



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE COELHOS
NOVA ZELÂNDIA**

LUIZ FELIPE DINIZ ANICETO E SILVA
Orientador:
Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro

Morrinhos-GO
2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LUIZ FELIPE DINIZ ANICETO E SILVA

**MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE COELHOS
NOVA ZELÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Zootecnia do Instituto
Federal Goiano – Campus Morrinhos, como
parte das exigências para obtenção do título
de Bacharel em Zootecnia.

Orientador:
Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro

Morrinhos-GO
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

S586m Silva, Luiz Felipe Diniz Aniceto e.
Modelos não lineares para curva de crescimento de coelhos Nova Zelândia. / Luiz Felipe Diniz Aniceto e Silva. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2024.
32 f. : il. color.

Orientador: Dr. Jeferson Correa Ribeiro.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Zootecnia, 2024.

1. Coelhos. 2. Modelos lineares (Estatística). 3. Estimativa de parâmetros. 4. Spline, Teoria do. I. Ribeiro, Jeferson Correa. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 636.92

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Luiz Felipe Diniz Aniceto e Silva

Matrícula:

2019104201810334

Título do trabalho:

Modelos Não Lineares Para Curva de Crescimento de Coelhos Nova Zelândia

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.



Documento assinado digitalmente
LUIZ FELIPE DINIZ ANICETO E SILVA
Data: 24/09/2024 14:47:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Morrinhos, Goiás

Local

/ /

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

JEFERSON CORREA RIBEIRO

Data: 24/09/2024 15:11:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 8/2024 - CCBZ-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA - DEFESA TRABALHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM ZOOTECNIA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Aos nove dias de setembro de dois mil e vinte e quatro, às quatorze horas e nove minutos, reuniu-se os componentes da Banca Examinadora, Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro, Dra. Eliandra Maria Bianchin Oliveira, Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos e Dr. Delvan Alves da Silva, sendo este último, de modo remoto, sob a presidência do(a) primeiro(a), nas dependências do Instituto Federal Goiano - campus Morrinhos, em sessão pública, para defesa do Trabalho de Curso do discente Luiz Felipe Diniz Aniceto e Silva, do Curso de Bacharelado em Zootecnia, intitulado: **MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE COELHOS NOVA ZELÂNDIA**, sob a orientação do professor Jeferson Corrêa Ribeiro. Iniciados os trabalhos, a presidência fez apresentação formal dos membros da banca e agradecimento pela disponibilidade em participar da defesa do Trabalho de Curso. A seguir, o discente fez a apresentação pelo período de vinte e um minutos. Encerrada a apresentação, a banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação, na qual foram apontadas correções que deverão ser feitas ao menor prazo possível. Tendo em vista as normas que regulamentam o Trabalho de Curso e procedidas as recomendações, o discente foi aprovado com ressalva, com a nota **9,0 (nove vírgula zero)**, considerando-se integralmente cumprido este requisito quando o aluno entregar a versão final corrigida, para fins de obtenção do título de Bacharel em Zootecnia. Nada mais havendo a tratar, eu, Jeferson Corrêa Ribeiro, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Morrinhos, 09 de setembro de 2024.

Prof. Dr. Jeferson Corrêa Ribeiro - presidente

Prof.^a Drs. Eliandra Maria Bianchini Oliveira - membro titular interno

Prof. Dr. Wallacy Barbacena Rosa dos Santos - membro titular interno

Prof. Dr. Delvan Alves da Silva - membro titular externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Eliandra Maria Bianchini Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/09/2024 19:59:38.
- Wallacy Barbacena Rosa dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/09/2024 18:43:45.
- Jeferson Correa Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/09/2024 18:37:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/09/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 631695

Código de Autenticação: 02492c93ae



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

LUIZ FELIPE DINIZ ANICETO E SILVA

**MODELOS NÃO LINEARES PARA CURVA DE CRESCIMENTO DE COELHOS
NOVA ZELÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador:
Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro

APROVADA EM:

Documento assinado digitalmente
 **JEFERSON CORREA RIBEIRO**
Data: 24/09/2024 15:12:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jeferson Correa Ribeiro
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **WALLACY BARBACENA ROSA DOS SANTOS**
Data: 25/09/2024 19:53:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Wallacy Barbacena R. dos Santos
(Membro da banca)

Documento assinado digitalmente
 **DELVAN ALVES DA SILVA**
Data: 24/09/2024 21:12:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Delvan Alves da Silva
(Membro da banca)

Documento assinado digitalmente
 **ELIANDRA MARIA BIANCHINI OLIVEIRA**
Data: 26/09/2024 07:25:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^a Eliandra Maria B. Oliveira
(Membro da banca)

DEDICATÓRIA

Para meus pais e meus irmãos, cuja fé inabalável em mim me deu força para seguir em frente,
que tornaram essa jornada mais leve e suportável. Este trabalho é para vocês.
Dedico!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela saúde, determinação e força para não desanimar durante toda a minha graduação.

Aos meus pais Sebastião e Sheila, aos meus irmãos Bárbara e João Pedro por terem me apoiado, incentivado e acreditado nos meus sonhos. Toda a minha família pelo amor incondicional e apoio que contribuiu para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

Um agradecimento especial aos meus colegas que sempre estiveram ao meu lado, principalmente os residentes, onde estivemos juntos durante esses cinco anos e construímos uma família.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, Jeferson Corrêa Ribeiro. Sua orientação exemplar, dedicação constante, apoio inabalável e atenção cuidadosa foram fundamentais para que eu mantivesse o foco durante a minha graduação. A confiança que o senhor depositou em mim, incentivo contínuo e amizade sincera foram cruciais para o meu desenvolvimento acadêmico. Agradeço sinceramente por sua prontidão em ajudar, pelos conselhos valiosos e pelas críticas construtivas. Tenho o maior respeito e admiração pelo senhor.

Quero agradecer também os demais professores, por todos os ensinamentos, paciência e lições que contribuíram para o meu aprendizado. Agradeço ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos e todo o corpo de funcionários pelo suporte, onde me ajudaram bastante nos meus projetos de Iniciação Científica.

Por fim, gostaria de expressar minha profunda gratidão à Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realizar meu estágio e desenvolver meu Trabalho de Conclusão de Curso em uma instituição de tão alta reputação. Um agradecimento especial ao Professor Delvan, que não só aceitou me supervisionar durante o estágio, mas também agora integra a banca do meu TCC.

Minha gratidão também se estende a toda a equipe do Setor de Cunicultura: Aline, Camila, Elísio e Professor Leandro cujas valiosas contribuições foram essenciais para o sucesso desta jornada.

Meu muito obrigado a todos!

RESUMO

SILVA, Luiz Felipe Diniz Aniceto e, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, setembro de 2024. **Modelos não lineares para curva de crescimento de coelhos Nova Zelândia.** Orientador: Jeferson Corrêa Ribeiro.

