de peso aos 180 dias para os três modelos foram muito próximos e ficaram subestimados em relação ao valor observado para esse animal. Mas podemos observar que em relação ao peso assintótico, o modelo logístico foi

o que mostrou uma maior desaceleração do crescimento. Esse resultado pode ser observado também, nas figuras 2 e 3.

Tabela 4. Médias estimadas e observadas de peso ao nascer e peso aos 180 dias, e assíntota por modelo.

Modelo	Peso ao nascer (kg)		Peso aos 180 dias (kg)		Assíntota (kg)
	Estimado	Observado	Estimado	Observado	
Gompertz	3,8823		41,8027		57,3479
Von Bertalanffy	2,6856	4,63	40,5559	50,40	59,6755
Logístico	4,8216		40,9627		48,099

Na Figura 2, é possível observar as curvas estimadas dos modelos, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz, e de dois animais, 47 e 56, os quais as últimas pesagens foram respectivamente 33,99kg e 50,40kg, escolhendo-se assim um animal, mais leve e um mais pesado, dentre os observados no experimento. Nesse sentido, foi possível aferir que os três modelos tiveram ajustes muito próximos e se aproximaram das curvas de crescimento dos animais observados, principalmente no início do crescimento. As estimativas começam a se distanciar dos dados observados, por volta de 100 dias de vida, marcando o início da fase da puberdade desses animais. Como os dados observados vão até no máximo 199 dias, a figura 2 foi confeccionado até esse limite de idade, onde podemos visualizar um distanciamento dos animais observados em relação a curva estimada. Mas para termos uma projeção de como se daria a estimativa de crescimento dos animais na idade adulta, foi feito a figura 3.

