



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

MODELOS MATEMÁTICOS DE PREDIÇÃO DE CONSUMO,
DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE
BOVINOS NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO

Jessika Rodrigues de Figueiredo Moura Valenciano

CAMPO GRANDE, MS
2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



2023 **MODELOS MATEMÁTICOS DE PREDIÇÃO DE CONSUMO, DESEMPENHO E
CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO**
VALENCIANO, J.R.F.M.



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**MODELOS MATEMÁTICOS DE PREDIÇÃO DE
CONSUMO, DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE
CARCAÇA DE BOVINOS NELORE TERMINADOS EM
CONFINAMENTO**

Prediction mathematic models of intake, productive performance and carcass characteristics of Nellore cattle finished in a feedlot system

Jessika Rodrigues de Figueiredo Moura Valenciano

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

JESSIKA RODRIGUES DE FIGUEIREDO MOURA VALENCIANO

Modelos matemáticos de predição de consumo, desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento

Prediction mathematic models of intake, productive performance, and carcass characteristics of Nelore cattle finished in a feedlot system

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

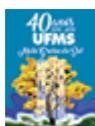
Aprovado em: 23-02-2023

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Luis Carlos Vinhas Itavo
(UFMS) – (Presidente)

Dr. Alexandre Menezes Dias
(UFMS)

Dra. Vanessa Zironi Longhini
(UFMS)



Documento assinado eletronicamente por **Luis Carlos Vinhas Itavo, Professor do Magisterio Superior**, em 23/02/2023, às 18:07, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Zirondi Longhini, Professora do Magistério Superior**, em 23/02/2023, às 18:07, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Menezes Dias, Professor do Magisterio Superior**, em 23/02/2023, às 18:25, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3867939** e o código CRC **FC5077AF**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Dedicatória
Dedico esta dissertação a Deus e a todos os produtores rurais. À minha filha Ana Júlia.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de acordar todos os dias agradecendo, por me amar incondicionalmente, por ser minha fortaleza.

Aos meus pais, Lilia e Amadeu por sempre me incentivarem, por insistirem nessa formação, por me ensinar o caminho do bem e a amar o próximo, e por me inspirarem profissionalmente.

À minha irmã Gabi, por sempre me ouvir, me fortalecer, me inspirar e me fazer seguir em frente na realização de mais esse sonho.

Ao Murilo, meu querido esposo, por todo amor ao longo dessa jornada do mestrado, pelo incentivo desde a seleção, por não me deixar desistir, pelo companheirismo durante experimento, aulas e escrita. Por ser inspiração para nossa família!

À minha família que me deu todo apoio e suporte físico, financeiro e emocional, em especial ao meu avô Atílio e à minha avó Lina.

Ao meu orientador Professor Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo, por acreditar em mim, sempre incentivar, acolher e ensinar com carinho e respeito, além de sempre me receber com café e biscoito.

Ao meu coorientador Alexandre Menezes Dias, pela parceria e amizade durante esta jornada, pelo apoio total na Fazenda Escola e nas diversas considerações e ensinamentos.

Ao amigo Antônio Leandro Gurgel, ou Lelê, pelo apoio e incentivo desde o início, pela amizade, troca de ideias, ajuda, brincadeiras, parceria nos artigos e considerações neste trabalho.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) por todo recurso, apoio e por me proporcionar mais uma formação nesta querida instituição e em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) e todos os professores, por todas novas experiências gratificantes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários da fazenda escola da UFMS, Antônio Lucas, Cleiber Montagna, Heitor Valeriano, Arnaldo, Dona Cida e Samara por toda ajuda, auxílio e amizade, tornando possível a conclusão deste trabalho. E aos motoristas Girlei e Jonas pela paciência,

alegria, compreensão e ajuda!

A todos os estagiários que tornaram possível a conclusão deste trabalho e as atividades durante o mestrado, em especial, Andreína, Cecília Ayala, Giuliano Garnes, Laura Beatriz, Rafael Parro e Sílvia Timóteo.

Aos amigos e colegas de pós-graduação, Leandro Gurgel, Ângelo Arcanjo, Anderson Ramires, Brenda Farias, Camila Godoy, Carolina Marques, Evelyn Melo, Gustavo Paranhos, Jaqueline Rodrigues, Juliana Caroline, Larissa Portela, Lucimara Nonato, Samara Miyake e Thais Fernanda pela parceria e auxílio durante todo mestrado.

.

A tribulação produz paciência, que prova felicidade, e gera esperança. E a esperança não engana. Porque o amor de Deus foi derramado em nossos corações pelo Espírito Santo que nos foi dado.

Romanos 5, 3-5

Resumo

VALENCIANO, J.R.F.M. Modelos matemáticos de predição de consumo, desempenho e características de carcaça de bovinos nelore terminados em confinamento. 2023. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

O objetivo foi desenvolver e avaliar modelos para prever consumo de matéria seca, o desempenho produtivo e as características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento. Foram desenvolvidos dois artigos. No capítulo 1, foram utilizados dados oriundos de cinco confinamentos desenvolvidos entre 2016 e 2020, totalizando 144 bovinos Nelore machos não castrados e abatidos aos 24 meses de idade, com peso vivo médio inicial de 345 kg \pm 42 e com peso médio final de 497 kg \pm 57. Foram avaliados desempenho produtivo (ganho médio diário, ganho de peso total no confinamento, peso de abate, rendimento de carcaça, peso de carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea), com o objetivo de prever consumo de matéria seca, peso vivo final, peso de carcaça quente, ganho médio diário e ganho de peso total. No capítulo 2 foram utilizados os mesmos dados do primeiro estudo, acrescido do último confinamento realizado na UFMS, em 2021, com 24 bovinos Nelore machos não castrados. O objetivo foi utilizar modelos matemáticos para prever o rendimento de carcaça, espessura de gordura, área de olho de lombo e força de cisalhamento. Os modelos matemáticos foram avaliados pelo coeficiente de determinação, coeficiente de correlação e concordância e raiz quadrada do quadrado médio do erro. Dessa forma, as melhores equações de predição foram: para consumo de matéria seca ($0,2407 + 0,6200.CFDN + 1,0775.CNDT + 0,0007.GPT$), peso vivo final ($11,9822 + 1,3158.CFDN + 0,9533.PVI + 0,9927.GPT$), e $-142,1223 + 0,9709.CNDT + 0,9468.PVI + 112,8006.GMD + 1,3538.DC$), peso de carcaça quente ($0,1971.PVI + 0,4476.PVF - 0,2190.DC$), ganho de peso total ($- 164,8646 + 0,0181.PVF + 1,4038.DC + 110,7189.GMD$), ganho médio diário ($0,0135.CMS - 0,0051.PVI + 0,0059.PVF$),

rendimento de carcaça ($3,2829\text{CPB} - 0,8286.\text{CNDT} + 0,0246.\text{PVF} - 0,3836.\text{GPT} + 0,4195.\text{DC} + 39,6007.\text{GMD}$, e $1,5497.\text{CPB} + 0,9562.\text{DC} - 0,0043.\text{DC}^2 - 0,3252.\text{GMD}^2$), espessura de gordura subcutânea ($5,1928.\text{CMS} - 0,1862.\text{CMS}^2 - 9,2198.\text{CFDN} + 0,9344.\text{CFDN}^2 - 0,6565.\text{CNDT} - 0,0338.\text{DC}$), área de olho de lombo ($- 0,3149.\text{CMS}^2 + 69,1469.\text{CPB} + 0,4006.\text{DC} - 0,0032.\text{DC}^2$) e força de cisalhamento ($2,3139.\text{CPB} - 0,0421.\text{CNDT}^2 + 0,0711.\text{DC} - 1,1557.\text{GMD}$), onde CMS = consumo de matéria seca (kg/dia), CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) CFDN = consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia); CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); PVF = peso vivo final (kg); GPT = ganho de peso total (kg), GMD = ganho médio diário (kg/dia); DC = dias em confinamento. Medidas de consumo, desempenho e tempo de confinamento podem ser utilizadas como preditores de consumo, característica de desempenho e carcaça. As equações de predição de consumo de matéria seca, peso vivo final, peso da carcaça quente, ganho médio diário, ganho de peso total e área de olho de lombo apresentaram precisão e acurácia satisfatórias para bovinos Nelore não-castrados terminados em sistemas de confinamento sob condições tropicais.