O objetivo deste estudo foi ajustar diferentes modelos não-lineares já descritos e amplamente testados na literatura, a fim de selecionar o modelo mais adequado para descrever o crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia Branco. Foram utilizados dados de pesagem de 600 coelhos da raça Nova Zelândia Branco, oriundos do programa de melhoramento genético de coelhos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa – MG. As pesagens dos coelhos eram realizadas a cada dez dias, ou seja, peso ao nascimento (PN), peso aos 10 dias (P10), peso aos 20 dias (P20), peso aos 30 dias (P30), peso aos 40 dias (P40), peso aos 50 dias (P50), peso aos 60 dias (P60), peso aos 70 dias (P70), peso aos 80 dias (P80), peso aos 90 dias (P90). Para análise da regressão não linear, foram utilizados os modelos de von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logístico, Richards e Spline. Para avaliação do melhor modelo que melhor se ajustasse aos dados, foram utilizados os avaliadores de Porcentagem de convergência (C%), Coeficiente de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), Erro quadrático médio de predição (MEP), Critério de informação de Akaike (AIC) e Critério bayesiano de Schwarz (BIC). Portanto, o modelo não linear von Bertalanffy se destacou como o mais adequado para descrever o padrão da curva de crescimento da raça Nova Zelândia Branco.

Palavras-chave: análise de crescimento, modelagem estatística, parâmetros, seleção de modelos, spline.

ABSTRACT

SILVA, Luiz Felipe Diniz Aniceto e, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, September 2024. **Nonlinear models for the growth curve of New Zealand rabbits.** Advisor: Jeferson Corrêa Ribeiro.

The aim of this study was to adjust different nonlinear models already described and widely tested in the literature, in order to select the most appropriate model to describe the growth of New Zealand White rabbits. Weight data from 600 New Zealand White rabbits from the rabbit breeding program of the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa - MG were used. The rabbits were weighed every ten days, i.e., birth weight (BW), weight at 10 days (P10), weight at 20 days (P20), weight at 30 days (P30), weight at 40 days (P40), weight at 50 days (P50), weight at 60 days (P60), weight at 70 days (P70), weight at 80 days (P80), and weight at 90 days (P90). For the nonlinear regression analysis, the von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logistic, Richards and Spline models were used. To evaluate the best model that best fit the data, the following evaluators were used: Percentage of convergence, Coefficient of determination, Adjusted coefficient of determination, Mean squared error of prediction, Akaike information criterion and Bayesian Schwarz criterion. Therefore, the von Bertalanffy nonlinear model stood out as the most appropriate to describe the growth curve pattern of the New Zealand White breed.

Keywords: growth analysis, statistical modeling, parameters, model selection, spline.

INDICE

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Cunicultura.....	10
2.2	Raça Nova Zelândia Branco	12
2.3	Crescimento e desenvolvimento animal	12
2.4	Modelos de regressão não-lineares	13
2.5	Avaliadores de Qualidade de Ajustamento	15
2.5.1.	Porcentagem de convergência (C%).....	16
2.5.2.	Coefficiente de determinação (R^2)	16
2.5.3.	Coefficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}).....	16
2.5.4.	Erro quadrático médio de predição (MEP)	17
2.5.5.	Critério de informação de Akaike (AIC)	17
2.5.6.	Critério bayesiano de Schwarz (BIC)	17
2.6	Função Spline	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	Análises estatística	19
3.2	Avaliadores de qualidade de ajuste.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÃO	23
6	REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A cunicultura tem demonstrado um grande potencial, destacando-se pela versatilidade dos coelhos, como animais para produção de carne, pele, pelo e outros subprodutos. Este potencial está ligado ao fato desses animais serem prolíferos, alcançando altas taxas de produção e produtividade, mesmo em espaços reduzidos (MARCIANO et al., 2019).

A cunicultura de corte, é uma atividade promissora e em rápida expansão, mas ainda enfrenta desafios significativos no que diz respeito ao melhoramento genético. Para obter grandes resultados, é importante que produtores e pesquisadores se dediquem ao monitoramento contínuo do plantel. Ao longo de toda a vida do animal, é fundamental coletar dados sobre o crescimento e desenvolvimento dos coelhos para identificar e selecionar aqueles que atingem um maior peso em menos tempo.

O peso corporal é uma característica fenotípica fundamental em programas de melhoramento genético na cunicultura de corte. Hagger e Hofer (1989) destacam que as medidas corporais, como o peso, são de interesse nesses programas por serem relativamente fáceis de obter. No entanto, Long (1973) ressalta que a avaliação do desempenho dos animais não deve se restringir apenas ao ganho de peso, é crucial considerar também a composição corporal, como a proporção de músculo, osso e gordura, para uma avaliação mais abrangente e precisa.

As curvas de crescimento, especialmente aquelas baseadas em modelos não lineares, desempenham um papel fundamental nesse sentido, os resultados que se obtém a partir dessas curvas proporciona entendimentos preciosos para melhorar a eficiência da produção e que satisfazem as exigências do mercado.

Essas curvas são construídas a partir de dados coletados em um mesmo indivíduo ou em grupo, em intervalos regulares ou irregulares, desde o nascimento até a idade adulta (BORGES, 2022). Elas apresentam um formato sigmoide que possui uma fase de aceleração do nascimento até o animal atingir sua puberdade, depois uma fase de inflexão na puberdade e por fim uma fase de inibição depois da puberdade, onde o animal tende a manter seu peso.

Freitas (2005) mostra as várias aplicações das curvas de crescimento na produção, dentre elas pode-se destacar: resumir em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento da população uma vez que alguns parâmetros dos modelos não-lineares utilizados não podem ser interpretados biologicamente; avaliar o perfil de resposta ao longo do tempo; estudar as interações de respostas das subpopulações ou tratamentos com o tempo; identificar em uma população os animais de maior peso com menos idade.

A análise desses parâmetros é essencial para programas de melhoramento genético. Com os modelos já ajustados, tais curvas fornecem estimativas cruciais da idade ideal de abate, isto é, o ponto em que a curva de crescimento médio dos animais atinge sua plenitude, a maturidade (SILVA et al., 2011).

Modelos matemáticos não lineares, que relaciona peso e idade, têm-se mostrado adequados para descrever a curva de crescimento, tais modelos permitem que um conjunto de informações em séries de peso por idade, sejam condensados em um pequeno número de parâmetros, para facilitar a interpretação e o entendimento do fenômeno (OLIVEIRA et al., 2000).

A avaliação dos modelos é feita por meio dos critérios avaliadores de ajustes, que analisam estatisticamente qual o modelo se adequa aos dados biológicos, podendo selecionar aquele de maior acurácia (AMARAL, 2021).

