



WILDER DANIEL DA SILVA

**DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO EM PESO DE COELHOS
MESTIÇOS GIGANTE DE FLANDRES X NOVA ZELÂNDIA**

LAVRAS-MG

2019

WILDER DANIEL DA SILVA

**DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO EM PESO DE COELHOS MESTIÇOS GIGANTE
DE FLANDRES X NOVA ZELÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Zootecnia,
para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. Dr. Tales Jesus Fernandes

Orientador

Prof^a. Dr^a. Raquel Silva de Moura

Coorientadora

LAVRAS-MG

2019

WILDER DANIEL DA SILVA

**DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO EM PESO DE COELHOS MESTIÇOS GIGANTE
DE FLANDRES X NOVA ZELÂNDIA**

**DESCRIPTION OF GROWTH BY WEIGHT OF RABBITS GIANT OF FLANDRES X
NEW ZEALAND**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Zootecnia,
para a obtenção do título de
Bacharel.

APROVADO em 28 de novembro de 2019

Me. Felipe Augusto Fernandes

Me. Maria Alice Junqueira Gouvêa Silva

Prof. Dr. Tales Jesus Fernandes

Orientador

Prof^a. Dr^a. Raquel Silva de Moura

Coorientadora

LAVRAS-MG

2019

Aos meus pais Marlene de Fátima Maia e Sebastião Moizes da Silva. Minha avó Ilza Cândida Maia. Meus irmãos Edmar, Juliana, Luiz Carlos, Clenilda, Josiane, Wilian. Aos demais familiares. Meus amigos e colegas. Meus cachorros Dara, Pilberto, Pandora e Safira. Por me apoiarem desde o início e servirem de inspiração para que as dificuldades do percurso não me desanimassem.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À DEUS, que me deu força e coragem para vencer os obstáculos e dificuldades enfrentadas durante o curso, que me socorreu espiritualmente, dando-me serenidade e forças para continuar.

À minha família, por me darem todo o amparo necessário para que eu realize este sonho.

Aos meus amigos, que foram fundamentais para me ajudar a suportar a pressão que existe dentro da universidade.

Aos meus cães, pois eles sempre renovaram minhas energias quando precisei.

À professora Raquel Silva de Moura, por ter aberto as portas da cunicultura e contribuído muito para minha formação.

Ao meu orientador Tales Jesus Fernandes, que aceitou orientar-me e deu todo suporte para realização deste projeto.

Aos mestres Felipe Augusto Fernandes e Maria Alice Junqueira Gouvêa Silva, por aceitarem fazer parte da minha banca de avaliação e por toda ajuda fornecida.

Aos meus professores, que passaram um pouco dos seus conhecimentos e contribuíram grandiosamente para minha formação.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade.

À Universidade Federal de Lavras, pelo programa de vulnerabilidade socioeconômica que foi importantíssimo para garantir minha estadia na universidade.

Aos núcleos de estudos UFLALEITE, NEMAS, NENAC E NEMENC, por terem contribuído para minha formação técnica e pessoal, além de possibilitar que eu conhecesse tantos amigos queridos.

À Associação Atlética Acadêmica Zebu, por ter me aceitado no momento em que mais precisei, por ter me proporcionado tantos momentos de alegrias e, principalmente, por ter me dado inúmeras amizades que levarei para o resto da vida.

MUITO OBRIGADO!

"E mesmo que meus passos sejam em falso, e mesmo que os meus caminhos sejam os errados, e mesmo que meu jeito de levar a vida te incomode, eu sei quem sou, e sei pelo que devo lutar! Se você acha que meu orgulho é grande, é porque nunca viu o tamanho da minha fé".

(Tião Carreiro)

RESUMO

Na prática, possuir diferentes métodos para estimar o peso de coelhos pode ser de grande serventia para os produtores, pois nem sempre se tem uma balança acessível. Com este intuito, o presente trabalho objetivou propor duas alternativas para estimar o peso de coelhos Gigante de Flandres x Nova Zelândia. A primeira foi um modelo em função de outras medidas corporais por meio de regressão linear múltipla. A segunda alternativa foi descrever a curva de crescimento por meio do ajuste do modelo não linear de Von Bertalanffy, gerando uma tabela de referência do peso ao longo da idade. Os dados utilizados foram obtidos no setor de cunicultura do departamento de zootecnia da Universidade Federal de Lavras (DZO/UFLA). Os animais foram obtidos através de duas ninhadas utilizando as raças Gigante de Flandres como linha paterna e a Nova Zelândia Branco como linha materna. A estimação dos parâmetros bem como todos os gráficos foram realizadas no software estatístico R. Os dois modelos foram eficientes na modelagem do crescimento de coelhos, pois obtiveram altos valores do coeficiente de determinação (R^2) sendo 0,9769 e 0,9976 para os modelos de regressão linear múltiplo e o modelo não linear de Von Bertalanffy, respectivamente. O ajuste do modelo de Von Bertalanffy não foi adequado para a descrição do crescimento antes dos 25 dias de vida. A modelagem do crescimento se mostrou útil uma vez que possibilitou identificar que o peso de abate para este cruzamento é por volta dos 80 dias, o que está dentro do recomendado na literatura. Foi elaborada uma tabela com intervalo de 95% de confiança para o peso dos coelhos ao longo da idade.

Palavras-chave: Cunicultura. Von Bertalanffy. Não linear. Regressão múltipla. Cruzamento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVO	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Cunicultura	12
3.2 Modelo de Regressão Linear Múltipla.....	13
3.5 Modelo não linear de Von Bertalanffy	14
3.6 Coeficiente de correlação de Pearson	15
3.7 Coeficiente de Determinação	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

A cunicultura é o ramo da Zootecnia que trata da criação de coelhos. É uma atividade pecuária que tem como finalidade a produção de carne, pele, pelos, animais de estimação e cobaias de laboratório. É uma atividade pouco explorada no Brasil, por não ser um hábito cultural comer carne de coelho. No entanto, as criações de coelhos com finalidade PET estão em ascensão no cenário nacional, haja visto que o ser humano tem buscado cada vez mais a companhia de animais de estimação.