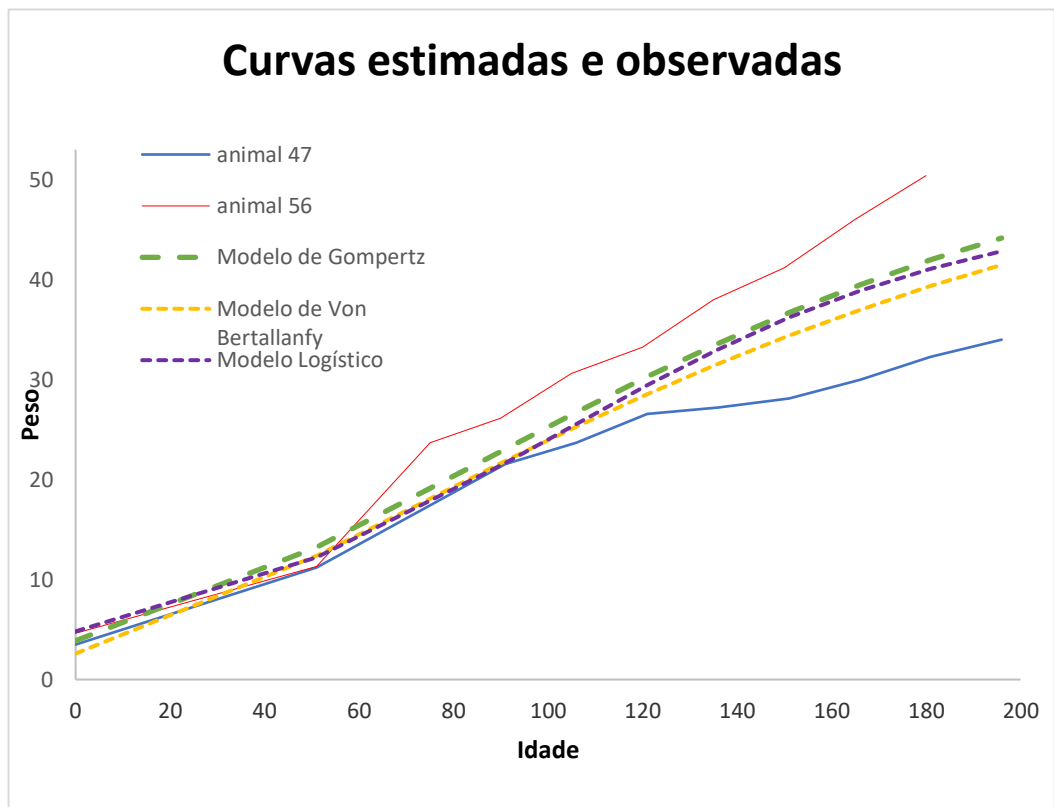


Figura 2 – Curvas estimadas pelos modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico e as curvas observadas referentes aos animais 47 e 56.

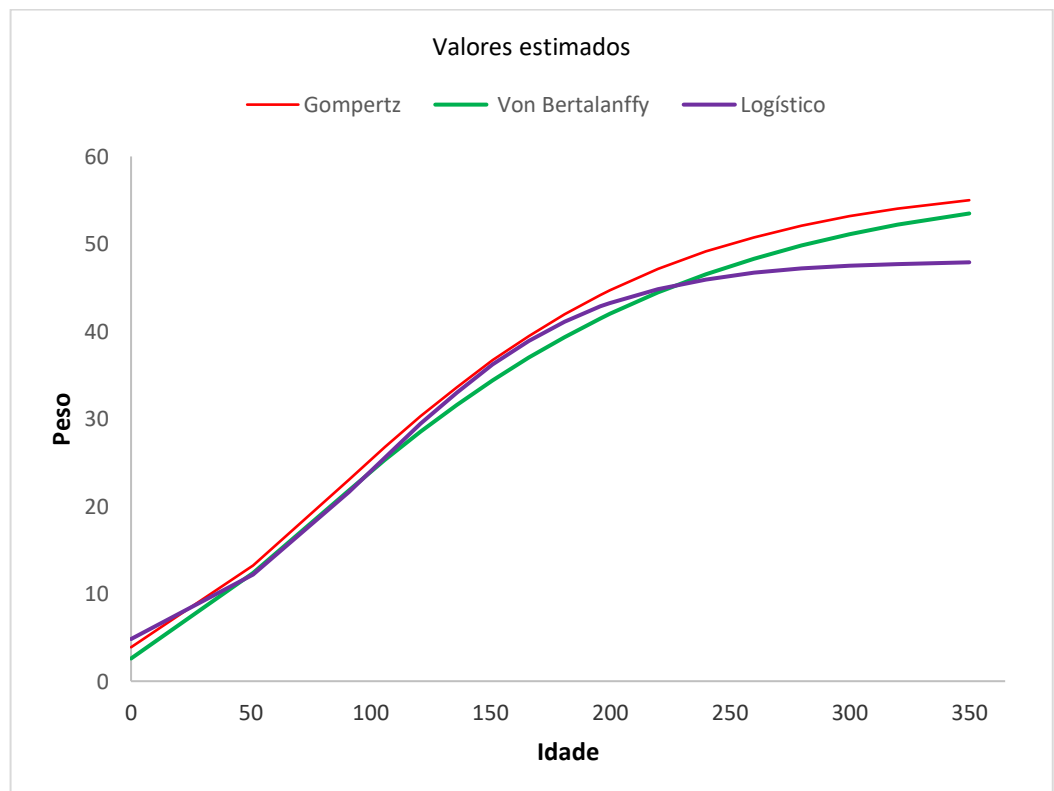


Figura 3 – curvas de crescimento com valores estimados pelos modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico.

Quando se compara a curva estimada de crescimento dos três modelos até um ano de idade (350 dias) (Figura 3) observa-se que o Logístico tende a se estabilizar por volta de 200 a 250 dias, ponto em que os animais já atingiram o seu peso adulto, mostrando uma tendência a uma curva sigmoide, curva característica de crescimento. Já os modelos Von Bertalanffy e Gompertz, continuam a curva de maneira crescente, tendendo a uma superestimação do peso adulto dos animais.

