



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

JONATHAS MEDEIROS DE ALMEIDA

**SELEÇÃO DE MODELOS NÃO-LINEARES NA DESCRIÇÃO DO
CRESCIMENTO PONDERAL DE BOVINOS JERSEY**

São João Del-Rei – MG

2021

JONATHAS MEDEIROS DE ALMEIDA

**SELEÇÃO DE MODELOS NÃO-LINEARES NA DESCRIÇÃO DO
CRESCIMENTO PONDERAL DE BOVINOS JERSEY**

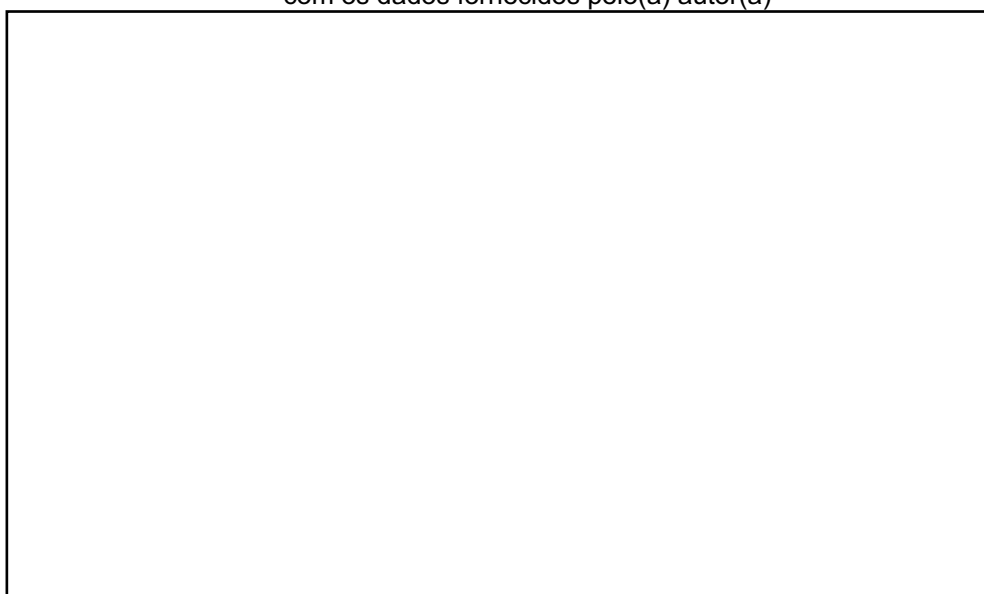
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Bacharelado em Biotecnologia da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Dom Bosco, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

Orientador (a): Prof. Dra. Ana Paula Madureira

São João Del-Rei – MG

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB) e
Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)



JONATHAS MEDEIROS DE ALMEIDA

**SELEÇÃO DE MODELOS NÃO-LINEARES NA DESCRIÇÃO DO
CRESCIMENTO PONDERAL DE BOVINOS JERSEY**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Bacharelado em Biotecnologia da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Dom Bosco, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

São João Del-Rei, 14 de dezembro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ivan Carlos Santos – UFSJ

Danielle Storino de Freitas – Doutorado UFSJ

Prof. Dra. Ana Paula Madureira
Orientador (a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo apoio até aqui, eu sei que não foi fácil e serei eternamente grato. Agradeço a minha orientadora Ana Paula que me socorreu nas minhas horas de desespero e me ajudou a concluir tudo no meio de uma pandemia. Agradeço também ao meu namorado Anthony que sempre esteve ao meu lado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	3
METODOLOGIA.....	5
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
CONCLUSÃO.....	12
REFERÊNCIAS.....	13

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi selecionar o melhor modelo não-linear entre Brody, Logístico e Gompertz, para descrever o crescimento ponderal de bovinos Jersey. Foram coletados dados de peso-idade, de março de 2019 a outubro de 2021, da Fazenda DuJAPA localizada no município de Coronel Xavier Chaves, Estado de Minas Gerais. Analisou-se 317 dados, de 1 a 2460 dias de idade. Para definição do melhor método foram avaliados o coeficiente de determinação (R^2) e o Quadrado Médio do Resíduo (QMR) em relação ao peso e idade. Comparando os ajustes dos modelos analisados e o peso coletados, o modelo Logístico obteve melhor ajuste ($R^2 > 99\%$) e menor QMR. Portanto, o modelo Logístico foi o melhor ajustado aos dados coletados sendo, portanto, o modelo não-linear mais indicado para estimar o crescimento de bovinos Jersey.