Palavras-chave: área de olho de lombo, ganho de peso, ingestão de matéria seca, modelos matemáticos, peso de carcaça, rendimento de carcaça

Abstract

VALENCIANO, J.R.F.M. Prediction mathematic models of intake, productive performance and carcass characteristics of Nelore cattle finished in a feedlot system. 2023. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

The objective was to develop and evaluate models to predict dry matter intake, productive performance and carcass characteristics through performance and intake measures of Nelore cattle finished in feedlot. Two articles were developed, in chapter 1, were used individual data from five feedlots developed between 2016 and 2020 at the Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia of the Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), totaling 144 non-castrated male Nelore cattle and slaughtered at 24 months old, with an average initial body weight of 345 Kg \pm 42 and an average final weight of 497 Kg \pm 57, in which productive performance was evaluated (average daily gain, total feedlot gain, slaughter weight, carcass yield, hot carcass weight, loin eye area and subcutaneous fat thickness), in order to predict dry matter intake, final live weight, hot carcass weight, total weight gain and average daily gain. In chapter 2, the same data from the first one were used, plus the last confinement carried out at UFMS, in 2021, with 24 non-castrated male Nelore cattle, with the objective of predicting carcass yield, subcutaneous fat thickness, ribeye area and shear force. The mathematical models were evaluated by the coefficient of determination, coefficient of correlation and concordance and square root of the mean square of the error. Thus, the best prediction equations were: for dry matter intake ($0,2407 + 0,6200.NDFI + 1,0775.TDNI + 0,0007.TWG$), final body weight ($11,9822 + 1,3158.NDFI + 0,9533.IBW + 0,9927.ADG$), and $-142,1223 + 0,9709.TDNI + 0,9468.IBW + 112,8006.ADG + 1,3538.DC$), hot carcass weight ($0,1971.IBW + 0,4476.FBW - 0,2190.DC$), total weight gain ($- 164,8646 + 0,0181.FBW + 1,4038.DC + 110,7189.ADG$), average daily gain ($0,0135.DMI - 0,0051.IBW + 0,0059.FBW$), slaughter carcass ($3,2829.CPI - 0,8286.TNDI + 0,0246.FBW - 0,3836.TWG + 0,4195.DC + 39,6007.ADG$), and $1,5497.CPI + 0,9562.DC - 0,0043.DC^2 -$

0,3252.ADG²), subcutaneous fat thickness ($5,1928.DMI - 0,1862.DMI^2 - 9,2198.NDFI + 0,9344.NDFI^2 - 0,6565.TDNI - 0,0338.DC$), ribeye area ($-0,3149.DMI^2 + 69,1469.CPI + 0,4006.DC - 0,0032.DC^2$) and shear force ($2,3139.CPI - 0,0421.TDNI^2 + 0,0711.DC - 1,1557.ADG$), where DMI = Dry matter intake (kg/day), CPI = Crude protein intake (kg/day) NDFI = Neutral detergent fiber intake (kg/day); TDNI = Total digestible nutrients intake (kg/day); FBW = Final body weight (kg); TWG = Total weight gain (kg), ADG = Average daily gain (kg/day); DC = Days in confinement. Intake, performance and confinement time measures can be used as predictors of dry matter intake, performance trait and carcass. The prediction equations for dry matter intake, final live weight, warm carcass weight, total weight gain, average daily gain and rib eye area showed satisfactory precision and accuracy for non-castrated Nellore cattle finished in confinement systems under conditions tropical.

Keywords: carcass weight; dry matter intake, mathematic models; ribeye area; slaughter weight; weight gain

Lista de tabelas

Capítulo 1 - Modelos de predição de consumo e desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	35
Tabela 1 - Estatística descritiva dos parâmetros produtivos de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	41
Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre medidas de consumo e características produtivas de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	42
Tabela 3 - Equações de regressão para predição das características de desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	44
Tabela 4 - Estatística média e descritiva da adequação das equações para predição das características de desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	45
Capítulo 2 - Modelos de predição de características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento sob condições tropicais.....	54
Tabela 1 - Descrição dos confinamentos experimentais.....	58
Tabela 2 - Estatística descritiva dos parâmetros produtivos de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento	61
Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre medidas de consumo e características produtivas de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	62
Tabela 4 - Equações de regressão para predição das características de carcaça de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	64
Tabela 5 - Estatística média e descritiva da adequação das equações para predição das características de carcaça de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.....	65

Lista de abreviaturas e siglas

AOL	Área de olho de lombo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCC	Coefficiente de concordância de correlação
CFDN	Consumo de fibra em detergente neutro
CMS	Consumo de matéria seca
CNDT	Consumo de nutrientes digestíveis totais
CPB	Consumo de proteína bruta
CV	Coefficiente de variação
DC	Dias em confinamento
DP	Desvio padrão
EE	Extrato etéreo
EGS	Espessura de gordura subcutânea
FC	Força de cisalhamento
FDN	Fibra em detergente neutro
GMD	Ganho médio diário
GPT	Ganho de peso total
MS	Matéria seca
N	Número de observações
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta
PCQ	Peso da carcaça quente
PVF	Peso vivo final
PVI	Peso vivo inicial
R ²	Coefficiente de determinação
RC	Rendimento de carcaça
RQEM	Raiz quadrada do erro médio
RQMEP	Raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição
Teste F	Teste de identidade dos parâmetros da regressão
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
β_0	Intercepto
β_1	Inclinação
%	Porcentagem

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
REVISÃO DE LITERATURA	19
Importância dos modelos	19
Modelagem	20
Fatores que influenciam o consumo de matéria seca	21
Fatores que influenciam o desempenho produtivo	24
Importância dos parâmetros rendimento de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea	26
REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 1: Modelos de predição de consumo e desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento	35
RESUMO	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS	39
DISCUSSÃO	46
CONCLUSÃO	49
AGRADECIMENTOS	49
REFERÊNCIAS	49
CAPÍTULO 2: Modelos de predição de características de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento sob condições tropicais	54
RESUMO	55
INTRODUÇÃO	56
MATERIAL E MÉTODOS	57
RESULTADOS	60
DISCUSSÃO	66
CONCLUSÃO	67
AGRADECIMENTOS	68
REFERÊNCIAS	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
ANEXO	72

INTRODUÇÃO

Observando o expressivo crescimento populacional e a demanda mundial por alimentos, o setor pecuário brasileiro tem atuado na criação de estratégias para aumentar a produção e a produtividade de alimentos de origem animal associado à sustentabilidade. Por ser destaque na produção mundial de carne bovina, com produção de 10,1 milhões de toneladas de equivalente carcaça (USDA, 2021), é importante para os produtores brasileiros produzir carne de qualidade, visando atender os mais exigentes mercados mundiais, e dentre os parâmetros de avaliação estão algumas características de carcaça.

A avaliação das carcaças mais comumente utilizada é realizada pós abate, por meio de coleta de amostras no frigorífico, seguido de análise laboratorial. Porém, essa avaliação demanda por recursos e tempo para a identificar os melhores indivíduos para seleção dos processos de melhoramento genético dos rebanhos (Bautista-Diaz et al., 2020).

Criar métodos rápidos e confiáveis para predizer as características de carcaças de bovinos são essenciais para elevar a qualidade dos produtos fornecidos ao mercado, atingir bom percentual de gordura nas carcaças, selecionar melhores desempenhos e aumentar a rentabilidade do sistema de produção (Tedeschi et al., 2004; Tedeschi, 2006). A modelagem é uma das ferramentas disponíveis para desenvolver simplificações intencionais da realidade, sendo uma das habilidades fundamentais da mente humana (Rothemberg, 1989), para isso são estabelecidas relações quantitativas entre as mensurações, iniciais e as finais, obtidas (Barioni et al., 2002).

O desenvolvimento de equações matemáticas para predição de características de carcaça a partir de variáveis mensuradas antes do abate têm sido estudados por diferentes grupos de pesquisa no Brasil e no mundo, de modo a promover com esta metodologia, uma ampliação das avaliações de carcaça (Rebouças et al., 2021). Com técnicas assim, é possível aumentar a quantidade de avaliações realizadas para maximizar os índices de produção e a qualidade das carcaças produzidas no país, oferecendo maior segurança para os profissionais e produtores na tomada de decisão.

Assim, em função das diversas aplicações dos modelos matemáticos nos

sistemas de produção, esse trabalho teve por objetivo desenvolver modelos matemáticos de predição do consumo de matéria seca, desempenho e característica de carcaça de bovinos Nelore terminados em confinamento.

REVISÃO DE LITERATURA

Importância dos Modelos

A tomada de decisão dentro do confinamento pode ser baseada em modelos matemáticos, que fornecem informações essenciais para maximizar a produção e concomitantemente minimizar os impactos ambientais, por meio da redução da excreção de nutrientes de maneira economicamente viável (Tedeschi et al., 2005).

Modelos matemáticos são representações simplificadas que auxiliam o entendimento da estrutura que dita o comportamento do sistema de produção através das relações quantitativas entre as variáveis mensuradas, prevendo os efeitos de suas alterações, assumindo um compromisso entre precisão e tratabilidade (Tedeschi et al., 2009).

Conforme observaram Fonseca et al. (2016), a precisão na comparação dos valores reais com os valores preditos por modelos matemáticos é obtida ao comparar o fator de correção de viés e a precisão avaliada pelo coeficiente de correlação r , que é o grau de relação linear entre duas variáveis numéricas. Segundo Lin (1989), o coeficiente de correlação de concordância (CCC) representa o índice de repetibilidade e pode ser responsável simultaneamente pela acurácia e precisão. O valor mais próximo de 1 é desejável. Nas análises de erros de ajuste, para coeficientes maiores que 0,80 assume-se alta acurácia e precisão, para coeficientes menores que 0,50 assume-se baixa precisão e acurácia. O valor de r mede a força e direção de uma relação linear entre duas variáveis (Vieira, 2012).

Para Fonseca et al. (2017), parâmetros de qualidade do ajuste da regressão também são importantes para avaliar o modelo matemático desenvolvido e citam o erro quadrático médio (RQEM), coeficiente de determinação (R^2) e o Critério de Informação de Akaike (AIC) corrigido, uma medida de perda de informação estimada, na qual um valor menor representaria uma melhor qualidade de ajuste do modelo estatístico.