Diversos estudos sobre o crescimento de coelhos têm adotado modelos não lineares (FERREIRA et al., 2019; AMARAL, 2021; CURI; NUNES; CURI, 1985). Entre os modelos mais utilizados estão Brody, von Bertalanffy, Logístico, Richards e Gompertz. Esses modelos são valiosos porque permitem avaliar o crescimento da produção, a velocidade desse crescimento e a forma como esses fatores reagem a diferentes condições ou tratamentos ambientais.

Com base nisso, o objetivo deste estudo é ajustar diferentes modelos não-lineares já descritos e amplamente testados na literatura, a fim de selecionar o modelo mais adequado para descrever o crescimento de coelhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cunicultura

A cunicultura é o ramo da Zootecnia que trata da criação de coelhos. Como atividade pecuária, engloba o conjunto de procedimentos técnicos e práticos necessários para produção de pele, pelo, carne e outros produtos derivados do coelho doméstico (ACBC, 2013 *apud* SOUZA & SILVA, 2022, p. 3).

A origem dos coelhos permanece um enigma para muitos pesquisadores. Sabe-se que o coelho doméstico, cientificamente chamado *Oryctolagus cuniculus*, descende do coelho silvestre europeu (*Lepus cuniculus*). A domesticação ocorreu de uma forma lenta, e estudos apontam que na Idade Média os romanos já mantinham coelhos em cativeiros. Somente no século XIX, foram realizadas as primeiras seleções de coelhos, pesquisadores começaram

a analisar que aqueles animais criados em gaiolas engordavam mais rapidamente do que os criados soltos, isso se deu por conta que a alimentação dos coelhos em gaiolas era preservada, enquanto os coelhos soltos não tinham acesso a uma alimentação diária (FERNANDES, 2009).

O coelho, é um mamífero herbívoro não ruminante provido de ceco funcional, esse órgão é constituído de uma flora microbiana capaz de aproveitar eficientemente alimentos ricos em fibras. O coelho realiza a chamada cecotrofia, que é o ato de ingestão dos cecotrófos, é o bolo alimentar fermentado, maximizando a absorção de nutrientes. Esse processo é muito importante na saúde do animal (MELLO e SILVA, 2012).

O Brasil é um país em desenvolvimento, que reúne excelentes condições para prática da criação de coelhos. Contudo, essa atividade, enfrenta uma série de desafios, questões relacionadas à tecnologia de produção, além da deficiência organizacional na cadeia produtiva e carência de políticas públicas específicas para o setor, resultando em um aumento nos custos de produção (MACHADO & FERREIRA, 2014).

As novas tendências sociais da população estão direcionadas para carnes de alta qualidade, com a utilização de produtos certificados com selo de sustentabilidade, esse movimento tem impulsionado o crescimento do mercado de carne de coelho no Brasil (CRUZ et al.,2020).

Apesar da criação de coelhos ser pouco praticada no Brasil, oferece uma oportunidade promissora para pecuaristas e consumidores. É uma das atividades mais acessíveis, com investimento reduzido e que proporciona lucros satisfatórios. Dentre as várias características da produção de coelho, pode se destacar: rápida adaptação, boa conversão alimentar, não demanda de muita tecnologia, exige pouco espaço, manejo simples, alta prolificidade, sustentável, aproveitamento de subprodutos e baixo consumo de água (MACHADO, 2012).

Diferentemente das grandes produções como bovinos, suínos e aves, o coelho está difundido em pequenas propriedades e até mesmo nos “fundos de quintal”, o que dificulta a contabilidade exata do que é produzido no mundo (FARMFOR, 2019). De acordo com Machado e Ferreira (2014), no Brasil, os dados sobre o número de cabeças e a produção de coelhos são escassos, pouco confiáveis, inconsistentes e de pouca importância para agências regulatórias. De acordo com a Faculdades Associadas de Uberaba (2020), o Brasil é responsável pela produção de aproximadamente 242 mil animais/ ano. Porém, em grande parte desses estabelecimentos, a cunicultura é considerada uma atividade secundária. São raros os estabelecimentos que se dedicam exclusivamente à criação de coelhos, o que, infelizmente

prejudica essa atividade, porque é frequentemente vista apenas como uma forma complementar (MACHADO & FERREIRA, 2014).

Existe uma carência de pesquisas voltadas para o programa de melhoramento genético de coelhos, o que deve à falta de incentivos por parte dos órgãos governamentais, tal situação impacta negativamente a produção de coelhos no país (FERREIRA et al., 2012).

2.2 Raça Nova Zelândia Branco

Essa raça é uma das mais utilizadas para produção de carne e graças a sua rusticidade, alta precocidade e grande prolificidade, é a raça mais criada no mundo (FERNANDES, 2009).

Essa raça possui características, como: pelagem branca; tamanho médio; o pescoço é de difícil visualização por ser tão bem inserido no tronco; os olhos são despigmentados (rosáceos ou vermelhos); orelhas pequenas em relação ao corpo, são carnudas, em formato de “V” e levemente arredondadas nas pontas; possui tronco cilíndrico, com lombo bem desenvolvido; unhas acompanham a cor da pelagem; a cauda tem inserção vertical; os membros nos machos são mais fortes, tendo os quatro posteriores arredondados, com musculatura bem desenvolvida (FERREIRA et al., 2012).

Na figura 1, observa-se um coelho da raça Nova Zelândia Branco.



Figura 1. Coelho Nova Zelândia Branco

Fonte: <https://pethelpful.com/rabbits/Bunny-Breed-Guide-New-Zealand-White-Rabbit>

2.3 Crescimento e desenvolvimento animal

Pode ser definido como o aumento do tamanho, decorrente de mudanças na capacidade funcional de vários órgãos e tecidos do animal, que se desenvolvem desde a concepção até atingirem a maturidade (RODRIGUES et al., 2010).

Estudar o crescimento e desenvolvimento animal é extremamente importante para otimizar a eficiência da produção, uma vez que, ao compreender o ritmo de crescimento dos tecidos e das regiões que compõem a carcaça, torna-se possível determinar com precisão o melhor momento de abate para cada grupo genético, promovendo assim a padronização e aprimorando a qualidade do produto (HASHIMOTO et al., 2012).

Quando uma sequência de pesagens, ou quaisquer medidas de tamanho, são tomadas em um mesmo indivíduo, do nascimento à maturidade, é possível construir uma curva do tamanho corporal em função da idade, que representa todo o processo de crescimento e desenvolvimento animal, e uma das formas de se estudar as curvas de crescimento são através de modelos de regressão não linear (RIBEIRO, 2014). A curva de crescimento tem o formato de curvas sigmoidais que representam o tempo de vida de medidas de dimensão, geralmente altura e peso (MATTOS, 2013).

2.4 Modelos de regressão não-lineares

Os modelos de regressão são utilizados para descrever o comportamento de variáveis de interesse e a relação entre elas, sendo provavelmente, uma das mais utilizadas dentre as metodologias estatísticas. Os modelos não lineares são mais versáteis, em virtude da gama muito maior de funções que permitem levar em conta. São utilizados em várias áreas do conhecimento, como Econometria, química, experimentos agrícolas, área animal, dentre outros (MOURÃO, 2021).