A criação de coelhos traz consigo algumas vantagens em relação à outras espécies animais, como, por exemplo: uso de instalações com um tamanho relativamente menor e com baixo custo, se encaixando adequadamente no perfil da agricultura familiar; o aproveitamento de coprodutos da agroindústria para serem incorporados na dieta; aproveitamento de subprodutos do abate (pele, esterco, urina, entre outros); como fonte de renda alternativa; obtenção de carne com altíssimo valor nutricional (elevado teor de proteína, baixo índice de colesterol e sódio, alta digestibilidade); ciclo produtivo curto (alta produtividade em períodos de tempo curto).

Entretanto a cunicultura apresenta algumas desvantagens, tais como elevado custos de produção, pouca aceitação à carne de coelho por parte da população, necessidade de uso de rações completas peletizadas e baixo incentivo às pesquisas relacionadas a esta área.

Para que se possa maximizar a produtividade em uma granja cunícula, o controle do ganho de peso dos animais se torna essencial, pois através dele é possível mensurar o quão eficiente está sendo o manejo empregado na criação.

Em uma produção cunícula é importante considerar a estimativa do peso dos animais para cálculo de doses para aplicação de fármacos, elaboração de dietas para coelhos em diferentes estágios de vida (exemplo: cria e recria), tendo em vista que nem todos os criadores possuem equipamento (balança) na instalação.

O crescimento corporal de qualquer animal está diretamente correlacionado ao peso vivo do mesmo, assim, uma alternativa eficaz para a obtenção do peso vivo em situações na qual não se dispõe de uma balança é a estimativa do peso do coelho por meio da elaboração de um modelo de regressão linear múltipla utilizando medidas corporais.

Outro método que pode ser utilizado para estimar o peso dos coelhos é a curva de crescimento, sendo essa uma ferramenta importante na identificação do padrão de crescimento e da eficiência do manejo na criação dos animais. A descrição da curva de

crescimento animal obtida a partir de modelos de regressão não lineares vem sendo constantemente utilizado como um método de análise do desenvolvimento (crescimento) de diferentes espécies animais, devido a estes conseguirem resumir um aglomerado de informações em séries de variáveis a um pequeno número de parâmetros com interpretações práticas diretas.

Várias estratégias alimentares tem sido usadas para produzir animais que possuam maior quantidade de massa corporal magra, melhor conversão alimentar e máximo peso corporal. Os coelhos apresentam uma taxa de crescimento elevada até aproximadamente 90 dias de idade, após esse período, os animais tendem a reduzir o seu crescimento corporal, aumentando sua conversão alimentar e diminuindo seu ganho de peso diário (GPD).

No Brasil, existem poucas pesquisas desenvolvidas na área de cunicultura, principalmente, as relacionadas ao crescimento de coelhos quando comparado a outros animais de produção como, aves e suínos. Desta forma, a obtenção de uma tabela com os pesos inferiores e superiores do intervalo de confiança ao longo da idade é muito importante para que a cadeia produtiva de coelhos disponha de mais ferramentas que auxiliem no acompanhamento do desenvolvimento desses animais.

2 OBJETIVO

Assim os objetivos deste trabalho foi propor duas alternativas para estimar o peso de coelhos mestiços Gigante de Flandres x Nova Zelândia, sendo a primeira, o ajuste de um modelo de regressão linear múltipla capaz de estimar o peso de coelhos em função de 7 medidas corporais. A segunda foi descrever a curva de crescimento com modelo de regressão não linear de von Bertalanffy, gerando uma tabela de referência do peso ao longo da idade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cunicultura

A origem do coelho é muito discutida, porém acredita-se que o coelho doméstico tenha descendido do coelho selvagem europeu (*Lepus cuniculus*). Após sua domesticação, surgiu uma grande variedade de raças com cores e tamanhos variados. Sua origem geográfica também não está bem definida, acredita-se que a Espanha é berço do coelho, mas também falam em África, Ásia e sul da Europa. A domesticação veio somente na Idade Média, quando monges começaram uma tentativa de criar esses animais em cativeiro. Antes disso, no Império Romano se criavam coelhos, mas esses eram em liberdade (TVARDOVSKAS; SATURNINO, 2012).

A história da cunicultura no Brasil apresenta altos e baixos, pois, inicialmente houve muito investimento para produção de lã de coelho da raça angorá, láparos para produção de vacinas, produção de carne no final da década de 80, dentre outros. Por vários motivos, dentre eles a falta de adoção de novas tecnologias e a falta de estrutura do setor, fizeram com que o sistema se desestruturasse. As estimativas da população cunícula no Brasil demonstram uma redução lenta ao longo dos últimos anos, embora a partir de 2010, a cunicultura tenha retomado seu crescimento em algumas regiões.

A raça Nova Zelândia é oriunda dos Estados Unidos. É uma das raças mais difundidas no mundo. É de porte médio e corpo bem proporcionado, com garupa arredondada, lombos carnudos e costelas cobertas de carne, oferecendo carcaça de ótima qualidade. É uma raça bastante precoce e muito utilizada em criações destinadas a carne de coelho (MELLO; SILVA, 2008).

A raça Gigante de Flandres é oriunda da Bélgica. É a maior raça de coelho conhecida, podendo chegar a 1 metro de comprimento e pesar 9 kg. Apresenta baixa rusticidade e alta susceptibilidade a doenças, além de baixa precocidade (MELLO; SILVA, 2008).

O cruzamento entre as raças Nova Zelândia x Gigante de Flandres busca a complementariedade entre as duas raças, esperando obter animais mais pesados, rústicos e precoces (MELLO; SILVA, 2008).

A cunicultura representa uma parcela pequena do agronegócio brasileiro, apesar de apresentar grande potencial de crescimento na agricultura familiar (SILVA, 2019). Mas deve-se levar em conta que é uma atividade estratégica devido a várias características, dentre elas, ser uma atividade sustentável, produzindo grande quantidade de alimentos de alta qualidade

nutricional em curto espaço, elevada produtividade, possibilidade de aproveitamento de subprodutos, baixa necessidade de água e baixo impacto ambiental.