Palavras-chaves: curva de crescimento, modelos não lineares, Jersey, logístico, Gompertz.

INTRODUÇÃO

Os bovinos da raça Jersey são originários da Ilha de Jersey, localizada no Canal da Mancha, próximo do norte da França, primeiros registros datam de 1771. Já no século XIX, o leite produzido pela Jersey era considerado um alimento rico e excelente para a produção de manteiga, o que chamava atenção de produtores do mundo todo (HUSON, 2020). A porcentagem média de sólidos no leite das vacas Jersey é superior se comparada aos outros bovinos, com percentual médio de gordura entre 5 a 5,5%, podendo chegar a 7% e a média de proteína de 3,78%. O intenso crescimento das últimas décadas fez com que o Brasil alcançasse a posição de terceiro maior produtor mundial de leite em 2018, com quase 34 bilhões de litros (FAO,2019). A Associação Brasileira das Indústrias de Queijo prevê um crescimento de 10% no consumo de queijos em relação aos dados obtidos em 2018 (ABIQ, 2019). Com o aumento da produção, do consumo e da qualidade do leite, Jersey é a raça escolhida entre muitos produtores de Queijo Minas Artesanal.

De acordo com Ferreira (2007), houve um crescimento de 20 bilhões de litros entre os anos de 1960 e 2005, apesar disso, ainda há muito o que fazer para aumentar a produção e a produtividade do rebanho leiteiro nacional. O entendimento do crescimento e do desenvolvimento animal são tecnologias que permitem auxiliar no manejo de nutrição, reprodução e sanidade, a fim de orientar no melhoramento genético animal. Um dos critérios de seleção muito utilizados em programas de melhoramento genético são as curvas de crescimento, que representam a trajetória do peso em relação ao tempo (FREITAS, 2005; AFONSO et al., 2009; FITZHUGH, 1976; KEELE et al., 1992; WILLIAMS et al., 1992).

As curvas de crescimento podem ser ajustadas por meio de modelos não-lineares, onde os parâmetros que descrevem o desenvolvimento animal são resumidos em um menor número e interpretados biologicamente (FITZHUGH, 1976; MANSOUR, 1991; FREITAS, 2005). Vários pesquisadores criaram modelos que são empregados em diferentes crescimentos, podendo ser citados para o desenvolvimento animal o Brody (Brody, 1945), o Logístico (Nelder, 1961) e o Gompertz (Laird, 1965). Para a escolha do melhor modelo é avaliado o coeficiente de determinação (R^2), menor soma dos quadrados residuais e o número de iterações (PEROTTO, 1992; BROWN, 1976; FITZHUGH, 1976). Os objetivos neste trabalho foram ajustar os dados de peso e idade de bovinos da raça Jersey a modelos não-lineares tradicionalmente usados na produção animal, Brody, Gompertz e Logístico, e avaliar o ajuste

dos modelos com base no R^2 e QMR, a fim de definir o mais adequado para estimar o crescimento ponderal na espécie estudada.

METODOLOGIA

Local de registro de dados e manejo dos animais

O estudo foi realizado na fazenda DuJAPA, propriedade localizada no município de Coronel Xavier Chaves, Estado de Minas Gerais (-21.04127965816664, -44.19418741376507). Os bezerros permaneciam com as mães nas primeiras 24 horas e ingeriam colostro *ad libitum*. Após esse período são levados para o bezerreiro e são alimentados com amamentação natural antes da ordenha da manhã e a tarde. As vacas adultas eram manejadas com pastagem rotativa de capim *Braquiaria brizantha* na época das águas e com suplementação de silagem de milho na época das secas; recebendo concentrado no cocho no momento da ordenha de acordo com sua produtividade.