Um modelo é classificado como não linear se pelo menos uma das derivadas parciais da função não linear em relação aos parâmetros depende de pelo menos um dos parâmetros do modelo. Uma das principais características desses modelos é que eles em geral são deduzidos a partir de suposições teóricas e os parâmetros resultantes são interpretáveis (MATTOS, 2013).

Freitas (2005) em seu estudo destaca que, os modelos não lineares são utilizados para representar a curva de crescimento de diversas espécies de produção, tais como coelhos, suínos, bovinos, frangos, codornas, a fim de analisar seu processo desenvolvimento.

Os benefícios do uso desses modelos no melhoramento genético animal seriam a estimação dos parâmetros para as curvas e a identificação dos animais mais apropriados a determinados fins, como maior ganho de peso em uma fase específica da vida, nisso é possível traçar metas seleção (SANTORO et al., 2005).

Dentre as funções não lineares, destaca-se o modelo de Chapman-Richards (RICHARDS, 1959). Esse modelo caracteriza-se por apresentar quatro parâmetros

biologicamente interpretáveis, e por ser uma generalização bem conhecida de outras funções existentes (MAZZINI, 2001), os outros modelos apresentam somente três parâmetros. Uma vantagem desse modelo é que ao contrário dos outros modelos, o modelo de Richards apresenta seu ponto de inflexão ajustável, isso permite que se mude a forma da curva para que ela se enquadre melhor nos dados, tornando o mais preciso (QUINTANILHA, 2021).

O modelo de Gompertz (GOMPERTZ, 1825), é o mais utilizado. Com o intuito de descrever a taxa de mortalidade de seres humanos, ele desenvolveu uma equação não-linear denominada Equação de Gompertz, esse modelo é caracterizado de que a taxa de crescimento é grande no início, mudando rapidamente para um crescimento mais lento (TAVONI; MANCERA; CAMARGO, 2017). Além disso, esse modelo demonstra que, a massa corporal inicial sempre será superior a zero, o que mostra que o animal já nasce com uma certa quantidade de massa (FILHO, 2014). É um modelo bastante utilizado para traduzir o crescimento de animais.

O modelo Logístico proposto por Verhulst (1938) é muito utilizado para modelar o crescimento populacional. Em 1961, Nelder começou a utilizar a função logística em espécies animais descrevendo o crescimento de mamíferos, pelo fato deste modelo apresentar pontos fixos de inflexão (VERAS, 2020).

Na tabela 1, estão alguns modelos não lineares usados em diversas pesquisas que envolvem curvas de crescimento.

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

Modelo não linear	Modelo de Curva de Crescimento	Referência
von Bertalanffy	$y_i = A(1 - b \exp^{-kt_i})^3 + e_i$	VON BERTALANFFY (1957)
Brody	$y_i = A(1 - b \exp^{-kt_i}) + e_i$	BRODY (1945)
Gompertz	$y_i = A \exp^{(-\exp(b - kt_i))} + e_i$	GOMPERTZ & PHILOS (1825)
Logístico	$y_i = \frac{A}{(1 + \exp^{(b - kt_i)})} + e_i$	RATKOWSKI (1983)
Richards	$y_i = \frac{A}{(1 + \exp^{(b - kt_i)})^m} + e_i$	RICHARDS (1959)
Schnute	$y_i = \frac{A}{(1 + m \cdot \exp^{(b - kt_i)})^m} + e_i$	SCHNUTE (1981)

Mitscherlich	$y_i = A(1 - \exp^{-(k_i t)}) + e_i$	MITSCHERLICH (1919)
Meloun I	$y_i = A - b \cdot \exp^{(-k_i t)} + e_i$	MELOUN & MILITKY (1996)
Meloun II	$y_i = A - b \cdot \exp^{(-k_i t)} + e_i$	MELOUN & MILITKY (1996)
Michaelis-Menten	$y_i = \frac{A t_i}{t_i + b} + e_i$	MICHAELIS & MENTEN (1913)
Michaelis-Menten modificado	$y_i = \frac{b k^m + A t_i^m}{k^m + t_i^m} + e_i$	LOPEZ et al. (2000)
Weibull	$y_i = A - b \cdot \exp^{-\exp^k t_i^m} + e_i$	RATKOWSKI (1983)

Fonte: Ribeiro (2014)

De acordo com FREITAS (2005), o parâmetro A é uma estimativa do peso assintótico (peso adulto) ou o peso limite, se $t \rightarrow \infty$; quando o peso adulto do animal não é atingido, A reflete uma estimativa do peso às últimas pesagens. O parâmetro b não possui interpretação biológica, porém é uma constante de integração, relacionado aos pesos iniciais do animal, indicando a proporção do crescimento assintótico a ser ganho depois do nascimento. A sua importância está na modelagem da curva sigmoideal desde o nascimento ($t = 0$) até a idade adulta $t \rightarrow \infty$ do animal. O parâmetro K ou índice de maturidade é a razão da taxa de crescimento máxima em relação ao tamanho adulto, ou seja, em outras palavras K é um indicador da velocidade com que o animal se aproxima do peso adulto, onde valores altos indicam maturidade precoce e valores baixos, maturidade retardada. O parâmetro m dá forma à curva e está presente em alguns modelos sendo denominado parâmetro de inflexão (nos modelos que não contêm o parâmetro m, assume-se que m tem valor igual a 1). Esse parâmetro refere-se ao ponto em que o animal passa para uma fase de auto inibição, indicando o ponto a partir do qual passa a crescer com menor velocidade. Na fase em que ocorre a mudança na taxa de crescimento, chamado ponto de inflexão, o crescimento é essencialmente linear e a sua estimativa pode estar mais influenciada pelas propriedades da equação específica escolhida para ajustar os dados do que propriamente pelo fenótipo do animal (FITZHUGH, 1976).

2.5 Avaliadores de Qualidade de Ajustamento

Na literatura, são encontrados diferentes modelos de regressão não-linear. No entanto, a escolha do modelo mais apropriado para descrever o crescimento corporal é orientada pelos avaliadores de qualidade de ajuste (SILVEIRA et al., 2012).

A escolha do melhor modelo não é uma tarefa simples, visto que são propostos diferentes avaliadores de qualidade de ajuste na literatura, e cada um preconiza determinada característica. Isso resulta no cenário que um modelo apresenta bom desempenho em um critério, enquanto insatisfatório em outro (SILVEIRA et al., 2011).

Grande parte dos trabalhos onde há a comparação de modelos, utilizam somente o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio padrão residual como avaliadores da qualidade de ajuste (SILVA, 2010).