Os modelos podem contribuir com extensas análises de sensibilidade, diferentes medições, condições e valores de parâmetros (Pla, 2007). Métodos computacionais avançados usados na modelagem permitem considerar mais aspectos de uma decisão

e comparar com a análise de profissionais ou aplicação de normas, padrões e recomendações. As decisões podem ser tomadas em diferentes planos de futuro: longo prazo (estratégico), médio prazo (tático) e curto prazo (operacional) (Jalvingh, 1992; Kristensen e Jørgensen, 1999). As principais vantagens da tomada de decisão baseada em modelo matemático incluem a capacidade de analisar condições individuais, uma estrutura concisa para combinação de informações de fontes diferentes, representação direta da incerteza e busca eficiente de algoritmos para determinação de decisões precisas (Stygar e Makulska, 2010).

Modelagem

A técnica de modelagem tem sido empregada em vários setores, como Matemática, Economia, Física, Engenharia, Astronomia, e desde 1979 na Zootecnia. Bastante ativo no setor agropecuário nos últimos anos, esta prática tem sido utilizada como ferramenta para auxiliar nos processos de tomada de decisão na indústria e para planejamento de cenários para guiar experimentos de campo (Bywater, 1990). Com destaque para área de nutrição animal em todo o mundo, visto que os sistemas nutricionais padrão publicados pelo National Research Council (NRC), são essencialmente compostos de modelos matemáticos (Tedeschi et al., 2005).

A diversidade nas características de carcaça ocorre em função de vários fatores, como raça, sexo, idade, peso e maturidade (Bautista-Díaz et al., 2020). Dessa forma, o maior acesso a informações prévias, pode aumentar a eficiência na tomada de decisão, visto que a modelagem tem como objetivo prever possíveis situações de comportamento da produção de acordo com variáveis já mensuradas, e as possíveis interações entre elas (Silvestre, 2019).

De acordo com Bautista-Díaz et al. (2017), as avaliações *in vivo* são técnicas não invasivas, menos trabalhosas, rápidas e de baixo custo em comparação com as medições de carcaça. Essas avaliações podem ser utilizadas nas análises simulando sistemas complexos através da modelagem, possibilitando explicar possíveis problemas na produção, por meio de respostas mais simples, auxiliando na tomada de decisão das medidas oportunas para atingir as metas estabelecidas na produção (Kay, 1986; Silvestre, 2019).

No Brasil, os trabalhos realizados nessa área são escassos. Alguns deles têm sido realizados utilizando equações de predição desenvolvidos para raças e sistemas de produção diferentes dos utilizados no Brasil (*e.g.* EUA), no entanto, uma validação científica desses resultados, para as condições brasileiras, não foi encontrada na literatura.

De acordo com Silva et al. (2011), o crescimento dos animais está relacionado diretamente com a quantidade e a qualidade da carne produzida. Logo, peso corporal e o ganho de massa corporal do animal são medidas simples, rápidas e amplamente utilizadas para avaliar o desempenho animal, e possibilitam que se faça um controle da produção de carne, e prever sua composição corporal, atuando tanto como critério de seleção pelos produtores quanto para comercialização em frigoríficos (Souza et al., 2019). Por outro lado, além das características genéticas do animal, o ganho de peso pode ser influenciado pela alimentação, por condições climáticas e pelo estado sanitário (De Paula et al., 2013).

Os modelos são dependentes da faixa de valores que suas variáveis assumem no conjunto de dados usado para calcular os parâmetros, o processo de ajuste dos modelos aos dados na tentativa de derivar os valores dos parâmetros é um dos principais componentes do desenvolvimento do modelo (Gunawardena, 2010).

Fatores que influenciam o consumo de matéria seca

O consumo de matéria seca influencia diretamente o desempenho animal (Waldo e Jorgensen, 1981), pois fornece ao organismo, nutrientes para o metabolismo celular. As variações no consumo de alimentos durante o ciclo de vida do animal podem impedir que as exigências nutricionais, principalmente de energia e proteína, sejam supridas, podendo ocasionar limitações na eficiência dos processos de manutenção e produtivos.

Os fatores que controlam o consumo de alimentos são multifatoriais, incluindo a dieta, ambiente e manejo, e podem ser também separados em três mecanismos: físico, fisiológico e psicogênico (Mertens, 1994; Forbes, 2007, Berchielli et al., 2011). O primeiro fator a definir o consumo de matéria seca pelo animal é a demanda energética de cada indivíduo. A composição física e química de cada

alimento que compõe as dietas dos animais em confinamento, além de suas interações também possuem importante efeito sobre o consumo de matéria seca (CMS) (Allen et al., 2000; NRC, 2016). Em dietas com baixo valor nutritivo e baixa densidade calórica, o consumo será determinado pela capacidade física do trato gastrointestinal (Romera et al., 2010).

Dentre os fatores que interferem no consumo e no desempenho animal, Roseler (1998) destaca as condições de alimentação, como aspectos do alimento, animal, ambiente e/ou manejo (Figura 1).

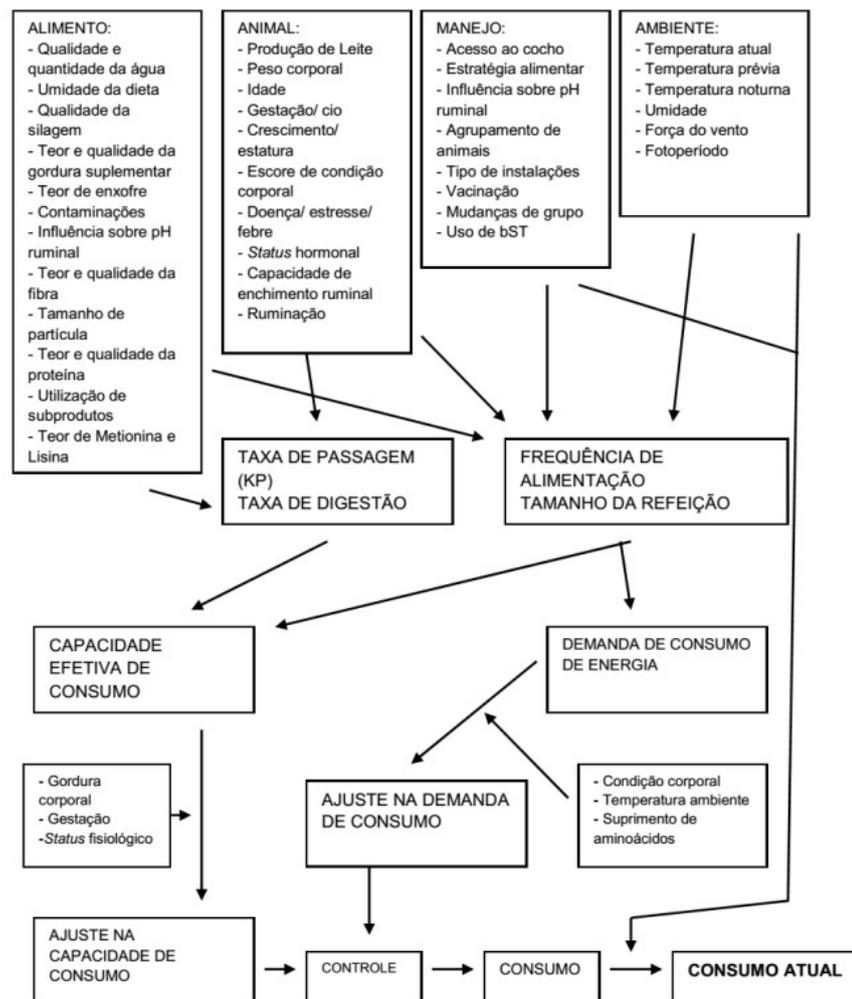


Figura 1. Fatores que afetam o consumo de alimento. Fonte: Roseler (1998)

A compreensão do CMS auxilia na formulação de dietas balanceadas para que o

animal receba a quantidade de nutrientes necessária para atender as exigências de manutenção e produção, levando em consideração a digestibilidade dos alimentos e taxa de digestão e passagem, que afeta diretamente do custo do sistema de produção (Ribeiro et al., 2012). Dias et al. (2011) observaram aumento de consumo quando a digestibilidade diminuiu e, conseqüentemente, a taxa de passagem da digesta no trato gastrointestinal aumentou.

Os aspectos do alimento e da dieta influenciam diretamente no efeito de enchimento e no aporte energético a ser atendido pelo organismo do animal, afetam assim o consumo de matéria de seca. Dentre os fatores que influenciam na regulação física do consumo, destaca-se o teor de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta (Allen, 2000). Segundo Detmann et al. (2003), a ingestão de FDN acima de 13,53 g/kg do peso vivo do animal seria o suficiente para a regulação do consumo no aspecto físico, todavia outros fatores devem influenciar no mecanismo físico regulador.

Em condições em que há o fornecimento de dietas altamente energéticas, este mecanismo físico regulador pouco é utilizado pelo organismo do animal, então são acionados os mecanismos de exigência nutricional e aproveitamento dos nutrientes pelo ambiente ruminal (Castillo-Lopez et al., 2014)

As características do animal, como idade, raça, sexo, peso corporal, estágio fisiológico e a composição corpórea influenciam na exigência nutricional, e conseqüentemente, no consumo. Para cada sistema de criação e objetivo, o perfil ingestivo dos animais varia, logo, é necessário calcular e levar em consideração cada situação para desenvolver e validar equações de predição do CMS.