Registro de dados e de animais do experimento

Os dados de peso e idade são oriundos de fêmeas da raça Jersey nascidas entre os anos de 2014 e 2021. As pesagens anteriores a 2019 foram realizadas pela proprietária da Fazenda; a partir de março de 2019 a outubro de 2021 foram realizadas pesagens a cada 30 dias e obteve-se com isso um total de 317 registros de peso de fêmeas da raça Jersey de 0 a 2460 dias de idade. Pesos de vacas no último terço da gestação foram descartados, pois o peso fetal altera significativamente o peso do animal. As pesagens fazem parte da rotina da fazenda, não sendo causado estresse, nem administração de substâncias. Portanto, não foi necessário a submissão de protocolo à CEUA.

Metodologia estatística

Os 317 dados foram analisados pelo pacote estatístico SAS-Studio 3.1 (2014) utilizando o procedimento NLIN e o método de Gauss Newton, foram analisados os três modelos citados abaixo com as respectivas determinações:

$$\text{Modelo Brody: } y = A (1 - B^{-kt})^3$$

$$\text{Modelo Logístico: } y = \frac{1}{A (1+B^{-kt})}$$

$$\text{Modelo de Gompertz: } y = A^{-B^{-kt}}$$

Em que y = peso observado na idade t ; t = tempo (idade do animal, em dias, a partir do nascimento), A = peso assintótico ou peso final; B = constante de integração, relacionada aos pesos iniciais; k = interpretado como taxa de maturação.

Para a seleção do melhor modelo, foi utilizado o método de coeficiente de determinação (R^2), que estima o ajustamento, e o quadrado médio do resíduo (QMR), que estima o afastamento. Para calcular o R^2 foi utilizado a seguinte fórmula:

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

Em que: R^2 = coeficiente de determinação; SQR = soma de quadrados do resíduo; SQtotal = soma de quadrados totais.

O quadrado médio do resíduo (QMR) é liberado pelo SAS assim que é realizada a análise dos dados e é interpretado como quanto menor o valor de QMR, melhor é o ajuste dos dados do modelo (Floriano, 2016).

Os valores iniciais foram considerados a partir da média de cada estimativa de parâmetro avaliada na própria fazenda. Foi estabelecido o máximo de 15 iterações para que o critério de convergência fosse atingido para os três modelos avaliados. Como discutido por Paz e colaboradores (2004) e Freitas (2005), para escolher o modelo mais adequado são consideradas as características do número de animais, do número de iterações para que a convergência fosse atingida, a qualidade do ajuste e interpretação biológica dos parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores estimados para os parâmetros de peso final (A), de constante de integração (B) e de taxa de crescimento (k) e seus $IC_{95\%}$, assim como o número de iterações necessárias para alcançar a convergência dos três modelos não lineares, são apresentados na Tabela 1. As somas de quadrados de resíduos (SQR) e o coeficientes de determinação (R^2) são apresentados na Tabela 2. Dos modelos usados, todos apresentaram curvas com aspecto sigmoide, como pode ser visto no Gráfico 1. Nesse estudo foi feita uma tentativa de ajuste do modelo de Richards, porém não houve convergência dos parâmetros, o que levou a desclassificação do método.

Tabela 1 – Estimativas dos parâmetros (A , B , k), número de iterações e valor de p ($IC\ 95\% =$ Intervalo de confiança).

Modelo	Estimativa dos Parâmetros						Nº de Iterações	p -valor
	A	$IC\ 95\%$	B	$IC\ 95\%$	k	$IC\ 95\%$		
Brody	361,9	355,3 368,5	1,0135	0,9802 1,0468	0,00293	0,00271 0,00315	11	<0,0001
Logístico	351,5	346,6 356,4	6,5637	5,7358 7,3916	0,00706	0,00658 0,00753	7	<0,0001
Gompertz	354,7	349,5 359,9	2,4414	2,2595 2,6233	0,00493	0,00460 0,00526	8	<0,0001

Quanto as estimativas do peso final, todos os modelos foram adequados para estimar o peso final dos animais. Em contrapartida, como encontrado por Freitas (2005) e Santoro (2015), os modelos Logístico e de Gompertz estimaram valores similares e condizentes ao peso ao nascer observado, enquanto o de Brody subestimou o peso nos primeiros 1200 dias de vida.