O controle do ganho de peso do animal para este tipo de produção é de essencial relevância, pois é através dele que podemos mensurar o quão eficiente está sendo o manejo empregado na criação. Segundo Silva (2016), avaliações sobre o ganho de peso de coelhos Nova Zelândia Branco x Genética Botucatu, revelaram que o peso ao abate pode variar de 1,8 a 2,0 Kg para obtenção de uma carcaça com no mínimo 1 Kg (peso mínimo exigido pelos frigoríficos), sendo desnecessário esperar que os animais atinjam 2,5 Kg, com isso é possível obter uma certa economia em relação ao fornecimento de rações.

A utilização de modelos estatísticos para o estudo de níveis de crescimento em animais é uma prática que pode auxiliar na escolha do melhor método de exploração de determinada espécie zootécnica (FREITAS, 2005).

3.2 Modelo de Regressão Linear Múltipla

O modelo de regressão linear múltipla tem por objetivo descrever a variável dependente Y em função de variáveis independentes X (CHARNET *et al.*, 2008). Por exemplo em um modelo com k variáveis independentes (ou explicativas) X a expressão do modelo fica:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

em que: Y é a variável dependente; X_i são as variáveis independentes; β_i são os parâmetros do modelo, os quais deseja-se estimar para saber o quanto a variável X_i contribui para a explicação da variável Y e “ε_i” é o erro aleatório associado ao modelo, o qual se supõe que seja independente e identicamente distribuído segundo uma distribuição normal de média zero e variância constante, $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

3.4 Curvas de Crescimento

As curvas de crescimento relacionam a variável desenvolvimento do indivíduo em função da sua idade, sendo importante ferramenta para pesquisas e recomendações sobre eficiência de produção, contribuindo, assim, para o melhor manejo nos criatórios (FREITAS, 2005; SOUZA *et al.* 2017).

Conforme comentado por Mischan e Pinho (2014) a curva de ganho de peso diário pode ser estimada pela primeira derivada do modelo não linear de crescimento.

Modelos de regressão não lineares são aqueles em que pelo menos uma das derivadas parciais depende de algum parâmetro do modelo e não existe transformação capaz de torná-lo linear (DRAPER; SMITH, 1998). Segundo autores como Fernandes *et al.* (2017), Carneiro *et al.* (2014) e Souza *et al.* (2017), uma das grandes aplicações destes modelos é no estudo de curvas de crescimento.

Por apresentar boa qualidade de ajuste e, principalmente, interpretação prática para os seus parâmetros, os modelos não lineares tem ganhado destaque na literatura em recentes estudos sobre curvas de crescimento com diversas espécies animais: Jacob, Ganesan e Sreekumar (2015), Mota *et al.* (2015), Pimentel *et al.* (2017), Santana *et al.* (2016), Veloso *et al.* (2016) e Souza *et al.* (2017) estudaram a curva de crescimento de coelhos, codornas, potros, bovinos de corte, frangos e equinos, respectivamente. No entanto, ainda existem poucos trabalhos relacionados ao crescimento de coelhos.

3.5 Modelo não linear de Von Bertalanffy

Jacob, Ganesan e Sreekumar (2015) afirmam que o padrão de crescimento de coelhos em função da idade é sigmoidal. Este padrão de crescimento é muito bem descrito pelos modelos de regressão não linear. De acordo com Souza *et al.* (2017) a grande vantagem do uso de modelos não lineares na descrição de uma curva de crescimento animal é que os parâmetros apresentam interpretação prática direta, além de uma ótima qualidade de ajuste.

Nesse sentido Jacob, Ganesan e Sreekumar (2015) ajustaram diferentes modelos não lineares para descrever a curva de crescimento de coelhos das raças Chinchila Soviética e Gigante Branco. Estes autores concluíram que o modelo não linear de Von Bertalanffy foi o mais eficiente para descrever o crescimento em ambas as raças. Não sendo encontrados na literatura estudos sobre a curva de crescimento de mestiços Nova Zelândia x Gigante de Flandres.

A expressão do modelo de Von Bertalanffy é dada por:

$$Y = a\left(1 - \frac{\exp\{k(b - X)\}}{3}\right)^3 + \varepsilon$$

Em que “Y” é a variável dependente; “X” é a variável independente; “a” é o valor assintótico, ou peso adulto do animal; “b” é a abscissa do ponto de inflexão do modelo; “k” é o índice de maturidade ou precocidade do modelo e quanto maior o valor de *k*, menos tempo

será necessário para o animal atingir o seu peso adulto (a) e “ ε ” é o erro aleatório associado ao modelo, o qual pressupõe-se que seja independente e identicamente distribuído segundo uma distribuição normal de média zero e variância constante, $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

3.6 Coeficiente de correlação de Pearson

Segundo Charnet *et al.* (2008) o coeficiente de correlação ρ mede a possível relação linear existente entre as variáveis aleatórias. É importante ressaltar que ρ varia de -1 à 1, de modo que se ρ está próximo de 1 existe uma relação linear positiva entre as variáveis, isto é, conforme uma aumenta a outra também aumenta, já se ρ está próximo de -1 existe uma relação linear negativa entre as variáveis, conforme uma variável aumenta a outra diminui e valores de ρ próximos de zero sugerem não existir uma relação linear entre as variáveis.

Uma das formas de estimar a correlação em uma amostra de duas variáveis X e Y é pelo coeficiente de correlação de Pearson, dado por:

$$r = \frac{COV(\bar{X}, Y)}{S_X S_Y}$$

A significância do coeficiente de correlação pode ser testada por meio de um teste de hipóteses baseado na distribuição t de Student. Com base no valor calculado da estatística t obtém-se o *p-valor* associado para que se possa decidir sobre a rejeição ou não de H_0 . Se o *p-valor* for menor que o nível de significância adotado rejeita-se H_0 e conclui-se que a correlação entre as variáveis em estudo é estatisticamente diferente de zero. Para saber se a correlação é positiva ou negativa basta olhar o sinal do estimador r .