O desempenho de animais em crescimento afeta a ingestão de matéria seca de forma quadrática, pois quanto maior a produção, maior é a exigência nutricional, e maior o CMS. Em relação à idade dos animais, fatores como o peso corporal e a necessidade energética influenciam na ingestão de matéria seca devido à capacidade ruminal (Chizzotti et al., 2013). Animais de sobreano possuem maior CMS quando comparados a bezerros e bezerros de ano, devido à sua maior capacidade digestiva (Griffin et al., 2007; Adam et al., 2010), e menor relação de consumo: peso corporal, pois, animais menores têm maior taxa metabólica e necessitam de maior consumo de

nutrientes para atender sua maior exigência (Chizzotti et al. 2013).

A diferença entre as diferentes raças pode ser verificada em estudos de Ribeiro (2012) e Machado Neto (2008), onde os zebuínos apresentaram CMS com valores inferiores aos animais taurinos, assim como os resultados de Almeida e Lanna (2003) que descrevem padrões onde os zebuínos apresentavam consumo na faixa de 10 a 12% inferior aos taurinos e mestiços.

Portanto, para que um modelo matemático desse parâmetro seja eficiente, com maior precisão e acurácia, é necessário compreender que diversos fatores influenciam o consumo de matéria seca, para atender as exigências nutricionais, além de serem testados em condições semelhantes àquelas em que se destina sua utilização (Neal et al., 1984).

Fatores que influenciam o desempenho produtivo

Na produção animal o ganho de peso corresponde a uma parte do crescimento animal, que segundo Berg e Butterfield (1976) é o aspecto do desenvolvimento diretamente ligado às funções produtivas como o crescimento dos principais tecidos muscular, adiposo e ósseo. Bittencourt et al. (2009) destacam que fatores como o peso, idade, nível nutricional, genética e o sexo, podem influenciar no ganho de peso dos animais.

A idade do animal e o peso corporal são parâmetros importantes para definir a exigência nutricional e conseqüentemente o ganho de peso, expressa em modelos matemáticos como López (2008) explica que o peso é descrito em função do tempo. A genética, sexo e fatores ambientais influenciam no desempenho animal, devendo ser ajustados quando se deseja predizer por meio de modelos matemáticos (Berg e Butterfield, 1976; Lawrence e Fowler, 2002).

As variáveis de consumo da dieta estão relacionadas ao suprimento das exigências nutricionais, e conseqüentemente, à eficiência dos processos produtivos, como a taxa de crescimento, ganho de peso, potencial genético e lucratividade da atividade. Problemas relacionados com estresse alimentar, sanidade e distúrbios digestivos estão ligados ao consumo e ao desempenho (Azevedo et al., 2016).

Para animais terminados em confinamento, o ganho de peso indica a eficiência

do sistema de produção (Bittencourt et al., 2009), e requerem atenção desde o período de adaptação, onde há mudança da dieta em fatores físicos, químicos e biológicos (Bom et al., 2015). Sendo assim, para seleção dos insumos a serem disponibilizados na dieta, deve-se considerar a qualidade dos alimentos (Lopes et al., 2011), a fim de obter melhores resultados, visto que a composição da dieta influencia também no peso de abate e rentabilidade do rebanho (Azevedo et al., 2016; Costa et al., 2020).

A classe sexual dos animais é um fator importante na distribuição do ganho de peso, pois sofre influência da manutenção dos níveis hormonais para diferente composição tecidual e crescimento muscular (NRC, 2016). Dias et al. (2016) verificaram maior ganho médio diário (GMD) em animais não-castrados, mostrando que este fator deve ser levado em consideração nas equações de predição.

O período de confinamento pode apresentar correlação negativa com o GMD, onde maior tempo de permanência do animal em confinamento, após atingir excelente taxa de conversão alimentar, começa a cair o ganho de peso diário e dar prejuízo ao produtor, refletindo também em menor peso e rendimento de carcaça. Assim, animais com peso corporal maior na entrada do confinamento, o tempo em confinamento será menor, comparado com o tempo de um animal com o peso inferior (De Alencastro Filho et al., 2017; Silvestre et al., 2019).

A escolha do modelo a ser utilizado para predizer o ganho de peso deve responder ao objetivo do estudo, levar em consideração o nível do fenômeno, o tempo compreendido pelos dados, os fatores genéticos, sistemas de produção e os critérios matemáticos de avaliação do ajuste das curvas preditas pelos modelos aos dados observados.

Estudos de desempenho em confinamento representam uma fase do crescimento animal, permitindo modelos lineares (Lawrence e Fowler, 2002; Waldman et al., 1969). López (2008) afirmou que o curto período de vida do animal na terminação de bovinos faz com que a curva da taxa de crescimento do corpo não apresente redução perceptível, tomando forma semelhante a uma reta.

Importância dos parâmetros rendimento de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea

A remuneração da pecuária de corte nacional existente foi estabelecida com base apenas no peso vivo e no rendimento de carcaça dos animais. No momento atual, pode-se observar uma mudança neste cenário, com bonificação para qualidade da carne, especialmente ao acabamento de carcaça, tornando a receita da atividade não mais vinculada apenas aos aspectos quantitativos.

Diferentes fatores como raça, sexo, idade, dietas de terminação, peso e maturidade podem influenciar de forma direta ou indireta na composição e qualidade da carcaça e rendimentos cárneos, e conseqüentemente o preço final do produto. Abrindo inúmeras oportunidades de se trabalhar nessas fontes de variação, para tornar a atividade pecuária mais eficiente através das melhores combinações (Bautista-Díaz et al., 2020).

Na seleção de indivíduos superiores, que serão usados como reprodutores e darão origem às futuras gerações, as características de desempenho, de carcaça e qualidade de carne são importantes atributos econômicos a serem melhorados, aumentando a eficiência produtiva e econômica da pecuária de corte de terminação.

Devido à importância econômica, nutricional e social, diversos métodos para determinar a quantidade de carcaça e composição corporal dos animais domésticos têm sido estudados (De Paula et al., 2013). Segundo Brethour (2000), é necessário um método objetivo para determinar o número de dias que um bovino precisa ser alimentado com uma dieta específica, para atingir características desejadas pelos frigoríficos e de explorar a eficiência do ganho de carcaça.

Dentre os métodos indiretos, as variáveis mais comuns são o peso corporal (PC) e o escore de condição corporal (ECC), porém características de acabamento da carcaça como área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura (EG) fornecem informações importantes relacionadas ao rendimento e qualidade de carne e carcaça (Scholz et al., 2015; Chay-Canul et al., 2020).

A espessura de gordura subcutânea (EGS) é uma característica positiva correlacionada ao total de gordura corporal, ela é essencial para proteção da carcaça durante o resfriamento intenso das câmaras frigoríficas, evitando o encurtamento das

fibras musculares nessa etapa, mantendo a maciez da carne. Além de ser utilizada como indicativo de precocidade de acabamento de carcaça (Pacheco et al., 2005).

Estudos observaram que a EGS avaliada por ultrassom para uniformização de lotes de animais em confinamento, pode reduzir os custos de produção pela maior padronização das características de carcaças (Delehant et al., 1997; Trenkle e Liams, 1997).

Sendo a EGS uma das características mais importante na qualidade da carcaça influenciada pela alimentação. O manejo alimentar determina a deposição e a velocidade de deposição de gordura nos bovinos, em conjunto com a maturidade, sexo e grupo genético do animal (Harrison et al., 1978).

Alguns frigoríficos pagam 2% a mais por carcaças de animais com até 36 meses de idade e espessura de gordura subcutânea de 3-6 mm, agregando maior valor aos animais e proporcionando melhor remuneração ao produtor. Porém, valores abaixo de 3 mm de EGS estão associados a prejuízos nos rendimentos de carcaça, e na qualidade da carne, causando descontos impostos pelos frigoríficos (Silva et al., 2006). Por outro lado, o excesso também é considerado depreciativo ao valor comercial, principalmente por prejuízos nos rendimentos de cortes principais e composição física da carcaça (Neto et al., 2009).

A mensuração da área de olho de lombo é tomada realizando um corte transversal entre a 12ª e 13ª costelas, expondo o corte transversal do músculo *Longissimus dorsi*, cuja área é traçada por um marcador permanente com um 2,0 mm ponta média em um filme plástico transparente (Schoonover; Stratton, 1957).

A AOL é uma característica de carcaça relacionada com o desenvolvimento muscular e juntamente com medidas de EG fornecem informações para estimar o rendimento da produção, precocidade de crescimento e de acabamento e o rendimento de carne na carcaça (Williams, 2002; Meirelles et al., 2011). A avaliação da AOL influencia no preço final da carne e da classificação da carcaça, determinando o conteúdo da carne (Prado et al., 2016).