O parâmetro k demonstra a taxa de maturidade do animal, ou seja, a velocidade que o animal cresce até alcançar o peso final, e o modelo Logístico apresentou maiores estimativas dessa taxa, seguido pelo Gompertz e pelo Brody. Quando um animal apresenta valor de k elevado, significa que irá atingir maturidade precoce mais rápido se comparado a animais com mesmo peso inicial e menores valores de k . O parâmetro B é dado pelo grau de maturidade do animal ao nascimento e quanto maior o valor, menor é o grau de maturidade ao nascimento. Neste trabalho, os valores encontrados para B no modelo Logístico foram os maiores, sendo aproximadamente 6,5 vezes e 2,6 vezes maior que o Brody e Logístico, respectivamente. Valores elevados neste parâmetro podem ser explicados devido ao fato de que alguns animais não foram pesados próximos a data de nascimento, o que contribui para o aumento do valor médio encontrado (Cunha, 2014; Oliveira, 2000).

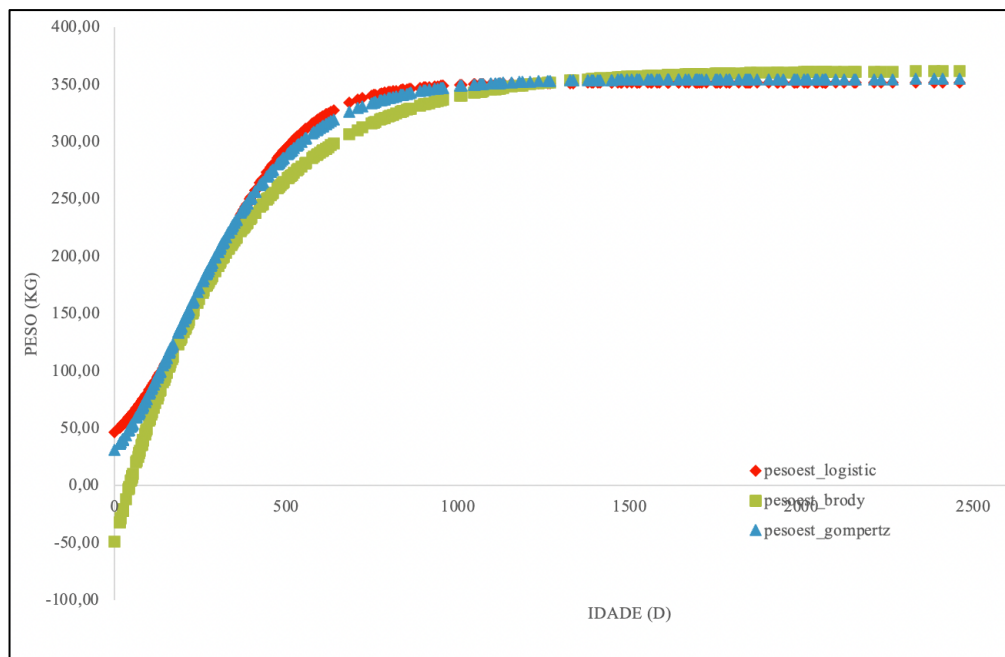


Gráfico 1 – Representação dos três modelos não-lineares testados

Tabela 2 – Resultados dos avaliadores da qualidade do ajuste (R^2 = coeficiente de determinação; QMR = quadrado médio do resíduo).

Modelo	R^2	QMR
Brody	0,9287	908,8
Logístico	0,9903	725,0
Gompertz	0,9900	742,9

Pode-se dizer que os modelos foram bem ajustados aos dados ao se observar o coeficiente de determinação e o Quadrado Médio do Resíduo (QMR) contidos na Tabela 2, sendo os modelos Logístico e de Gompertz com maiores valores R^2 , 99,03% e 99% respectivamente, corroborado por Floriano (2006), Paz e colaboradores (2004) e Ribeiro (2014). Na avaliação do QMR, o maior valor foi obtido pelo método de Brody com 908,8, seguindo por Gompertz com 742,9 e, com o menor QMR, o método Logístico com 725. De acordo com Floriano (2016), o melhor ajuste dos modelos se dá pelos modelos que obtêm maior valor de R^2 juntamente com o menor valor de QMR. O modelo de Brody apresentou menor R^2 (92%) e maior QMR (908,8) entre os modelos estudados, sendo assim desconsiderado. Os valores estimados pelo modelo Logístico se mostraram mais próximos aos pesos observados, maior coeficiente de determinação, menor valor de quadrado médio do resíduo e menor número de iterações necessárias para convergir os dados, sendo o modelo escolhido para descrever o crescimento ponderal de fêmeas Jersey.