3.7 Coeficiente de Determinação

O coeficiente de determinação, simbolizado por R^2 , é uma medida de qualidade de ajuste de um modelo de regressão, em relação aos valores observados. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto da variação total ocorrida nos dados é explicada pelo modelo de regressão. O coeficiente de determinação pode ser calculado por:

$$R^2 = \frac{SQ_{reg}}{SQ_{total}} = 1 - \frac{SQ_{erro}}{SQ_{total}}$$

em que: SQ_{reg} é a soma de quadrados do modelo de regressão; SQ_{erro} é a soma de quadrados residual e SQ_{total} é a soma de quadrados total. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo e melhor é a qualidade do ajuste obtido por ele.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os coelhos utilizados neste experimento foram oriundos do plantel didático do setor de Cunicultura do departamento de zootecnia da Universidade Federal de Lavras (DZO/UFLA). Foram avaliados 10 coelhos mestiços, obtidos através do cruzamento entre as raças Gigante de Flandres x Nova Zelândia Branco, onde o Gigante constitui-se a linha paterna e o Nova Zelândia a linha materna. Os filhotes foram pesados e medidos de 4 em 4 dias, até completarem 150 dias de vida. Eles foram mantidos juntos da mãe até os 30 dias de vida, depois foram separados em grupos de 5 animais por gaiola até os 90 dias, após isso eles foram separados em gaiolas individuais até o fim do experimento. As gaiolas em que os coelhos foram alojados são feitas de arame galvanizado e com dimensões de 80cm de comprimento x 60cm de largura x 40cm de altura.

O experimento foi executado entre outubro de 2017 e março de 2018. Durante o período do experimento, os coelhos receberam ração peletizada com 16% de proteína bruta e água a vontade distribuída por bebedouros do tipo niple. As medidas mensuradas foram as seguintes: Comprimento corporal total (CCoT), que foi medido com uma fita métrica desde o meio do crânio até o final da cauda do animal; Comprimento corporal até a anca (CCoA), medido da cernelha até a inserção da cauda do animal; Circunferência torácica (CTo), medido atrás das patas dianteiras do animal, circundando o tórax; Circunferência abdominal (CA), medido na frente das patas traseiras do animal, circundando o abdome; Circunferência da coxa (CCx), medido circundando a coxa esquerda do animal; Comprimento da pata dianteira (CPD), medido de uma extremidade a outra da pata dianteira do animal; Comprimento da pata traseira (CPT), medido de uma extremidade a outra da pata traseira do animal. As pesagens ocorreram sempre na parte da manhã antes do fornecimento de ração aos animais, para que o peso não fosse influenciado pela ingestão de alimento antes da pesagem. As mensurações foram sempre aferidas por duas pessoas ao longo de todo o experimento.

Figura 1 – Condução do experimento no setor de Cunicultura DZO/UFLA.



Foi calculado o coeficiente de correlação linear de Pearson do peso com as variáveis idade, CCoT, CCoA, CTo, CA, CCx, CPD e CPT para verificar o nível de associação entre estas variáveis e o peso. Admitindo que todas elas apresentem correlação significativa com o peso o modelo de regressão linear múltipla a ser estimado será:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 CCoT_i + \beta_2 CCoA_i + \beta_3 CTo_i + \beta_4 CA_i + \beta_5 CCx_i + \beta_6 CPD_i + \beta_7 CPT_i + \varepsilon_i$$

A estimação dos parâmetros $\hat{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_7)$ foi feita pelo método de mínimos quadrados, o qual consiste na ideia de encontrar as estimativas para os parâmetros de modo que a distância entre os pesos observados e os pesos estimados seja a menor possível. Como o modelo de regressão múltipla é um modelo linear então o método de mínimos quadrados conduz ao sistema de equações normais (SEN) com forma fechada para obter as estimativas dos parâmetros dada por:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

em que: $\hat{\beta}$ é o vetor de estimativas dos parâmetros; Y é o vetor com os pesos observados e X é uma matriz com as variáveis explicativas nas colunas.

Conforme indicado por Jacob, Ganesan e Sreekumar (2015), o padrão de crescimento corporal de coelhos em função da idade é claramente não linear. Assim será utilizado o modelo de regressão não linear de Von Bertalanffy para descrever a curva de crescimento desta espécie. A expressão deste modelo é apresentada abaixo:

$$PV = a\left(1 - \frac{\exp\{k(b - t)\}}{3}\right)^3 + \varepsilon$$

Em que “PV” é o peso vivo do animal; “t” é a idade do animal; “a” é o valor assintótico, ou peso adulto do animal; “b” é a abscissa do ponto de inflexão do modelo, indica a idade em que o animal atinge a sua taxa máxima de crescimento; “k” é o índice de maturidade ou precocidade do modelo e quanto maior o valor de *k*, menos tempo será necessário para o animal atingir o seu peso adulto (*a*) e “ε” é o erro aleatório associado ao modelo, o qual se supõe que seja independente e identicamente distribuído segundo uma distribuição normal de média zero e variância constante, $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

A estimação dos parâmetros *a*, *b* e *k* deste modelo pode ser feita pelo método de mínimos quadrados, por meio do qual é obtido o Sistema de Equações Normais (SEN) não linear. No entanto, no caso de um modelo não linear, o sistema não apresenta uma solução direta, sendo necessária a utilização de algoritmos iterativos de busca numérica para obter as estimativas dos parâmetros (DRAPER E SMITH, 1998). Muitos processos iterativos são apresentados na literatura, sendo que foi utilizado neste trabalho o algoritmo de Gauss-Newton. Tal algoritmo consiste em uma expansão em série de Taylor para aproximar o modelo de regressão não linear com termos lineares e, então, aplicar o método dos mínimos quadrados ordinários para a estimação dos parâmetros.

Calculou-se também a derivada de primeira ordem do modelo de crescimento para obter a expressão da taxa de ganho de peso diário TGPD. Esta será apresentada também graficamente ao longo da idade.