REFERÊNCIAS

- Allen, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000. Available from: <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)>. Acesso em: 21, Jan., 2022. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2.
- Almeida, R.; Lanna, D. P. D. Influence of breed on performance and dry matter intake by feedlot bull calves in Brazil. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, Suppl. 1, 2003.
- Barioni, L. G.; Veloso, R. F.; Martha Jr., G. B. Modelos para estimativa de desempenho de bovinos de corte e ovinos em pastagens. In: *Simpósio Internacional De Produção Animal: Modelos Para A Tomada De Decisões Na Produção De Bovinos E Ovinos*, 2002, Santa Maria. Anais Santa Maria: UFSM/Embrapa Pecuária Sul, 2002. p. 5-60.
- Bautista-Diaz, E., Mezo-Solis, J. A., Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernandes, A., Gomez-Vazquez, A., Tedeschi, L. O., Lee-Rangel, H. A., Vargas-Bello-Perez, E., Chay-Canul, A. J. Prediction of Carcass Traits of Hair Sheep Lambs Using Body Measurements. *Animals* v.10, n. 8, p. 1276, 2020
- Bautista-Diaz, E., Salazar, C. R., Chay, C. A. J., Herrera, R. A. G., Pineiro, V. A. T., Monforte, J. M., Tedeschi, L. O., Cruz-Hernande, A., Gomez-Vazquez, A., Determination of carcass traits in Pelibuey ewe using biometric measurements. *Small Ruminant Research*. v. 147, n. 2, p. 115–119, 2017.
- Bittencourt, H. R. et al. Relações entre idade, peso, ganho médio diário e tempo médio de permanência de novilhos de corte confinados para abate aos 15 ou 27 meses de idade. *Seminário: Ciências Agrárias. Revista UEL, Londrina*, v. 30, n.3, p. 718, jul. / set. 2009.
- Bom, R; Andreani, L. H; Faustino, P. F; Senábio, R. D; Martins, C. E. N. Estimativa do crescimento de bovinos de corte em Confinamento utilizando modelos não lineares. VIII Mostra nacional de iniciação científica e tecnológica interdisciplinar, v. 8, Novembro 2015. ISSN Disponível em: eventos.ifc.edu.br/micti/anais-2015/.

Brethour, J.R. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v. 78, p. 2055-2061, 2000

Bywater, A. C. Exploitation of the system approach in technical design of agricultural enterprises. In: Jones, J.G.W.; Street, P.R. (Ed.). *Systems theory applied to agriculture and food chain*. London: Elsevier Applied Sciences, 1990. 388p.

Castillo-Lopez, E.; Wiese, B. I.; Hendrick, S.; Mckinnon, J. J.; Mcallister, T. A.; Beauchemin, K. A.; Penner, G. P. Incidence, prevalence, severity, and risk factors for ruminal acidosis in feedlot steers during backgrounding, diet transition, and finishing. *Journal of Animal Science*, v.92, p. 3053–3063, 2014. doi:10.2527/jas.2014-7599

Chay-Canul, A. J., Magaña-Monforte, J. G., Chizzotti, M.L., Piñeiro-Vázquez, A. T., Canul-Solís, J. R., Ayala-Burgos, A. J., Ku-Vera, J. C., Tedeschi, L.O. Estimation of body weight in hair ewes using an indirect measurement method *Tropical Animal Health and Production*. v. 52, p. 2341-234, 2020

De Alencastro Filho, A., Silva, W. V., Vasconcelos, B. F., Taveira, R. Z., Carvalho, P. C. F. Ganho em peso médio diário de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte. *Pubvet*, v.11, p. 87-90, 2017.

De Paula, N. F., Tedeschi, L. O., Paulino, M. F., Fernandes, H. J., Fonseca, M. A. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. *Journal of Animal Science*. v. 91 p. 3341-3351, 2013

Delehant, T. M., Dahlke, G. R., Hoffman, M. P., Iiams, J. C., Rouse, G. H., Wilson, D. E. Using real-time ultrasound during the feeding period to predict cattle composition. *Iowa State University Animal Industry Report*, v. 1, n. 1, 1998

Detmann, E.; Queiroz, A. C. D.; Cecon, P. R.; Zervoudakis, J. T.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Cabral, L. S.; Lana, R. P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, p. 1763-1777, 2003.

Dias, Alexandre Menezes et al. Terminação de novilhos Nelore, castrados e não

castrados, em confinamento com dieta alto grão. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 17, p. 45-54, 2016.

Fonseca, M. A., Tedeschi, L. O., Sebastião Filho, S. C., De Paula, N. F., Villadiego, F. A. C., Silva Junior, J. M., Abreu, D. C., Chizzotti, M. L. Assessment of body fat composition in crossbred angus × nellore using biometric measurements. *Journal of Animal Science*, v. 95, p. 5584–5596, 2017.

Fonseca, M. A., Tedeschi, L. O., Sebastião Filho, S. C., De Paula, N. F., Silva, L. D., Sathler, D. F. T. Evaluation of equations to estimate body composition in beef cattle using live, linear and standing-rib cut measurements. *Animal Production Science*. v. 57, n. 2, p. 378–390, 2016

Forbes, J.M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20, 132-146, 2007

Gunawardena, J. Models in Systems Biology: The Parameter Problem and the Meanings of Robustness. In: Lodhi, H. M. (Ed.). *Elements of Computational Systems Biology*. John Wiley & Sons, Inc., 2010. p. 19-47.

Griffin, W. A.; Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Feuz, D. N.; Macdonald, J. C.; Jordan, D. J. Comparison of performance and economics of a long-yearling and calf-fed system. *Professional Animal Scientist*, v. 23, p. 490-499, 2007.

Harrison, A. R., Smith, M. E., Allen, D. M., Hunt, M. C., Kastner, C. L., Kropf, D. H. Nutritional regimen effects on quality and yield characteristics of beef. *Journal of Animal Science*. v. 47, n. 2, p. 383-388, 1978.

Jalvingh, A. W. (1992). The possible role of existing models in on-farm decision support in dairy cattle and swine production. *Livestock Production Science*. v. 31, p. 351–365, 1992

Kay, R. D. *Farm management: planning control and implementation*. New York: McGraw-Hill, 1986. 512 p.

Kristensen, A. R., Jørgensen, E. (1999). Decision support models. *Proc. of 25th International Dairy Congress*, 21–24 September 1998, Aarhus, Denmark. Vol. III,

Future Milk Farming, p. 145–163.

Lawrence, T.L.J., fowler, V.R. Growth of farm animals. 2.ed. Aberdeen: CAB International, 2002. 368p.

Lin, L. I-K. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics*, v. 45, p. 255-268, 1989

Meirelles, S.L., Gouveia, G. V., Gasparin, G., Alencar, M. M., Gouveia, J. J. S., Reginato, L. C. A. Candidate gene region for control of rib eye area in Canchim beef cattle. *Genetics and Molecular Research*, v. 10, n. 2, p. 1220-1226, 2011.

Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G. C. et al. Forage quality, evolution and utilization. American Society of Agronomy, 1994. P.450-492.

Neal, H.D.C., Thomas, C. ;Cobby, J.M. Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*, 103, 1-10, 1984.

Neto O. C., Rodrigues, V. C., Costa, D. P. B., Medeiros, L. F. D., Vieira, D. H., Camargo, A. M., Pádua F. T. Avaliação de algumas características da carcaça de bovinos e bubalinos. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*. v. 32, n. 3, p. 151-160, 2009

Pacheco Ps, Silva Jhs, Restle J, Arboitte Mz, Brondani Il, Alves Filho, Dc, Freitas Ak. Características quantitativas da carcaça de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 34, n. 5, p.1666-1677, 2005

Pla, L. M. Review of mathematical models for sow herd management. *Livestock Science*. v. 106 p. 107–119, 2007

Prado, C. S., Pádua, J. T., Correa, M. P. C., Ferraz, J. B. S., Resende, L. S. Comparação de diferentes métodos de avaliação da área de olho de lombo e cobertura de gordura em bovinos de corte. *Ciência Animal Brasileira*. n. 5, v. 3, p. 141-148, 2004

Rebouças, G. F.; Mascioli, A. Dos S.; Paula, N. F. De; Carmo, A. S. do. Revisão:

predição de características de carcaça de bovinos de corte utilizando mensurações morfométricas. In: MORAES, G. F. de. Revisão: predição de características de carcaça de bovinos de corte utilizando mensurações morfométricas. ed. [S. l.]: Editora Científica, 2021. cap. 13. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/201202490>. Acesso em: 9 jun. 2021.

Ribeiro, J. D. S., Ladeira, M. M., Machado Neto, O. R., & Campos, F. R. Consumo alimentar e sua predição pelos sistemas NRC, CNCPS e BR-Corte, para tourinhos zebuínos confinados. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, p.802-810, 2012

Romera, A. J. et al. Technical note: a simple model to estimate changes in dietary composition of strip-grazed cattle during progressive pasture defoliation. *Journal of Dairy Science*, v. 93, n.7, p.3074-3078, 2010. Available from: <<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2846>>. Accessed: Apr. 16, 2020. doi: 10.3168/jds.2009-2846

Roseler, D. K. Dry matter intake of dairy cattle: prediction, performance and profit. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, 1998, Fort Wayne, Indiana. Proceedings... Fort Wayne, IN: T-SNC, 1998. p.97-121

Rothemberg, J. The nature of modelling. In: Widman, L.E.; Loparo, K.A.; Nielsen, N.R. (Ed.) *Artificial intelligence, simulation and modelling*. New York: John Wiley, 1989. p. 75-92

Scholz, A. M., Bünger, L., Kongsro, J., Baulain, U., Mitchell, A. D. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review. *Animal*, v. 9, n. 7, p. 1250-1264, 2015

Schoonover, C. O.; Stratton, P. O. A photographic grid used to measure rib eye areas. *Journal of Animal Science*, v. 16, n. 4, p. 957-960, 1957

Silva S. R. Use of ultrasonographic examination for in vivo evaluation of body composition and for prediction of carcass quality of sheep. *Small Ruminant Research*. v. 152, n. 6, p. 144–157, 2017