CONCLUSÃO

Comparando modelos não lineares, todos modelos convergiram para os dados observados ($p < 0,0001$). O modelo Logístico, porém, apresentou maior valor de R^2 (99%) e foi avaliado com menor valor de QMR (725). Portanto, o melhor método para descrever a curva de crescimento de bovinos Jersey na Fazenda DuJAPA é o modelo Logístico.

REFERÊNCIAS

- ABIQ. **Mercado de queijos tem alto potencial de crescimento no Brasil.** Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/abiq-mercado-de-queijos-tem-alto-potencial-de-crescimento-no-brasil-105515n.aspx> Acesso em 19 de novembro de 2021.
- AFONSO, V.A.C.; QUIRINO, C.R.; COSTA, R.L.D.; SILVA, R.M.C. **Aplicação de modelos não-lineares no ajuste de curvas de crescimento em fêmeas ovinas (*Ovis áries*) da raça Santa Inês criadas na Região Norte Fluminense/RJ**, Boletim de Indústria Animal, N. Odessa, v. 66, n.2, p.115-120, 2009.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex of domestic animals.** New York: Hafner, 1023 p, 1945.
- CUNHA, L. C. **Utilização de modelos não lineares para descrever a curva de crescimento de caprinos leiteiros da raça Alpina.** 2014. 24 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO STAT - Livestock Primary. Roma, Italy, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- FLORIANO, E. P.; MULLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. **Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura das árvores.** Ciência Florestal, v.16, n.2, p.177-199, 2006.
- FREITAS A.R. **Growth curves in animal production.** Braz J Anim Sci 34:786–795, 2005.
- FERREIRA, A. M.; MIRANDA, J. E. C. **Medidas de eficiência da atividade leiteira: índices zootécnicos para rebanho leiteiro.** Juiz de Fora: EMBRAPA, 2007. 8 p. (EMBRAPA LEITE. Comunicado Técnico, 54).
- HUSON, H. J., SONSTEGARD, T. S., GODFREY, J., HAMBROOK, D., WOLFE, C., WIGGANS, G., BLACKBURN, H., & VANTASSELL, C. P. **A genetic investigation of Island Jersey cattle, the foundation of the Jersey Breed: Comparing population structure and selection to Guernsey, Holstein, and United States Jersey cattle.** Frontiers in Genetics, 11;366, 2020.
- KEELE, J.W.; WILLIAMS, C.B.; BENNETT, G.L. **A computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle.** I. Theory and development. J. Anim. Sci., 70:841-857, 1992.

- LAIRD, A. K.; TYLER, S. A.; BURTON, A. D. **Dynamics of normal growth**. Growth 29:233–248, 1965.
- MUNIZ, J. A.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, T. J. **Nonlinear models for description of cacao fruit growth with assumption violations** Rev. Caatinga, v. 30, n.1, p. 250-257, 2017.
- NELDER, J. A. **The fitting of a generalization of the logistic curve**. Biometrika, 17, 89-100, 1961.
- PAZ, C.C.P.; PACKER, I.U.; FREITAS, A.R.; TALHARI, D.T.; REGITANO, L. C. A.; ALENCAR, M. M.; CRUZ, G. M. **Ajuste de modelos não-lineares em estudos de associação entre polimorfismos genéticos e crescimento em bovinos de corte**. R. Bras. Zootec. 33: 858-869, 2004.
- RIBEIRO, M. J. B. **Curva de crescimento de codornas ajustadas por modelos não-lineares**. 2014. 99 f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2014.
- SANTORO, K.R.; BARBOSA, S.B.P.; BRASIL, L.H.A.; SANTOS, E.S. **Estimativas de parâmetros de curvas de crescimento de bovinos Zebu, criados no Estado de Pernambuco**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, V. 34; n.6, p.2262-2279, 2005.
- SAS INSTITUTE INC. 2014. SAS® Studio 3.1: **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2014.
- WILLIAMS, C.B.; KEELE, J.W.; BENNETT, G.L.A. **Computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle. II. Evaluation of the model**. J. Anim. Sci., 70:858-866, 1992.