Existem vários avaliadores para julgar um modelo, então ao se considerar um número maior de avaliadores, mas precisa é a indicação dos melhores modelos. Dentre esses avaliadores pode ser destacar:

2.5.1. Porcentagem de convergência (C%)

Modelos que possuem maiores valores de porcentagem de convergência são capazes de se ajustarem aos dados de cada animal individualmente (RIBEIRO, 2014).

Segundo Silveira (2010), a porcentagem de convergência é utilizada verificar o quanto um modelo é capaz de se ajustar aos dados, ou seja, pode-se observar por meio da porcentagem de ajuste qual modelo que possui maior facilidade de se convergir.

2.5.2. Coeficiente de determinação (R^2)

De acordo com Ribeiro (2014), para o coeficiente de determinação ou R^2 , descreve a proporção da variação total de uma variável observada y , que é explicada pela variação de outra variável estimada \hat{y} , representado por:

$$R^2 = (r_{y,\hat{y}})^2$$

quanto maior o valor de R^2 , maior é a correlação do valor estimado com o valor observado.

2.5.3. Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj})

É aplicado para comparar a qualidade dos modelos usando o coeficiente de determinação (R^2) com diferentes números de parâmetros e/ou diferentes observações (n), é dada pela fórmula. A fórmula desse critério é dada por:

$$R^2_{aj} = R^2 - \left(\frac{p-1}{n-p} \right) (1 - R^2)$$

no qual p é o número de parâmetros na função, incluindo o intercepto. Da mesma maneira como o R^2 , modelos que possuem maiores valores para R^2_{aj} indicam que possuem um melhor ajustamento do mesmo aos dados.

2.5.4. Erro quadrático médio de predição (MEP)

Este é um dos critérios mais eficientes para se testar a qualidade de um modelo de regressão (CHROBOK et al., 2004). Para esse avaliador, menores valores de MEP indicam melhores ajustes pelo modelo aos dados. Esse modelo é representado pela fórmula:

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

em que n é o número de observações, \hat{y} representa os valores estimados considerando valores dos parâmetros provenientes de um ajuste sem a presença da observação i .

2.5.5. Critério de informação de Akaike (AIC)

O melhor modelo escolhido é aquele que apresenta o menor valor de AIC (MUIANGA et al., 2016).

Sua expressão é dada por:

$$AIC = -2\loglike + 2p$$

em que p é o número de parâmetros e \loglike o valor do logaritmo da função de verossimilhança considerando as estimativas dos parâmetros.

2.5.6. Critério bayesiano de Schwarz (BIC)

É definido como a estatística que maximiza a probabilidade de se identificar o modelo mais adequado dentre os avaliados. Quanto menor o valor do critério de informação, melhor será o modelo (MUIANGA et al., 2016).

Sua fórmula é dada por:

$$BIC = -2\loglike + p \ln(n)$$

em que n é o número de observações utilizadas para ajustar a curva. O critério bayesiano de Schwarz segue a mesma linha de raciocínio do AIC, pois penaliza modelos com maior grau de parametrização, e por isso, quanto menor for o valor de BIC (SCHWARZ, 1978), melhor será o ajuste do modelo.

2.6 Função Spline

As funções splines ou regressão segmentado, são empregadas em diversos trabalhos, distribuídos em várias áreas do conhecimento. É um modelo não linear utilizado quando se busca fidelidade ao objeto modelado, podendo preservar muitas propriedades matemáticas e geométricas das curvas e superfícies (VIEIRA, 2013).

No passado, para a construção de curvas suaves como o fundo de um navio ou a fuselagem de um avião, eram usadas barras longas, de material flexível que permitiam a formação de várias curvas ao longo da sua estrutura. Como auxílio, eram fixados pesos (ou nós) na porção longitudinal dessas barras, aplicando tensões capazes de manter a curvatura. O interessante desse processo é que, com o uso dos pesos ou nós, é possível flexionar as barras de forma que, a mesma, passe em pontos de interesse. Esse processo era conhecido como lofting (soteamento) e foi a base para o desenvolvimento da ideia de funções splines.

É uma técnica de modelagem bastante flexível para identificar a forma funcional da variável regressora com a resposta. Nada mais é que funções polinomiais segmentadas, unidas por pontos de corte denominados de nós. A vantagem é a facilidade convergência e manipulação, sendo úteis quando um polinômio de grau baixo não se ajusta aos dados e quando se trata de dados biológicos cuja natureza é oscilatória (SILVA et al., 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados de pesagem de 600 coelhos da raça Nova Zelândia Branco, oriundos do programa de melhoramento genético de coelhos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa – MG.

Os coelhos eram alojados em gaiolas de arame galvanizado, com dimensões de 80 cm de comprimento, 60 cm de largura e 30 cm de altura. Durante a fase inicial, que vai do nascimento até os 30 dias (desmame), os filhotes tinham acesso apenas ao leite materno. A partir do 30º dia, os animais foram desmamados e transferidos para o galpão de recria, onde tinham acesso à vontade a ração peletizada com 12% proteína bruta.

A pesagem dos coelhos foi realizada a cada dez dias, ou seja, peso ao nascimento (PN), peso aos 10 dias (P10), peso aos 20 dias (P20), peso aos 30 dias (P30), peso aos 40 dias (P40), peso aos 50 dias (P50), peso aos 60 dias (P60), peso aos 70 dias (P70), peso aos 80 dias (P80), peso aos 90 dias (P90).

A aferição do peso foi realizada em dois tipos de balanças. Os pesos PN, o P10, o P20 e o P30 foram aferidos em balanças de precisão de 0,01g, da marca BEL. As demais pesagens foram feitas em balanças digitais com precisão de 50g, da marca UPX Blue One.

Todos os pesos coletados foram registrados e organizados em planilhas do Excel. Para acompanhar a evolução do plantel e, realizar a seleção dos animais, selecionando aqueles com ganhos de peso superiores.

3.1 Análises estatística

Inicialmente, foram eliminados os indivíduos que não possuíam todos os registros de peso, além de dados discrepantes. Para análise da regressão não linear, foram utilizados os modelos de von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logístico e Richards e Spline com um nó aos 80 dias. A grande vantagem dos modelos não lineares é a possibilidade do estudo da curva de crescimento a partir de três ou quatro parâmetro (MONTES, 2023).

Para a obtenção das estimativas dos parâmetros de cada modelo não linear, avaliadores da qualidade de ajuste e teste de identidade de modelos, utilizou-se o método Marquardt cujas soluções foram obtidas por meio do processo iterativo de Gauss-Newton, com o uso do procedimento PROC MODEL do programa estatístico SAS STUDIO (2022).