Silva, F. L.; Alencar, M. M.; Freitas, A. R.; Packer, I. U.; Mourão, G. B. Curvas de

crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 3, p. 262-271, 2011

Silva, S. L.; Leme, P. R.; Putrino, S. M., Lanna, D. P. D. Alterações nas características de carcaça de tourinhos Nelore, avaliados por ultrassom. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 2, p. 607-612, 2006

Silvestre, A. M. Predição do Desempenho de Bovinos de Corte Confinados Com Base na Ingestão de Matéria Seca e Energia Mensuradas no Início do Período de Alimentação. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. 2019

Souza .S.; Difante G. S.; Emerencio Neto J. .; Lana A. M. Q.; Roberto F. F. S. ; Ribeiro P. H. C.. Biometric measurements of Santa Inês meat sheep reared on *Brachiaria brizantha* pastures in Northeast Brazil. Plos One. v. 14, n. 7, p. 1–16, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219343> PMID: 31361775

Stygar, A., Makulska, J. Application of mathematical modelling in beef herd management – A review. Annals of Animal Science, n. 10 v. 4 p. 333-348, 2010

Tedeschi, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. Agriculture System v. 89, p. 225-247, 2006

Tedeschi, L. O., Chizzotti, M. L., Fox, D. G., Carstens, G. E. Usando modelos matemáticos nutricionais para aumentar a eficiência em gado de corte. In: V SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE E 1st INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE PRODUCTION Anais... [do] Viçosa: UFV, 2009. p.486-509

Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Guiroy, P. J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. Agriculture. System v. 79, p. 171-204, 2004

Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Sainz, R. D., Barioni, L. G., Medeiros, S. R., Boin, C. Using mathematical models in ruminant nutrition. Scientia Agricola v. 62, p. 76-91, 2005

Trenkle, Allen; Iiams, J. C. Potential value of ultrasound to sort feeder cattle into

more uniform groups for finishing and marketing. Iowa State University Animal Industry Report, v. 1, n. 1, 1998

USDA, F. Livestock and poultry: world markets and trade. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2021. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2021/05/Livestock_poultry.pdf

Acesso em: 22 maio de 2021

Vieira, S. Estatística básica. São Paulo: Cengage Learning, 2012

Waldo, D. R.; Jorgensen, N. A. 1981. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. Journal of Dairy Science 64:1207-1229

Williams, A.R. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. Journal of Animal Science. v. 80, n. 2, p. 183-188, 2002

CAPÍTULO 1

Modelos de predição de consumo e desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Jessika Rodrigues de Figueiredo Moura¹, Luís Carlos Vinhas Ítavo^{1*}, Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo¹, Alexandre Menezes Dias¹, Gelson dos Santos Difante¹, Geraldo Tadeu dos Santos¹, Antonio Leandro Chaves Gurgel¹, Alfonso Juventino Chay-Canul²

¹Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-Mato Grosso do Sul, 79070-900. Brasil.

²División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa-Tabasco, 86280. México

* Corresponding autor: Luís Carlos Vinhas Ítavo. E-mail: luis.itavo@ufms.br

Este artigo foi publicado no periódico científico *Tropical Animal Health and Production* (DOI: 10.117/s11250-023-03488-5).

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi entender e prever o consumo e desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento. Foram utilizados dados de 144 novilhos Nelore machos não-castrados terminados em confinamento entre os anos de 2016-2020. Análises de estatística descritiva e coeficientes de correlação de Pearson foram realizadas. Os *outliers* foram testados pela avaliação dos resíduos estudentizados em relação aos valores preditos pelas equações. Os resíduos que ficaram fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. A qualidade de ajuste das equações desenvolvidos foi avaliada pelos coeficientes de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio (RQEM). Observaram-se médias de consumos de matéria seca (CMS) de 10,2 kg/dia; de fibra em detergente neutro (CFDN) de 3,4 kg/dia (33,3% do CMS), de proteína bruta (CPB) de 1,6 kg/dia e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) de 7,1 kg/dia. A relação CPB:GMD foi 1,3 kg PB:kg GMD e a relação CNDT:CPB foi 4,5 kg NDT:kg PB. As médias de desempenho produtivo foram 345,5 kg de peso vivo inicial (PVI), 1,3 kg/dia para o ganho diário (GMD) e 152,6 kg para o ganho de peso total (GPT) e peso final (PVF) de 497,8 kg em um tempo médio de confinamento de 115,7 dias. As medidas de consumo apresentaram correlação significativa com as medidas de desempenho, exceto com o rendimento de carcaça e os dias em confinamento. O GPT apresentou alta correlação positiva com GMD, correspondendo a 84%, e PVF apresentou correlação positiva de 86% com o peso de carcaça quente (PCQ).

Palavras-chave: consumo de matéria seca; ganho de peso; modelo matemático; peso de carcaça

INTRODUÇÃO

O setor pecuário brasileiro possui destaque na produção mundial de carne bovina, com produção de 10,1 milhões de toneladas de equivalente carcaça (USDA, 2021), sendo cada vez mais importante produzir carne de qualidade, visando atender os mais exigentes mercados. Dentre os parâmetros de avaliação estão as características de carcaça. Diferentes fatores como raça, sexo, idade, dieta, peso e maturidade podem influenciar na composição e qualidade da carcaça e rendimentos cárneos, e conseqüentemente, no preço final do produto (Bautista-díaz et al., 2020). Assim, podem surgir inúmeras oportunidades de trabalhar nessas fontes de variação, para tornar a atividade pecuária mais eficiente.

Devido à sua importância econômica, nutricional e social, vários métodos para determinar as características de carcaça e a composição corporal de animais domésticos têm sido estudados (Sant'Ana et al. 2021; Chay-Canul et al. 2019; Morais et al. 2016; Scholz et al. 2015; Paula et al. 2013). No entanto, é necessário determinar o número de dias ou período de confinamento para que um bovino seja alimentado com uma dieta específica, a fim de atingir as características desejadas pelos frigoríficos e explorar a eficiência de ganho de carcaça (Benthour 2000).

A adoção de métodos indiretos para prever os componentes da carcaça pode oferecer a possibilidade de acompanhar o crescimento e o desenvolvimento animal (Tedeschi et al., 2004, 2005; Tedeschi, 2006; Silva, 2017). Esses métodos permitem ao produtor obter controle quanto à composição do produto, e assim atender as demandas do mercado e decidir sobre os sistemas produtivos (Zanetti et al., 2019; Gurgel et al., 2021a). Portanto, as equações de predição além de melhorar a eficiência alimentar são cruciais para reduzir o impacto ambiental e o alto custo econômico da carne bovina produzida (Davison et al., 2021).

No Brasil, a maioria dos trabalhos científicos com bovinos de corte, utilizam equações desenvolvidas por pesquisas de comitês internacionais, especialmente equações de predição de consumo de matéria seca (CMS) relatadas pelo National Research Council (NRC, 2000; NASEM, 2016). No entanto, os modelos de predição publicados por comitês internacionais são obtidos principalmente em países de clima temperado e, como tal, projetados especificamente para suas próprias características ambientais, raças e componentes alimentares, os quais são muito contrastantes com a

realidade encontrada em regiões tropicais (Gurgel et al., 2021a). Assim, pesquisas desenvolvidas no Brasil visam propor modelos matemáticos, e considerar a especificidade dos sistemas produtivos nas regiões tropicais são importantes para auxiliar na tomada de decisões (Kenny et al., 2021). Portanto, o objetivo deste estudo foi entender e prever o consumo de matéria seca e desempenho de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo foram oriundos de cinco confinamentos desenvolvidos entre 2016 e 2020 na Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Terenos, MS, Brasil (20° 26'50 "S, 54° 50'21" W, altitude 417 m).

Ao total foram avaliados os dados individuais de 144 bovinos Nelore macho não-castrados. Os animais foram provenientes do rebanho do setor de Bovinocultura terminados em confinamento, os quais foram mantidos em baias individuais e abatidos em frigorífico comercial. Os animais correspondem a cinco experimentos de desempenho, cujo foram avaliados o consumo médio e desempenho produtivo (ganho médio diário, ganho total no confinamento, peso de abate, rendimento de carcaça, peso de carcaça quente e espessura de gordura subcutânea). Todas as dietas foram formuladas para obter ganho médio diária de 1,5 kg/dia de acordo com o NRC (2000).

Modelos de predição de consumo de matéria seca (CMS), peso corporal final (PC), peso de carcaça quente (PCQ), ganho de peso total (GPT) e ganho médio diário (GMD) foram ajustados. As variáveis consumo de proteína bruta (CPB), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), consumo total de nutrientes digestíveis (CNDT), peso corporal inicial (PCI), dias de confinamento (DC), rendimento de carcaça (RC) e espessura de gordura subcutânea (EGS) foram testadas como preditores.

Uma análise estatística descritiva foi realizada por meio do procedimento PROC SUMMARY no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis foram estimados pelo procedimento PROC CORR no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc.

Cary, CA, EUA). Os ajustes dos modelos e a seleção de variáveis foram realizadas usando o POC REG no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA). A opção STEPWISE e o Cp de Mallow foram utilizados para selecionar as variáveis incluídas nas equações (Zanetti et. al., 2019). Os *outliers* foram testados pela avaliação dos resíduos estudentizados em relação aos valores preditos pelas equações. Os resíduos que ficaram fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. A qualidade de ajuste das equações desenvolvidos foi avaliada pelos coeficientes de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio (RQEM).