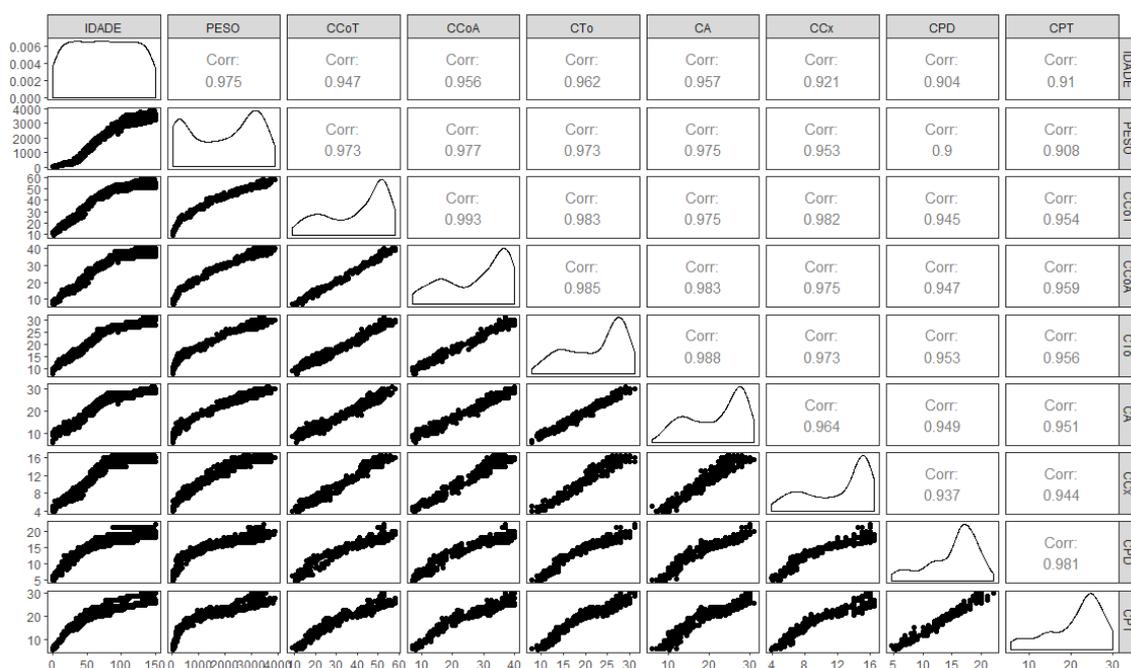
A suposição de normalidade do vetor de resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro-wilk em ambos modelos. Com base nesta suposição será obtido o intervalo de confiança para os parâmetros do modelo não linear de Von Bertalanffy, possibilitando assim a elaboração de uma tabela de referência para o peso de coelhos mestiços das raças Gigante de Flandres x Nova Zelândia Branco. Esta tabela conterá os limites inferior e superior do intervalo de 95% confiança para o peso dos coelhos ao longo da idade. Com base nela o produtor poderá acompanhar se o desenvolvimento de seus animais está dentro do padrão normal de crescimento deste cruzamento.

As estimativas para os parâmetros dos modelos, bem como os ajustes gráficos e toda a parte computacional envolvida na elaboração deste trabalho serão realizadas utilizando-se o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os valores das correlações entre as medidas mensuradas, pode-se notar que todas elas foram positivas, sendo todas maiores que 0,9. Tal resultado era esperado, pois, as mensurações foram de comprimentos e circunferências do corpo dos coelhos, então, o peso aumenta na medida que essas medidas aumentam também.

Figura 2 - Gráfico de correlação das variáveis.



Fonte: Do autor (2019).

A variável mais correlacionada com o Peso foi a CCoA, que é o comprimento medido a partir da cernelha até a inserção da cauda do animal, possivelmente isso ocorreu porque é no tronco do animal onde ocorre a maior deposição muscular. Já a menor correlação se deu entre as variáveis Peso e CPD, pelo fato de que o comprimento da pata dianteira do coelho não interfere muito em seu peso, visto que seu tamanho em relação ao corpo do animal é pequeno.

Como todas as variáveis foram positivamente correlacionadas, todas elas podem ser utilizadas no modelo de regressão linear múltipla para descrever o peso dos coelhos. Após estimados os parâmetros o modelo fica:

$$\begin{aligned} \text{Peso} = & -1496,115 + 30,890CCoT_i + 53,005CCoA_i + 56,861CTo_i \\ & + 87,837CA_i - 37,719CCx_i - 69,629CPD_i - 45,378CPT_i \end{aligned}$$

O R^2 obtido foi de 0,9769, isto significa que 97,69% das variações ocorridas nos pesos dos animais podem ser explicadas pelo modelo de regressão múltipla ajustado. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo e melhor é a qualidade do ajuste obtido por ele, logo pode-se concluir que este modelo foi bem ajustado e explica de forma confiável os dados.

Para o modelo de regressão múltipla, o teste de Shapiro Wilk resultou em *p-valor* igual à 0,2953 demonstrando que a pressuposição inicial sobre a normalidade do vetor de resíduos foi atendida, portanto a inferência sobre os parâmetros é confiável. Assim, caso o produtor não disponha de uma balança, ele pode estimar o peso do coelho apenas com o uso de uma fita métrica e aplicando os valores obtidos na equação do modelo apresentada acima.

Caso não seja possível nem o uso de uma fita métrica e nem uma balança, o modelo não linear de Von Bertalanffy torna-se uma importante ferramenta, para auxiliar na obtenção do peso apenas em função da idade do animal. Conforme comentado por Freitas *et al.* (2005) o estudo do crescimento animal é ainda mais atraente, com o uso dos modelos não-lineares, pois estes são bastante flexíveis para se utilizar com uma sequência de dados peso-idade uma vez que consideram características inerentes aos dados de pesagens, como: a) pesagens irregulares no tempo, isto é, o intervalo de duas medidas consecutivas quaisquer não é 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.

Tabela 1 - Estimativas dos parâmetros do modelo de Von Bertalanffy, coeficiente de determinação e *p-valor* do teste de Shapiro-Wilk.

Parâmetro	A	B	k	R²	<i>p-valor</i>
Estimativa	3919	48	0,0241	0,9976	0,1383

Fonte: Do autor (2019).