3.2 Avaliadores de qualidade de ajuste

Para avaliação do modelo que mais se ajustasse aos dados, foram utilizados os avaliadores de Porcentagem de convergência (C%), Coeficiente de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), Erro quadrático médio de predição (MEP), Critério de informação de Akaike (AIC) e Critério bayesiano de Schwarz (BIC).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 mostra as médias de peso dos coelhos de acordo com os dias da pesagem. Nela está incluída também o desvio padrão, o coeficiente de variação, valor mínimo e o valor máximo. É sabido que quanto mais próximo de 0 o desvio padrão mais uniforme estão os dados, ou seja, mais próximo da média. Quanto mais distante de 0 maior variação entre os dados.

Tabela 2 - Média de pesos do nascimento até 90 dias de vida de coelhos da raça Nova Zelândia Branco.

Variáveis	Média (g)	Desvio Padrão	CV	Valor Mínimo (g)	Valor Máximo (g)
PN	54,313	9,35	580,85	31,0	97,6
P10	178,669	43,39	411,78	72,2	366,7
P20	337,187	85,70	393,43	120,0	726,1
P30	667,420	152,28	436,66	266,0	1230,0
P40	935,090	172,11	543,30	342,0	1632,0
P50	1231,523	202,55	607,99	546,0	1876,0
P60	15737,31	223,20	688,80	826,0	2163,7
P70	1796,628	237,65	755,98	982,0	2500,0
P80	2103,727	261,92	803,19	1167,0	2850,0
P90	2331,052	287,82	809,89	1222,0	3150,0

CV = coeficiente de variação; PN = peso ao nascimento; P10 = peso aos dez dias; P20 = peso aos 20 dias; P30 = peso aos 30 dias; P40 = peso aos 40 dias; P50 = peso aos 50 dias; P60 = peso aos 60 dias; P70 = peso aos 70 dias; P80 = peso aos 80 dias; P90 = peso aos 90 dias.

Stulp e Quadros (2013), conduziram um experimento com 32 coelhos, no período dos 20 aos 200 dias de idade. Eles observaram que a média do peso dos coelhos foi de 0,43 kg no 20º dia, 0,56kg no 30º dia, 2,18kg no 80º dia e 2,60kg no 90º dia. Esses valores médios indicam os resultados encontrados estão harmonizados com outros estudos.

Os resultados obtidos são superiores aos aferidos por Paula et al. (2000) que trabalhando com 3.249 coelhos da raça Califórnia, obtiveram uma média de peso à desmama de 542,12g. Neste trabalho foi obtido o peso à desmama (30 dias) de 667,420g. Pimentel et al (2013), alcançaram resultados aos 55 dias de 1455,71g e as 75 dias 2098,86g, valores esses superiores.

Os critérios utilizados para avaliar qual modelo descreveu melhor a curva média de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios dos avaliadores da qualidade de ajuste para coelhos Nova Zelândia Branco.

Modelo	R²	R²_{aj}	MEP	C%	AIC	BIC
Gompertz	0,9960	0,9939	106,9899	100,0000	108,7500	109,6578
Brody	0,9892	0,9838	289,3214	16,0000	121,0802	121,9880
von Bertalanffy	0,9964	0,9945	95,9411	99,8333	107,8346	108,7424
Richards	0,9847	0,9771	410,7861	24,1667	109,3417	110,2495
Logístico	0,9926	0,9889	203,7457	100,0000	116,8244	117,7322
Spline	0,9876	0,9814	326,2948	100,0000	122,8277	123,7355

R²= coeficiente de determinação; R²_{aj}= coeficiente de determinação ajustado; MEP= erro quadrático médio de predição; C%= porcentagem de convergência; AIC= critério de informação Akaike; BIC= critério bayesiano de Schwarz;

É preferível que uma maior porcentagem de convergência, bem como valores mais elevados do coeficiente de determinação e do coeficiente de determinação ajustado, indiquem um melhor ajuste do modelo aos dados. Esses critérios permitem avaliar a capacidade do modelo em descrever a curva de crescimento dos animais. Além disso, quanto menores forem os índices de erro quadrático médio de predição, o critério de informação de Akaike (AIC), o critério bayesiano de Schwarz (BIC), mais ajustável é considerado o modelo.

Os modelos de Brody e Richards mostraram valores de convergência muito baixos, tornando-os inadequados para descrever a curva de crescimento dos coelhos da raça Nova Zelândia Branco. Devido ao seu baixo desempenho, esses dois modelos foram descartados. Em contraste, os modelos de Gompertz e von Bertalanffy apresentaram os melhores resultados, com os maiores valores de R² e R²_{aj} ajustado e os menores valores de MEP, AIC e BIC. Esses modelos também se destacaram entre todos os avaliadores utilizados no estudo. O modelo de Gompertz atingiu uma taxa de convergência de 100%, enquanto o modelo de von Bertalanffy apresentou uma taxa de convergência próxima de 100%. Por outro lado, o modelo Logístico apresentou valores semelhantes aos dos modelos Gompertz e von Bertalanffy em R², R²_{aj} ajustado, convergência, AIC e BIC, mas teve um valor elevado para MEP.

A função Spline mostrou uma convergência de 100%. A principal desvantagem foi o valor elevado de MEP. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de ter somente um nó aos 80 dias, seria interessante colocar um nó no 20º dia e isso ajudaria a modelar melhor os dados.

Ferreira et al. (2019) realizaram uma análise comparativa dos modelos de Gompertz, Logístico e von Bertalanffy para estimar a curva de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia Branco. Os autores concluíram que todos os modelos são adequados para descrever

o crescimento dessa raça, mas destacaram o modelo Logístico como o mais apropriado devido à sua capacidade superior de ajuste aos dados observados e melhor previsão do crescimento ao longo do tempo.

Stulp e Quadros (2013) ajustaram os modelos Logístico, Quadrático e von Bertalanffy às curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia Branco, abrangendo idades de 20 a 200 dias. Os autores observaram que todos os três modelos foram satisfatórios na descrição do crescimento dos indivíduos. No entanto, o modelo de von Bertalanffy se destacou estatisticamente como o mais preciso em comparação com os demais.

Ao avaliar os modelos de Gompertz, Richards, Logístico, Brody e von Bertalanffy para ajustar curvas de crescimento em várias espécies animais, incluindo coelhos. O estudo revelou que os coelhos foram a espécie mais desafiadora para modelar. Entre os modelos testados, apenas os modelos Logístico e von Bertalanffy foram adequados para estimar o crescimento dos coelhos. O modelo von Bertalanffy mostrou desempenho inferior ao modelo Logístico nas fases intermediárias e finais, embora ambos tenham apresentado comportamentos semelhantes (FREITAS, 2005).

Curi, Nunes e Curi (1985), determinaram que o modelo de Gompertz, foi o modelo que melhor representou o ajuste ao crescimento para diferentes raças de coelho. Teleken, Robazza e Galvão (2017) concluíram que o modelo de von Bertalanffy se mostrou adequado para o ajuste dos modelos não lineares em dados de coelhos da raça Nova Zelândia Branco.