5 Conclusão

Ao analisar todos os avaliadores de qualidade avaliados juntamente com a interpretação biológica dos parâmetros do modelo, o melhor modelo que se ajustou foi o de Logístico, com alto valor de R^2 , maior porcentagem de convergência, um baixo valor de QME, e valor assintótico adequado, não tendendo a superestimar o peso adulto.

6. Referências Bibliográficas

AFONSO, V. A. C. et al. **Aplicação de modelos não-lineares no ajuste de curvas de crescimento em fêmeas ovinas (*Ovis áries*) da raça Santa Inês criadas na região de Norte Fluminense/RJ1.** 2009. B. Industr.anim., N. Odessa,v.66, n.2, p.115-120. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfsbia/1277307186.pdf>> Acesso em: 5 de maio 2021.

BARROS, N. N., LOBO R. N. B., VASQUESVILLELA L. C. **Características de crescimento de cordeiros ½ sangue para abate no Nordeste do Brasil.** Sobral – CE, p. 1-9, 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36644/1/AAC-Characterísticas-de-crescimento.pdf>> Acesso em: 16 de Março de 2022.

BONFA, H. C. **Modelos de curva de lactação e intervalos de controle de vacas Holandesas.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. 47p. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2931/1773>> Acesso em: 18 de Março de 2022.

CARNEIRO, P.L.S., et. al. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.7, p.991-998, jul. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/4HcCPgDryxYSZw7yDg9R6wM/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em: 27 de Fevereiro de 2022.

CUNHA, Y. L. **Utilização de modelos não lineares para descrever a curva de crescimento de caprinos leiteiros da raça Alpina.** Conclusão de curso de Agronomia – Centro de Ciências Agrárias Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 5, 2014. Disponível em: < <http://www.agn.ufv.br/wp-content/uploads/2017/08/CunhaY.L.-40952.pdf>> Acesso em: 05 de Maio de 2021

DUTRA JR, W. M.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L.; EUCLYDES, R. F.; TAROUCO, J. U.; CARDOSO, L. L. Predição de curvas de crescimento de tecidos de fêmeas suínas por intermédio da função alométrica estendida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 1007 – 1014. 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/86DstnzVQCBrBb7XTsVfG5C/?lang=pt>> Acesso: 15 de Março de 2022.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Meat Market Review, Março de 2019. Roma. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/ca3880en/ca3880en.pdf>>. Acesso em: 12 de Março de 2022.

FERNANDES, T. L.; PEREIRA, A. A.; MUNIZ, J. A. Comparação de modelos não-lineares no estudo das curvas de crescimento do caranguejo de água doce. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 2, p. 375–2387, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufop.br/rest/article/view/3271/2535>> Acesso em: 11 de Setembro de 2021.

FREITAS, A.R.de; COSTA, C. N. da. Ajustamento de modelos não lineares a dados de crescimento de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 10, p. 1147-1154, out. 1983. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/434226/ajustamento-de-modelos-nao-lineares-a-dados-de-crescimento-de-suinos>> Acesso em: 22 de Fevereiro de 2022.

FREITAS, A. R. de. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000300010> Acesso em: 6 de Maio de 2021.

LUPI, T.M. **Caracterização das curvas de crescimento do ovino Segurenho em sistemas convencionais e biológicos**. In Ciclo de Conferências do Conselho Técnico-Científico: temas atuais em investigação, 4, Castelo Branco: IPCB - Instituto Politécnico de Castelo Branco. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/6636>> Acesso em: 31 de Agosto de 2021.

MAGALHÃES, K. A., FILHO, Z. F. H., MARTINS, E. C., Pesquisa Pecuária Municipal 2020: rebanhos de caprinos e ovinos. **CIM Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos**. Boletim N° 16, Sobral - CE, 2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227322/1/CNPC-2021-Art-boletimCIM-16.pdf>> Acesso em: 12 de Março de 2022.