Na tabela acima observa-se as estimativas dos parâmetros do modelo de Von Bertalanffy (a, b, k), o *p-valor* extraído do teste de normalidade de Shapiro Wilk e o coeficiente de determinação R^2 . O parâmetro “a” é o valor assintótico, se refere ao peso em gramas dos animais adultos, ou seja, os coelhos mestiços das raças Nova Zelândia e Gigante de Flandres atingem em média o peso de 3919g. A estimativa de peso adulto para estes

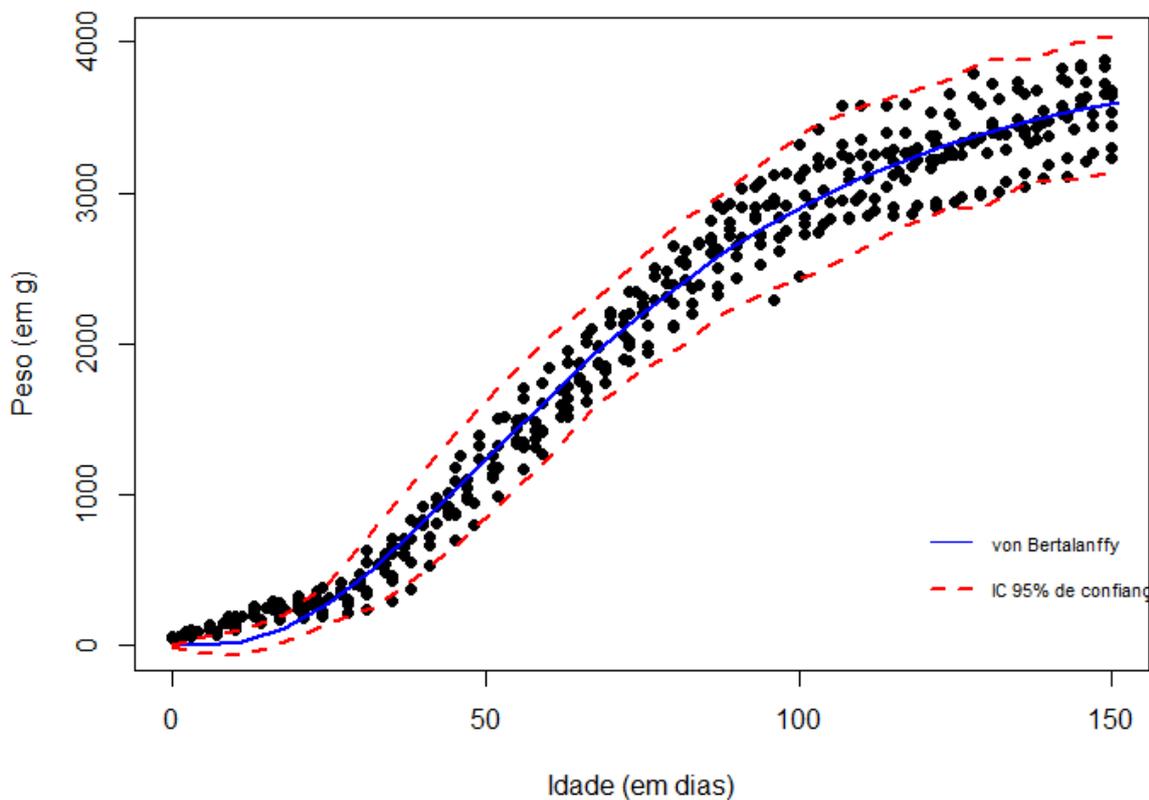
mestiços foi superior ao observado por Jacob *et al.* (2015) que encontraram valor assintótico de 3029g para a raça Chinchila e 2349g para o gigante branco. Esta baixa estimativa do peso adulto observado por Jacob *et al.* (2015) pode ser explicada pelo fato de que eles somente acompanharam o crescimento dos animais até os 132 dias, ao passo que neste trabalho foi acompanhado até os 151 dias de idade.

O parâmetro “b” está associado à abscissa do ponto de inflexão do modelo, ou seja, é a idade na qual o animal atinge a sua taxa máxima de crescimento. Como a estimativa de “b” foi de 48 dias, indica que nesta idade esses coelhos atingiram o máximo do seu desenvolvimento, a partir deste dia o animal continuou crescendo, porém a uma taxa de crescimento menor e passou a caminhar para a estabilização. Fernandes *et al.* (2019) obteve o valor de 40 dias para a estimativa de “b” trabalhando com animais puros Nova Zelândia, isto implica que esses animais são mais precoces do que os mestiços avaliados neste estudo. Este resultado se deve ao fato de coelhos de grande porte terem uma taxa de crescimento mais lenta, o que significa que eles entram na fase de acabamento tardiamente, porém eles aplicam sobre a carcaça uma melhor conformação (MACHADO; FERREIRA, 2011).

O índice de maturidade ou precocidade do modelo é representado pelo parâmetro “k”, seu valor é uma razão entre a taxa de crescimento máxima (no ponto de inflexão) e o peso assintótico. Assim, quanto maior o valor de k , menos tempo será necessário para o animal atingir o seu peso adulto. Comumente, animais que possuem maior taxa de maturidade “k”, terão menor peso à idade adulta “a”, ou seja, os animais precoces apresentam um menor tamanho por ocasião da maturidade. Consequentemente, os coelhos de porte médio entram na fase de acabamento mais jovens e com pesos mais leves do que os animais de raças de grande porte, sendo abatidos entre 75 e 80 dias, Barbosa *et al.* (1999). Este estudo comprovou esta afirmativa, visto que os coelhos mestiços apresentaram valor de “k” (0,0241) menor do que encontrado por Santos *et al.* (2018) e Fernandes *et al.* (2019) que obtiveram valor de k igual a 0,0299 e 0,0329, respectivamente.

Conforme observado na Tabela 1 o *p-valor* do teste de Shapiro-Wilk foi de 0,1383 assim a pressuposição de normalidade residual foi atendida ao nível de 5% de significância.

Figura 3 - Curva de crescimento de coelhos mestiços Nova Zelândia x Gigante de Flandres, com o intervalo de confiança de 95%.