A figura 2 ilustra a comparação entre os pesos reais/observados dos animais e os pesos estimados pelos modelos não lineares ao longo do tempo (dias). No gráfico, a variável y representa os pesos, enquanto a variável x mostra o tempo. Ao analisar o gráfico, ele mostra como cada modelo se comporta em relação aos dados reais, mostrando as diferenças entre os pesos que os modelos estimaram e os valores reais. Comparando os pesos, isso permite concluir a precisão de cada modelo na previsão do crescimento dos coelhos.

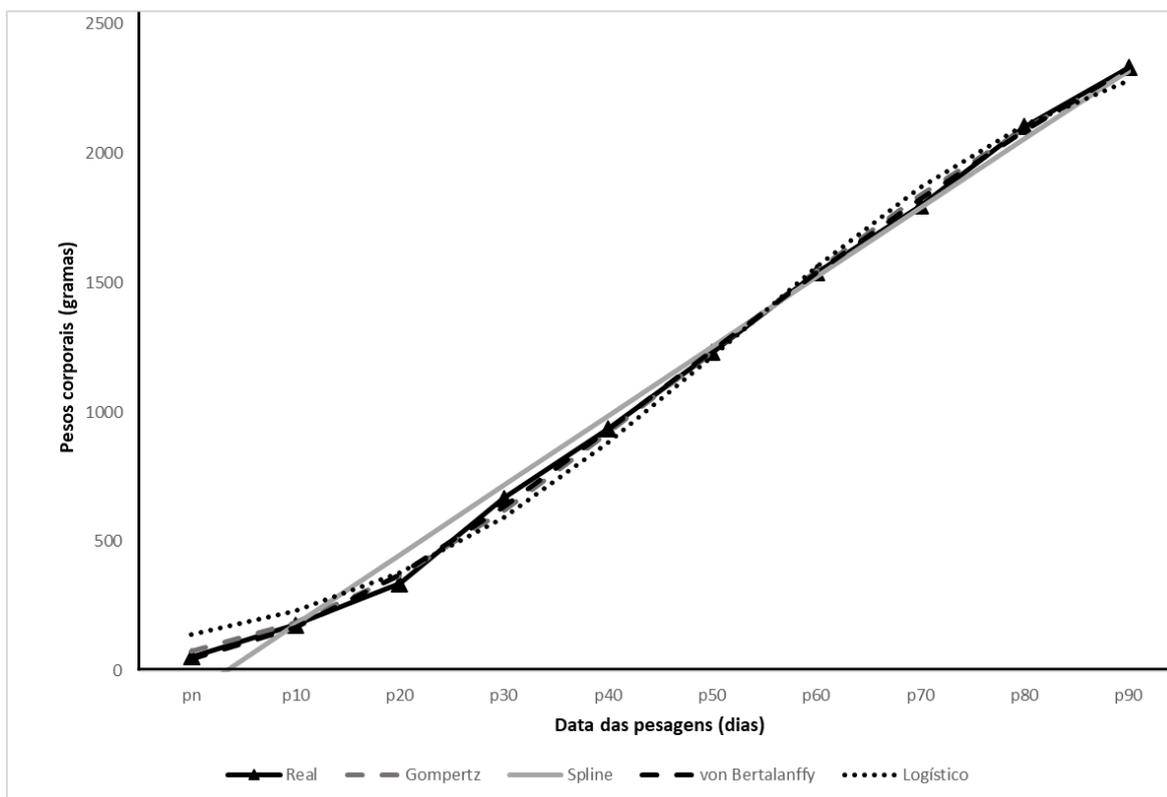


Figura 2. Comparação entre pesos reais e os pesos estimados ao longo do tempo.

5 CONCLUSÃO

Portanto, o modelo não linear von Bertalanffy se destacou como o mais adequado para descrever o padrão da curva de crescimento da raça Nova Zelândia Branco.

6 REFERÊNCIAS

AMARAL, L. S. do. **Ajuste de modelos não lineares ao crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia**. Orientador: Guilherme Rocha Moreira. 2021. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Recife, 2021. Disponível em: http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_final_lucas_silva_do_amaral.pdf. Acesso em: 26/04/2024.

BORGES, M. C. R. **Utilização de modelos não lineares para a avaliação de curva de crescimento em ovinos**. 2022. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/34531/3/Utiliza%c3%a7%c3%a3oModelosLineares.pdf>. Acesso: 25/04/2024.

CHROBOK, V.; MELOUN, M.; SIMÁKOVÁ, E. **Descriptive growth model of the height of stapes in the fetus: a histopathological study of the temporal bone**. European Archives of OtoRhino-Laryngology, 261, p.25-29, 2004.

CRUZ, G. F. L. et al. Características de carcaça e qualidade da carne de coelhos da raça Lionhead. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7887>. Acesso em 28/02/2024.

CUNICULTURA – maiores produtores mundiais de carne de coelho. **FARMFOR**. 10 de abril de 2019. Disponível em: <https://www.farmfor.com.br/posts/cunicultura-maiores-produtores-mundiais-de-carne-de-coelho/>. Acesso em: 25/02/2024.

CURI, P. R. et al. Modelos Matemáticos para estimar o peso de coelhos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 20(7): 853-863, julho, 1985. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15879/9959>. Acesso em: 25/04/2024.

FAZU. Criação de coelhos apresenta baixo investimento e rápido retorno financeiro. **G1**, 24 de nov. de 2020.

FERNANDES, A. R. G. **Projecto para instalação de uma cunicultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica). Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. P.79. 2009. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/1647?locale=pt_PT. Acesso em: 26/04/2024.

FERREIRA, D. S. A. et al. **Novo modelo não linear para descreve curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia**. *Sigmae*, Alfenas, v.8, n.2, p. 522-531, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/1011/671>. Acesso em: 26/04/2024.

FERREIRA, W. M. et al. **Manual Prático de Cunicultura**. Bambuí: Ed. Do Autor, 2012. Disponível em: <https://acbc.org.br/site/index.php/material-disponivel/manual-pratico>. Acesso em: 27/04/2024

FILHO, O. G. C. **Curva de crescimento de frangos caipiras submetidos a diferentes níveis de lisina digestível**. 2014. 59f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

FITZHUGH Jr., H.A.; Analysis of Growth Curves and Strategies for Altering Their Shape. **Journal of Animal Science**, v.42 p.1036-1051, 1976.

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

<https://www.scielo.br/j/rbz/a/rHfSnXSdtRdPcDqYwVxTwsF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26/04/2024.

GOMPERTZ, B.; PHILOS, T.; **On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies**, Royal Society London, v.115, p.513–585, 1825.

HAGGER, C.; HOFER, A. Phenotypic and genetic relationships between wither height, heart girth and milk yield in Swiss Braunvieh and Simmental breeds. *Livest. Production Science*, v.23, pp.79-96, 1989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301622691901471>.