MAIA, M. da S., NOGUEIRA, D.M. Manejo Reprodutivo de caprinos e ovinos em regiões tropicais. **Embrapa Semiárido**, Petrolina – PE, Ed. 1ª, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206551/1/Manejo-Reprodutivo-de-Caprinos-e-Ovinos-em-Regioes-Tropicais-2019.pdf>> Acesso em: 23 de fevereiro de 2022.

MATTOS, T.B. **Modelos Não Lineares e suas Aplicações**. Monografia (Bacharel em Estatística) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, p. 17-18. 2013. Juiz de Fora. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/cursoestatistica/files/2014/04/Modelos-N%C3%A3o-Lineares-e-suas-Aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf>> Acesso em: 5 de Maio de 2021.

MCMANUS, C. et al. Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista brasileira de zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1207-1212, set./out. 2003. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbz/a/bRF4ngk8C3Cmx4YsK9LSxpr/?lang=pt#>> Acesso em: 17 de Fevereiro de 2022.

MENDES, P. N. **Curvas de crescimento difásicas de fêmeas hereford com erros auto regressivos e heterogeneidade de variâncias**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, p.98, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3634/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Curvas%20de%20crescimento%20dif%C3%A1sicas%20de%20f%C3%AAmeas%20Hereford%20com%20erros%20auto-regressivos%20e%20heterogeneidade%20de%20vari%C3%A2ncias.pdf> Acesso em 5 de Maio de 2021.

MONTEIRO, C.D., BICUDO, S.D. e TOMA, H.S. Puberdade em fêmeas ovinas. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 21, Ed. 126, Art. 856, 2010. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/artigo/2313/puberdade-em-fecircmeas-ovinas>> Acesso em: 23 de Fevereiro de 2022.

MUNIZ, L. M. S. **Crescimento de ovinos de diferentes grupos genéticos sob modelos não lineares convencionais e alternativos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, p.18. 2012. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppz/wp-content/uploads/2017/07/lorena-mirelle-ilovepdf-compressed.pdf>> Acesso em: 5 de Maio de 2021.

OECD/FAO (2018), OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, **OECD Publishing**, Paris/FAO, Rome. Disponível em: <<https://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2018-2027/es/>> Acesso em: 13 de Março de 2022

OLIVEIRA, J. A. de. **Avaliação do crescimento e de modelos de regressão aleatória em caprinos da raça Alpina**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Animais Domésticos; Nutrição e Alimentação Animal; Pastagens e Forragicultura) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: < <https://locus.ufv.br/handle/123456789/5685>> Acesso em: 29 de Setembro de 2021.

OLIVEIRA, M. D. et. al. **Crescimento de ovinos da raça Santa Inês sob modelo não linear**. In: 55ª Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia e 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2018, Goiânia-GO. Anais da 55ª Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia e 28º Congresso Brasileiro de Zootecnia. Goiânia-GO: PUC-GO, 2018. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-0722.pdf>> Acesso em: 31 de Agosto de 2021.

ROSANOVA, C.; GARCIA DA SILVA SOBRINHO, A.; GONZAGA NETO, S. A raça Dorper e sua caracterização produtiva e reprodutiva. **Veterinária Notícias**, v. 11, n. 1, 10 dez. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/18632>> Acesso em: 23 de Agosto de 2021.

SANTOS et. al. **Um novo modelo não linear para descrever curvas de crescimento de ovinos**. *Sigmae*. Alfenas, v.8, n.2, p. 1-7, 2019. Disponível em: <<https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/932/607>> Acesso em: 10 de Maio de 2021.

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. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000200014> Acesso em: 15 de Maio de 2021.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Manejo Básico de Ovinos e Caprinos**, 2009. Disponível em:<<https://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/ManejoBasicoOvinoCaprinoSebrae.pdf>>. Acesso em: 26 de Agosto de 2021.

SILVA, N. A. M. da. **Seleção de modelos de regressão não lineares e aplicação do algoritmo saem na avaliação genética do crescimento de bovinos nelore**. 2010. 60 f. Tese (Doutorado em Zootecnia, área de concentração Genética e Melhoramento animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31771?locale=es>> Acesso em: 14 de Março de 2022.