A capacidade preditiva dos modelos foi avaliada por validação cruzada k-fold (k = 10), que divide aleatoriamente o conjunto de valores observados em dobras k não sobrepostas de aproximadamente o mesmo tamanho (Steyerberg e Harrel 2016; Chico Alcludia et al. 2022). Os dados estimados pelas equações que obtiveram os melhores ajustes, forma comparados com os valores observados, por meio do modelo de regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, onde Y representa o valor observado; β_0 e β_1 o intercepto e a inclinação da equação de regressão, respectivamente; e X o valor predito pelas equações. Os critérios para avaliar a adequação das equações foram: coeficiente de determinação (R^2); teste F, para a identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) da regressão dos dados preditos pelos observados; o coeficiente de correlação e concordância (CCC); a raiz quadrada do quadrado médio do erro da predição (RQMEP); e a decomposição do quadrado médio do erro da predição (QMEP) em erro médio, sistemático e aleatório (Tedeschi, 2006), utilizando-se o programa Model Evaluation System versão 3.2.2. O nível de significância foi de 5% de probabilidade em todas as análises estatísticas.

RESULTADOS

Observaram-se médias de consumos de matéria seca (CMS) de 10,2 kg/dia, de fibra em detergente neutro (CFDN) de 3,4 kg/dia (33,3% do CMS), de proteína bruta (CPB) de 1,6 kg/dia e de nutrientes digestíveis totais (CNDT) de 7,1 kg/dia. A relação CPB:GMD foi 1,3 e a relação CNDT:CPB foi 4,5. As médias de desempenho produtivo foram 345,5 kg de peso vivo inicial, 1,3 kg/dia para o ganho diário (GMD) e 152,6 kg para o ganho de peso total (GPT) e peso final de 497,8 kg em um tempo médio de confinamento de 115,7 dias (Tabela 1). Os parâmetros de

consumo (CMS, CFDN, CPB, CNDT), apresentaram alto CV, entre 22 e 29,48 %, assim como o ganho de peso total e o ganho médio diário, 28,33 e 24,65%, respectivamente (Tabela 1).

As medidas de consumo apresentaram correlação significativa ($P < 0,05$) com as medidas de desempenho, exceto com o rendimento de carcaça e os dias em confinamento (Tabela 2). O ganho de peso total apresentou alta correlação positiva com o ganho médio diário ($r=0,84$), e o peso vivo final apresentou correlação positiva ($r=0,86$) com o peso de carcaça quente (Tabela 2).

Tabela 1. Estatística descritiva dos parâmetros produtivos de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Variáveis	Descrição	N	Média ± DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
CMS (kg/dia)	Consumo de matéria seca	142	10,2 ± 2,24	4,81	17,60	22,00
CFDN (kg/dia)	Consumo de fibra em detergente neutro	142	3,4 ± 0,99	1,41	6,68	28,82
CPB (kg/dia)	Consumo de proteína bruta	142	1,6 ± 0,48	0,79	3,55	29,48
CNDT (kg/dia)	Consumo de nutrientes digestíveis totais	142	7,1 ± 1,57	3,44	2,31	22,03
PVI (kg)	Peso vivo inicial	142	345,5 ± 42,09	268,80	460,00	12,19
PVF (kg)	Peso vivo final	137	497,8 ± 57,61	358,00	670,60	11,57
GPT (kg)	Ganho de peso total	139	152,6 ± 43,23	49,00	296,20	28,33
DC	Dias em confinamento	142	115,7 ± 15,65	101	147	13,53
GMD (kg/dia)	Ganho médio diário	137	1,3 ± 0,33	0,49	2,60	24,65
PCQ (kg)	Peso de carcaça quente	137	265,8 ± 33,39	194,22	355,20	12,56
CPB:GMD	Relação consumo de PB/ganho médio diário	137	1,3 ± 0,47	0,69	3,47	36,57
CNDT:GMD	Relação consumo de NDT/ganho médio diário	137	5,7 ± 1,78	3,19	14,74	31,37
CNDT:CPB	Relação consumo de NDT/consumo de PB	142	4,5 ± 0,35	3,41	5,09	7,82

N = número de observações; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre medidas de consumo e características produtivas de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Variáveis**	CMS	CFDN	CPB	CNDT	PVF	GPT	DC	GMD	PCQ	RC	EGS	CPB:GMD	CNDT:GMD	CNDT:CPB
CMS (kg/dia)	1,00	0,90	0,93	0,99	0,63	0,34	-0,12 ^{NS}	0,44	0,59	0,07 ^{NS}	0,26	0,43	0,33	-0,52
CFDN (kg/dia)		1,00	0,77	0,83	0,51	0,26	0,25 ^{NS}	0,42	0,48	0,07 ^{NS}	0,35	0,31	0,23	-0,46
CPB (kg/dia)			1,00	0,96	0,56	0,24	-0,15 ^{NS}	0,34	0,58	0,16 ^{NS}	0,25	0,55	0,38	-0,75
CNDT (kg/dia)				1,00	0,63	0,33	-0,09 ^{NS}	0,41	0,61	0,09 ^{NS}	0,23	0,46	0,35	-0,55
PVF (kg)					1,00	0,69	0,09 ^{NS}	0,37	0,86	-0,05 ^{NS}	0,08	-0,09 ^{NS}	-0,19	-0,27
GPT (kg)						1,00	0,46	0,84	0,42	-0,41	-0,15 ^{NS}	-0,48	-0,56	0,01 ^{NS}
DC							1,00	-0,01 ^{NS}	-0,19	-0,57	-0,68	-0,14	-0,09 ^{NS}	0,27
GMD (kg/dia)								1,00	0,58	-0,15 ^{NS}	0,25	-0,50	-0,61	-0,12 ^{NS}
PCQ (kg)									1,00	0,41	0,20	0,04 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,39
CPB:GMD												1,00	0,96	-0,52
CNDT:GMD													1,00	-0,28
CNDT:CPB														1,00

NS = não significativo; ** P<0,001

CMS = consumo de matéria seca (kg/dia), CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) CFDN = consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia); CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); PVF = peso vivo final (kg); GPT = ganho de peso total (kg), GMD = ganho médio diário (kg/dia); DC = Dias em Confinamento; PCQ = peso de carcaça quentes (kg); RC = rendimento de carcaça (%);

Na Tabela 3 estão apresentadas as equações de predição ajustas em função das medidas de consumo e desempenho de novilhos Nelore não-castrados terminados em confinamento. Para a estimativa de consumo, a equação de melhor ajuste foi $\hat{Y}_5 = 0,2407 + 0,6200.CFDN + 1,0775.CNDT + 0,0007.GPT$. As cinco equações para predição de CMS apresentaram R^2 acima de 0,99, todavia quando houve a inclusão de medidas de desempenho, como PVF e GPT a equação apresentou melhor C(p) (Tabela 4).

Para predição do PVF, o R^2 variou de 0,85 a 0,99 nas equações obtidas, sendo que com a inclusão das medidas de consumo CFDN e CNDT observou-se aumento do R^2 e diminuição do Cp. Para a estimativa de peso de abate (PVF), as equações de melhor ajuste foram: $\hat{Y}_7 = 11,9822 + 1,3158.CFDN + 0,9533.PVI + 0,9927.GPT$, e $\hat{Y}_9 = -142,1223 + 0,9709.CNDT + 0,9468.PVI + 112,8006.GMD + 1,3538.DC$.

Foram obtidas quatro equações para prever o PCQ, a inclusão do peso vivo inicial em conjunto com os dias em confinamento aumentou o R^2 e diminuiu a RQEM e o Cp. A equação de predição que melhor estima o PCQ foi $\hat{Y}_{13} = 0,1971.PVI + 0,4476.PVF - 0,2190.DC$.

A equação de melhor ajuste para a predição do GPT em confinamento foi $\hat{Y}_{16} = -164,8646 + 0,0181.PVF + 1,4038.DC + 110,7189.GMD$. A predição de GMD apresentou maior R^2 quando a equação incluiu o CMS (0,9859) e não incluiu o intercepto quando comparada à equação que incluiu o CFDN e o intercepto (0,7712). A equação de melhor ajuste para a predição do GMD em confinamento foi $\hat{Y}_{18} = 0,0135.CMS - 0,0051.PVI + 0,0059.PVF$, a qual considerou o consumo de matéria seca e os pesos inicial e final (Tabela 4). Na análise de adequação das equações de predição para CMS, PVF, PCQ, GPT e GMD de novilhos Nelore não-castrados, foram destacados aqueles modelos que apresentaram R^2 maior que 90% e CCC maior que 85%.