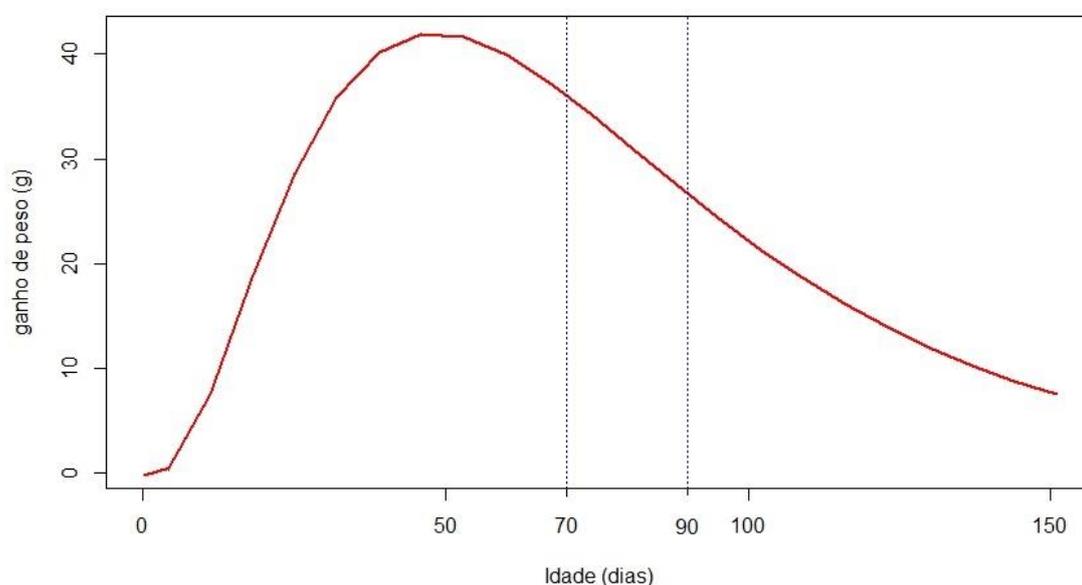


Fonte: Do autor (2019).

A Figura 3 ilustra o ajuste do modelo de Von Bertalanffy, ela demonstra que este modelo não é adequado para a descrição do crescimento dos coelhos nos primeiros dias de vida, uma vez que, o modelo subestima o peso inicial desses animais, tal ocorrência também foi mencionada por Freitas (2005) no estudo de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia Branco, porém não era mencionado a partir de qual ponto ele se tornava um modelo bem ajustado. Neste estudo foi possível indicar tal ponto, sendo este iniciado a partir dos 25 dias de idade. Notou-se neste estudo que a curva de crescimento nos primeiros dias de vida do coelho se manifesta de forma diferente do que o restante do seu desenvolvimento, fato esse que ainda não é conhecido. Tal manifestação ocorre no período em que os filhotes estão em fase de amamentação, o que pode ser uma justificativa para a baixa qualidade do ajuste, influenciando no comportamento da curva nos primeiros 25 dias de vida.

Teleken *et al.* (2017) afirmaram que o modelo de Von Bertalanffy é o mais adequado para descrever o crescimento de coelhos das raças Nova Zelândia e Norfolk, obtendo R^2 de 0,9985 e 0,9991, respectivamente. Fernandes *et al.* (2019) também encontrou valor alto para o coeficiente de determinação, $R^2 = 0,9974$ estudando coelhos da raça Nova Zelândia. O R^2 obtido neste estudo foi de 0,9976, estando de acordo com autores como Jaboc *et al.* (2015), Fernandes *et al.* (2019) e Teleken *et al.* (2017) que afirmam que o modelo de Von Bertalanffy é indicado para descrever o crescimento de coelhos de diferentes raças, inclusive mestiços Nova Zelândia x Gigante de Flandres.

Figura 4 - Taxa de crescimento de coelhos mestiços Gigante de Flandres x Nova Zelândia.



Fonte: Do autor (2019).

A Figura 4 ilustra a taxa de crescimento dos coelhos mestiços Gigante de Flandres x Nova Zelândia Branco, evidenciando o ganho de peso ao longo da idade, bem como o ponto onde ocorre a taxa máxima de crescimento, parâmetro “b”. Como pode-se observar na Tabela 1 o ponto de inflexão ocorre por volta dos 48 dias período em que os coelhos apresentaram um ganho de peso diário de aproximadamente 40g, a partir deste ponto a taxa de crescimento começa a desacelerar, fazendo com que os animais ganhem menos peso no decorrer dos dias até o fim do estudo..

Outro aspecto importante da Figura 4 é a possibilidade de se identificar o intervalo de abate recomendado para a cunicultura, que é de 70 a 90 dias de idade (MACHADO; FERREIRA, 2011). Com isso, nota-se que o ganho de peso dos coelhos está em pleno declínio, caindo aproximadamente de 35 para 25g dia⁻¹. Esse dado é de grande importância, pois, através dele conseguimos demonstrar o quão inviável é manter os animais acima deste intervalo de idade no plantel.

Para que uma criação de coelhos seja altamente rentável é necessário selecionar animais que consigam atingir o peso de abate (2000 a 2500g) entre as idades de 70 e 90 dias. E os animais que ultrapassem este intervalo devem ser descartados, pois podem gerar prejuízos para o criador, visto que o gasto com ração será maior após os 90 dias e o ganho de peso já não será mais significativo. Observar se os animais estão chegando ao peso de abate dentro deste limite (70 a 90 dias) se faz necessário para avaliar o plantel e identificar possíveis erros, sejam eles de manejo, sanidade ou genético (MACHADO; FERREIRA, 2011).

Com base na pressuposição de normalidade foram obtidos os intervalos de confiança de 95% para os parâmetros do modelo de Von Bertalanffy, possibilitando assim a elaboração de uma tabela de referência do peso de coelhos mestiços Gigante de Flandres x Nova Zelândia. A Tabela 2 demonstra uma estimativa com pesos variando do limite inferior (que é o mínimo aceitável para cada idade, com 95% de confiança) até o limite superior (que é o máximo que o animal pode estar pesando naquela idade, com 95% de confiança), dividida em intervalos de tempo de 7 dias.

Tabela 2 – Limites Inferior e Superior do intervalo de confiança de 95% para o peso (g) de coelhos mestiços Gigante de Flandres x Nova Zelândia com base nas estimativas do modelo não linear de Von Bertalanffy.