SILVA, N. A. M. et al. Seleção e classificação multivariada de modelos de crescimento não lineares para bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 2, p. 364-371, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/x4ZQwZpTGjcBpxrGXMPDPxL/?lang=pt>> Acesso em: 18 de Março de 2022.

SILVA, S. N. **Crescimento e desenvolvimento de ovinos da raça Santa Inês**. 2017. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2017. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppz/wp-content/uploads/2017/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Samille-Neres-.pdf>> Acesso em: 10 de Outubro de 2021.

SILVEIRA, F.G.; SILVA, F. F.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; PETERNELLI, L.A.; SOUZA Jr, A.A.O. **Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte**. In: 54ª RBRAS (Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria) e 13º SEAGRO (Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica), 2009, São Carlos-SP. Anais da 54ª RBRAS e 13º SEAGRO. São Carlos-SP: UFScar, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-99402012000100006&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em: 6 de Maio de 2021

SOUZA, L. de A. 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. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/YQnk6kvDX8PHK5t5NVS VWyz/?lang=pt>> Acesso em: 26 de Agosto de 2021.

SOUZA, W. H. et al. Indicadores Técnicos e Econômicos de Produtividade de um Sistema de Produção de Ovinos de Corte no Semiárido. **Imprim Gráfica, Editora e Imagem**. 1ª Ed. João Pessoa – PB, 2018. Disponível em: <https://empaer.pb.gov.br/pdf/livro-indices-tecnicos-e-economicos-ovinos-2606220202110-_compressed.pdf> Acesso em: 12 de Março de 2022.

TEIXEIRA, M.C.; VILLARROEL, A.B.; PEREIRA, E.S.; OLIVEIRA, S.M.P.; ALBUQUERQUE, I.A.; MIZUBUTI, I.Y. Curvas de crescimento de cordeiros oriundos de três sistemas de produção na Região Nordeste do Brasil. **Ciências Agrárias**, v.33, n.5, p.2011-

2018, 2011. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/204871249.pdf>> Acesso em 5 de Maio de 2021.

TOLEDO, E. R. de. **Estruturas de covariâncias no ajuste de curvas de crescimento de bovinos da raça Guzerá.** 2018. 99 f. Tese (Doutorado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/23915/1/texto%20completo.pdf>> Acesso em: 13 de Março de 2022.

VARANIS, L. F; SILVA, N. A. M. da; TEIXEIRA, A. de M. Seleção de modelos não lineares para estimação da curva de lactação de vacas mestiças pelo método de análise de agrupamento. **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 8, n. 3, p. 28-37, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br>> Acesso em: 17 de Maio de 2021.

VERONESE, R., LOPES, M.S., YAMAKI, M., SERÃO, N.V.L., LOPES, P.S., GUIMARAES, S.E.F.; PINTO, A.P.G., SILVA, P.V., TORRES, R.A. Comparação de modelos não-lineares para curva de crescimento de suínos da raça Piau. In: **VII simpósio brasileiro de melhoramento animal**, São Carlos-SP. 2008. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/vii/trabalhos/pdfs/su007.pdf>> Acesso em: 05 de Maio de 2021.

VIANA, J. G. A. **Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil.** Revista Ovinos, Ano 4, Nº 12, Porto Alegre, março de 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Joao_Viana7/publication/228460370_Panorama_geral_da_ovinocultura_no_mundo_e_no_Brasil/links/5614495808ae983c1b406e66/Panorama-geral-da-ovinocultura-no-mundo-e-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 30 de Agosto de 2021.

ZEVIANI, W. M., JÚNIOR, P. J. R., BONAT. W.H. **Curso: Modelos de regressão não linear.** 58º RBRAS e 15º SEAGRO, Campina Grande – PB, Julho de 2013. p. 34. Disponível em: <<https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/cursomodelosnaolinearesR.pdf>> Acesso em: 14 de março de 2022.