HASHIMOTO, J. H., OSÓRIO, J. C. S., OSÓRIO, M. T. M., BONACINA, M. S., & LEHMEN, R. I. P. (2012). Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(2), 438–448.

LONG, R.L.; **El sistema de evaluación de Ankony y su aplicación en la mejora del ganado**. Colorado. Ankony Corporation, 20p. 1973.

MACHADO, L. C. Opinião: Panorama da cunicultura Brasileira. *Revista Brasileira de Cunicultura*, v.2, n. 1, p. 1-17, setembro de 2012. – Disponível em: http://www.rbc.acbc.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=71. Acesso em: 27/02/2024

MACHADO, L. C., FERREIRA, W. M. Opinião: Organização e estratégias da cunicultura. *Revista Brasileira de Cunicultura*, v. 6, n.1, Setembro de 2014 – Disponível em <http://www.rbc.acbc.org.br/artigo/artigos-de-revisao-bibliografica/opiniao-organizacao-e-estrategias-dacunicultura-brasileira-buscando-solucoes>. Acesso em: 24/02/2024.

MARCIANO, L. E. A. et al. Desempenho de coelhos alimentados com farinha de *Tenebrio molitor*. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.6, n.1. p. 042-049. 2019. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/195/169>. Acesso em: 26/04/2024.

MELLO, Hélcio Vaz de; SILVA, José Francisco da. **Criação de Coelhos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2012.

MATTOS, T. do B. **Modelos Não Lineares e Suas Aplicações**. Juiz de Fora, 2013. 59 p. Monografia – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2013. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/cursoestatistica/files/2014/04/Modelos-N%C3%A3o-Lineares-e-suas-Aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 26/04/2026.

MAZZINI, A. R. A. **Análise da curva de crescimento de machos Hereford considerando heterogeneidade de variâncias e autocorrelação dos erros**. 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MONTES, Bárbara Costa. **Regressão não linear em curva de crescimento de *coturnix coturnix***. Trabalho de Conclusão de Curso. Morrinhos, 2023. 24 p. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3560/1/TC_Barbara_Costa_Montes_.pdf.

Acesso em: 24/08/2024.

MOURÃO, G. L. F. **Uso de Modelos de Regressão Não-Linear em Dados de Leite Materno**. Ouro Preto. 53 p. Monografia - Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2021. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3244/6/MONOGRRAFIA_UsoModelosRegres%03%A3o.pdf. Acesso em: 27/04/2024.

MUIANGA, C. A. et al.; Descrição da curva de crescimento de frutos do cajueiro por modelos não lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 022-032, fevereiro 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/GTQ3pX9q38ZpZv47LQvzdbm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24/08/2017.

PAULA, M.G.; FERRAZ, J.B.S; ELER, J. P. Parâmetros genéticos para coelhos da raça Califórnia criados no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Outubro 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/5F6FLNPdj6y6Sqnr8KCWqj/#>. Acesso em: 02/09/2024

PIMENTEL F. E. et al. Ganho de peso de coelhos de diferentes grupos genéticos. In: Semana de Ciência e Tecnologia IFMG Campus – Bambuí, 6, Bambuí, 2013. **Anais....2013**. CD ROM. Disponível em: https://www.bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2014/resumos/Zootecnia/Peso%20m%C3%A9dio%20de%20coelhos%20puros%20Nova%20Zel%C3%A2ndia%20Branco.pdf. Acesso em: 02 set. 2024.

RIBEIRO, J.C. **Identidade de modelos não lineares e regressão aleatória para o estudo da curva de crescimento de codornas de corte em diferentes gerações de seleção**. 2014. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Acesso em: 24/04/2026.

RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.10, p.290-300, 1959.

RODRIGUES, E. et al. Crescimento dos tecidos muscular e adiposo de fêmeas bovinas de diferentes grupos genéticos no modelo biológico superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.625-632, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/Y9GCrFQTLFxQQtByBJcx9RH/?format=pdf>. Acesso em: 28/04/2024.

SANTORO, K. R. et al. Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de bovinos zebu, criados no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 06, p. 2262-2279, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/G7kbPqtfbXPmCbQ8jnrwS7D/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26/04/2024.

SCHWARZ, G.E.; Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, v.6, n.2, p. 461–464, 1978.

SILVA, B. G. da. et al. Interpolação por splines aplicada a dados longitudinais. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 7, n. 1, 2020. Disponível em: <https://proceedings.sbmac.emnuvens.com.br/sbmac/article/view/3048/3081>. Acesso em: 26/04/2024.

SILVA, F. de L. et al. Curvas de Crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.262-271, mar. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60137/1/PROCI-2011.00322.pdf>. Acesso: 26/04/2024.

SILVEIRA, F. G. et al. Análise de agrupamento na seleção de modelos de regressão não-lineares para curvas de crescimento de ovinos cruzados. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 692-698, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/F4jJ8mSsjXxXkvgQXj3y48q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27/04/2024.

SILVEIRA, F. G. da. et al. Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n.1, p.62-73 jan/mar, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/VQC3xqMrLj6r598YH9c7BFP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27/04/2024.

SILVEIRA, F.G. **Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte**. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, Júlia Franco de e SILVA, Janaina Silveira da. **Cunicultura: uma alternativa rentável para pequenos produtores? O papel da zootecnia no cenário mundial**. Tradução. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9786587023229>. Acesso em: 27 fev. 2024.

STULP, C; QUADROS, R. G; **Curvas de crescimento aplicado a criação de coelhos**. XXIII Congresso de Iniciação Científica. Universidade Federal de Pelotas. 2013. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2013/CA_00799.pdf. Acesso em: 25/08/2024.

TAVONI, R.; MANCERA, P. F. A.; CAMARGO, R. de F.; Modelos Classicos e Fracionários de Gompertz e Bertalanffy. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**, Vol. 5, N. 1, 2017. Disponível em: <https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/1239/1254>. Acesso em: 25/08/2024.

TELEKEN, J. T.; GALVÃO, A. C.; ROBAZZA, W. S. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. **Animal Science**. Maringá, v. 39, n. 1, p. 73-81, Jan.-Mar., 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313474099_Comparing_nonlinear_mathematical_models_to_describe_growth_of_different_animals. Acesso em: 29/08/2024.

OLIVEIRA, H. N. de. Et al. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1843-1851, set. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/BKztSsMG6QbBQtz9jffqj/?format=pdf>. Acesso: 26/04/2024.

QUINTANILHA, C. M. **Aplicação prática de modelos de crescimento para frangos de corte e suas partes**. 2021. 57 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/1b387a5f-3057-46b9-99d0-c775e5cc5256/content>.

VERAS, A. G. **Desenvolvimento ósseo em poedeiras comerciais nas fases de cria e recria**. 2020. 121 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

VIEIRA, M. E. de S. **Análise de árvores individuais de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. através da função spline**. 2013. 58 f. Monografia (Curso de Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/266/Viera_Maria_Eliana_de_Souza.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 26/04/2024.