Idade (dias)	Limite Inferior (LI)	Limite Superior (LS)
0	----	----
4	----	----
11	----	----
18	----	----
25	147,194	414,672
32	248,489	768,396
39	452,344	1100,464
46	686,799	1443,524
53	965,198	1752,056
60	1245,559	2044,233
67	1558,311	2273,513
74	1791,614	2541,927
81	1981,121	2808,835
88	2198,381	3001,171
95	2347,035	3216,146
102	2453,799	3429,414
109	2608,855	3554,045
116	2758,378	3647,552
123	2879,185	3736,928
130	2917,038	3880,146
137	3070,515	3882,159
144	3089,213	3996,629
151	3149,257	4050,379

Fonte: Do autor (2019).

Foi possível observar na Tabela 2 que os coelhos atingiram o peso de abate por volta dos 80 dias de idade, sendo este um resultado positivo, pois os animais atingiram o peso de abate dentro da faixa recomendada que é de 70 a 90 dias. Isso demonstra que os coelhos mestiços avaliados neste estudo, mesmo tendo um coelho de porte grande (Gigante de Flandres) no cruzamento conseguiram atingir o peso de abate dentro da faixa de idade que é recomendada para coelhos de médio porte, como por exemplo, coelhos da raça Nova Zelândia Branco.

6 CONCLUSÃO

Foi possível estimar o peso de coelhos mestiços Nova Zelândia x Gigante de Flandres, por meio do modelo de regressão múltipla em função de 7 medidas corporais com alta confiabilidade ($R^2 = 97,69\%$).

O modelo não linear de Von Bertalanffy foi eficiente em descrever a curva de crescimento de coelhos mestiços, apresentando parâmetros com interpretação prática e com ótima qualidade de ajuste ($R^2 = 99,76\%$). Possibilitando assim elaborar uma tabela de referência de peso dos coelhos mestiços com base nas estimativas deste modelo, que irá auxiliar o produtor no monitoramento do peso dos coelhos de sua criação.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, P. F. **Raças e estratégias de cruzamento para produção de novilhos precoces**. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, 1., Viçosa, MG. Anais...Viçosa: UFV, 1999. p. 01-19.
- CARNEIRO, A.P.S. *et al.* Identity of Nonlinear Models to Compare Growth Curves of the Cattle Bbreed Tabapuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.49, n.1, p.57-62, 2014.
- CHARNET, R. *et al.* **Análise de modelos de regressão linear** - com aplicações. 2. ed. Campinas SP: Editora Unicamp, 2008.
- COUDKOVÁ, V. *et al.* Bodyweight Estimation From Linear Measures of Growing Warmblood Horses by a Formula, **Journal of Equine Veterinary Science**. v. 36, p.63–68, 2016.
- DRAPER N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3. ed. New York: John Wiley, 1998.
- FERNANDES, F. A. *et al.*, Growth curves of meat-producing mammals by von Bertalanffy's model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.54, e01162, 2019.
- FERNANDES, T. J. Modelos duplo sigmoidais na descrição do crescimento de frutos do cafeeiro. **Ciência Rural**. v.47, n.8, e20160646. 2017.
- FERREIRA, D. S. A. *et al.* Novo modelo não linear para descrever curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia, **Sigmae**. v.8, n.2, p. 522-531, 2019.
- FREITAS A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.3, p.786-795, 2005.
- JACOB N.; GANESAN R.; SREEKUMAR D. Nonlinear Growth Model in Rabbits. **The Indian Veterinary Journal**, v. 92, n. 9, p. 23-26, sep. 2015.
- MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M. **A cunicultura e o desenvolvimento sustentável**. 2011. Disponível em: <<http://acbc.org.br/site/index.php/notas-tecnicas/a-cunicultura-e-odesenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- MELLO, H. V.; SILVA, J. F. **Coelhos técnicas da criação**. Viçosa: Cpt, 242p. 2008.

MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z. de. **Modelos não lineares: funções assintóticas de crescimento**. São Paulo: Cultura Acadêmica, p.184, 2014.

MOTA, L. F. M. *et al.* Crescimento de codornas de diferentes grupos genéticos por meio de modelos não lineares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.5, p.1372-1380, 2015.

PIMENTEL, A. M. H. *et al.* Gender on the growth of Criollo foals from birth to three years of age. **Ciência Rural**, v.47, n.1, p. 01-06, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: Acesso em: 13 ago. 2019.

SANTANA, T. J. S. *et al.* Modelo von Bertalanffy com resposta em platô para descrever curvas de crescimento de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v.34, n.4, p.646-655, 2016.

SANTOS, D. C. E.; *et. al.* **Comparison of non-linear models adjustment in New Zealand rabbits growth curve**. 2018. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-1694.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SILVA, M. A. J. G. **Modelagem do consumo alimentar e padrões comportamentais de coelhos Nova Zelândia branco submetidos a desafios crônicos por altas temperaturas**. 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, DEG, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SILVA, W. D. **A importância da escrituração zootécnica: o exemplo da UFLA**. 2016. Disponível em: <<http://acbc.org.br/site/index.php/notas-tecnicas/control-zootecnico>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

SOUZA, F. A. C. Nonlinear modeling growth body weight of Mangalarga Marchador horses, **Ciência Rural**, v. 47, n.4, e20160636, 2017.

TELEKEN, J. T.; GALVÃO, A. C.; ROBAZZA, W. S. Avaliação comparativa de modelos matemáticos não lineares para descrever o crescimento animal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 73-81, 2017.

TVARDOVSKAS, L.; SATURNINO, H. M. **História da cunicultura no Brasil e estratégias para seu desenvolvimento**. IV Seminário Nacional de Ciência e Tecnologia em Cunicultura. Disponível em: <http://www.acbc.org.br/images/stories/01_Historia_da_cunicultura_no_Brasil_e_estratgias_para_seu_desenvolvimento.pdf>.

VELOSO, R. C. *et al.* Seleção e classificação multivariada de modelos não lineares para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.1, p.191-200, 2016.

VIEIRA, P. S. *et al.*, Development of a weight-estimation model to use in pregnant criollo-type mares, **Ciência Rural**, v.48, n.1 e20160590, 2018.