Tabela 3. Equações de regressão para predição das características de desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Equação	RQEM	R ²	C (p)	P
Consumo de Matéria Seca – CMS (kg/dia)				
$\hat{Y}_1 = 1,4250(\pm 0,0042^*) \cdot \text{CNDT}$	0,36	0,9988	7090,27	<0,0001
$\hat{Y}_2 = 0,6084(\pm 0,0171^*) \cdot \text{CFDN} + 1,1297(\pm 0,0084^*) \cdot \text{CNDT}$	0,11	0,9999	563,66	<0,0001
$\hat{Y}_3 = 0,6006(\pm 0,0077^*) \cdot \text{CFDN} - 0,5884(\pm 0,0257^*) \cdot \text{CPB} + 1,2691(\pm 0,0072^*) \cdot \text{CNDT}$	0,05	0,9999	10,61	<0,0001
$\hat{Y}_4 = 1,7871(\pm 0,0887^*) \cdot \text{CFDN} + 0,0081(\pm 0,0006^*) \cdot \text{PVF}$	0,88	0,9985	6,52	<0,0001
$\hat{Y}_5 = 0,2407(\pm 0,0388^*) + 0,6200(\pm 0,0134^*) \cdot \text{CFDN} + 1,0775(\pm 0,0086^*) \cdot \text{CNDT} + 0,0007(\pm 0,0002^*) \cdot \text{GPT}$	0,09	0,9985	8,15	<0,0001
Peso Vivo Final - PVF (kg)				
$\hat{Y}_6 = 78,5128(\pm 16,3816^*) + 0,7672(\pm 0,0444^*) \cdot \text{PVI} + 116,4030(\pm 5,8113^*) \cdot \text{GMD}$	21,99	0,8564	964,01	<0,0001
$\hat{Y}_7 = 11,9822(\pm 6,1001^*) + 1,3158(\pm 0,7793^*) \cdot \text{CFDN} + 0,9533(\pm 0,0175^*) \cdot \text{PVI} + 0,9927(\pm 0,0161^*) \cdot \text{GPT}$	7,65	0,9828	2,54	<0,0001
$\hat{Y}_8 = 2,6536(\pm 1,6445^*) \cdot \text{CNDT} + 0,9144(\pm 0,0335^*) \cdot \text{PVI} + 122,1326(\pm 6,3589^*) \cdot \text{GMD}$	23,58	0,9978	8,12	<0,0001
$\hat{Y}_9 = -142,1223(\pm 10,7434^*) + 0,9709(\pm 0,6177^*) \cdot \text{CNDT} + 0,9468(\pm 0,0226^*) \cdot \text{PVI} + 112,8006(\pm 2,5199^*) \cdot \text{GMD} + 1,3538(\pm 0,0514^*) \cdot \text{DC}$	8,65	0,9779	4,01	<0,0001
Peso de Carcaça Quente - PCQ (KG)				
$\hat{Y}_{10} = 17,1737(\pm 12,68141^*) + 0,4994(\pm 0,02531^*) \cdot \text{PVF}$	17,00	0,7425	70,54	<0,0001
$\hat{Y}_{11} = 75,3586(\pm 13,538013^*) + 0,5129(\pm 0,02169^*) \cdot \text{PVF} - 0,5612(\pm 0,07848^*) \cdot \text{DC}$	14,51	0,8138	14,41	<0,0001
$\hat{Y}_{12} = 0,2266(\pm 0,03778^*) \cdot \text{PVI} + 0,3770(\pm 0,2622^*) \cdot \text{PVF}$	15,21	0,9968	16,48	<0,0001
$\hat{Y}_{13} = 0,1971(\pm 0,03746^*) \cdot \text{PVI} + 0,4476(\pm 0,03288^*) \cdot \text{PVF} - 0,2190(\pm 0,06521^*) \cdot \text{DC}$	14,66	0,9971	6,87	<0,0001
Ganho de Peso Total - GPT (kg)				
$\hat{Y}_{14} = 5,0646(\pm 8,19364^*) + 11,7155(\pm 5,99503^*) \cdot \text{GMD}$	22,94	0,7201	5738,23	<0,0001
$\hat{Y}_{15} = -159,7302(\pm 2,83574^*) + 1,4105(\pm 0,02109^*) \cdot \text{DC} + 113,0613(\pm 1,02661^*) \cdot \text{GMD}$	3,92	0,9919	39,82	<0,0001
$\hat{Y}_{16} = -164,8646(\pm 3,70377^*) + 0,0181(\pm 0,00855^*) \cdot \text{PVF} + 1,4038(\pm 0,02106^*) \cdot \text{DC} + 110,7189(\pm 1,50039^*) \cdot \text{GMD}$	3,87	0,9921	36,26	<0,0001
Ganho Médio Diário - GMD (kg/dia)				
$\hat{Y}_{17} = -0,1872(\pm 0,12758^*) + 0,0520(\pm 0,01623^*) \cdot \text{CFDN} - 0,00492(\pm 0,000424^*) \cdot \text{PVI} + 0,00609(\pm 0,0003297^*) \cdot \text{PVF}$	0,16	0,7712	11,33	<0,0001
$\hat{Y}_{18} = 0,0135(\pm 0,00807^*) \cdot \text{CMS} - 0,0051(\pm 0,00041^*) \cdot \text{PVI} + 0,0059(\pm 0,00031^*) \cdot \text{PVF}$	0,16	0,9859	11,87	<0,0001

*P <0,05. CMS = consumo de matéria seca (kg/dia), CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) CFDN = consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia); CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); PVI = peso vivo inicial (kg); PVF = peso vivo final (kg); GPT = ganho de peso total (kg), GMD = ganho médio diário (kg/dia); DC = Dias em Confinamento

RQEM: raiz quadrada média do erro; R²: coeficiente de determinação.

Tabela 4. Estatística média e descritiva da adequação das equações para predição das características de desempenho produtivo de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Variáveis	\hat{Y}_4 CMS	\hat{Y}_5 CMS	\hat{Y}_7 PVF	\hat{Y}_9 PVF	\hat{Y}_{13} PCQ	\hat{Y}_{16} GPT	\hat{Y}_{18} GMD
Valor médio predito	10,2±2,05	10,2±2,24	497,6±57,10	497,8±56,96	265,5 ± 32,24	153,4 ± 42,93	1,3 ± 0,27
Mínimo predito	5,8	4,9	359,7	359,5	193,5	38,7	0,7
Máximo predito	16,9	17,6	667,7	668,4	348,97	294,9	2,2
RQMEP	0,87	0,09	7,54	8,55	14,45	3,80	0,16
R ²	0,92	0,99	0,99	0,99	0,90	0,99	0,97
Análise da regressão da predição							
Intercepto (β_0)	-0,11	-0,004	0,017	-0,14	17,65	0,06	-0,51
Inclinação (β_1)	1,00	1,00	1,000	1,00	0,93	0,99	1,05
Valor P ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$)	0,9602	0,9999	0,9797	0,9994	0,2327	0,9910	0,4560
CCC (0 – 1)	0,92	0,99	0,99	0,99	0,90	0,99	0,85
Decomposição do quadrado médio do erro de predição (%)							
Erro médio	0,034	0,00	0,030	0,001	0,028	0,008	0,529
Erro sistemático	0,049	0,00	0,0001	0,0003	2,108	0,005	0,627
Erro aleatório	99,917	100%	99,970	99,9987	97,864	99,987	98,844

PVF: peso vivo ao abate (kg); PCQ: peso da carcaça quente (kg); CCC = coeficiente de concordância de correlação; RQMEP; raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição; R²: coeficiente de determinação.

DISCUSSÃO

O consumo de matéria seca é a informação mais importante para planejamento do confinamento, visto que a alimentação representa maior parte dos custos, além de influenciar diretamente no desempenho animal, como destacado no modelo de predição do GMD (equação \hat{Y}_{18}). Limitações no consumo de alimentos podem impedir que as exigências nutricionais sejam supridas, pois existe uma forte correlação entre a concentração energética da dieta e o CMS por bovinos para produção de carne (Azevêdo et al., 2016; NRC, 2000). Portanto, fatores inerentes à dieta, como as concentrações de FDN e NDT, alteram o consumo, assim como o peso corporal do animal, justificando as equações escolhidas (\hat{Y}_4 e \hat{Y}_5) incluírem esses parâmetros. Gurgel et al. (2021a) ajustaram modelos de predição de consumo de matéria seca para ovinos em pastagens e observaram que o peso corporal e o ganho de peso foram variáveis que influenciaram diretamente no consumo de nutrientes. Da mesma forma, o NRC (2000) considera o peso corporal e a qualidade da dieta para estimar o CMS. A forte correlação entre a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e a fase de regulação física do consumo se dá principalmente em virtude do alto volume ocupado pela fração da parede celular das forragens (Mertens, 1997), bem como as suas características de baixa densidade e de degradação mais lenta, quando comparada ao conteúdo celular (Van Soest, 1994; NRC, 2000).

O valor médio observado para o peso de abate (PVF) de novilhos Nelore não-castrados terminados em confinamento foi $497,8 \pm 57,61$. Carrillo et al. (2021) estudaram a curva de crescimento de 92 novilhos Angus e observaram que o peso final para animais alimentados com pasto foi ligeiramente menor (459,6 kg) do que para novilhos alimentados com grãos (472,4 kg). No entanto, no estudo de Carrillo et al. (2021), a variação de peso na terminação em animais terminados a pasto e em indivíduos terminados em confinamento foi semelhante ($P > 0,05$); ambos os grupos mostraram um desvio padrão de aproximadamente 35 kg. Os modelos de predição do peso de abate (PVF) selecionados levaram em consideração o consumo de FDN ou NDT, o peso corporal ao início do confinamento e o desempenho produtivo (GPT ou GMD) e o período de confinamento. De acordo com Gomes et al. (2021), a variável peso ao abate em ovinos é suscetível às influências externas, como

composição da dieta, tipo e sexo dos animais, raças e manejo em confinamento, assim como ocorre com bovinos (Azevêdo et al., 2016, NRC, 2000). Porém, é um indicador de desempenho e, portanto, como o peso de abate não é fixo nos diversos sistemas de produção, pode apresentar elevada variação, tais como o peso de abate de novilhos Nelore não-castrados que variou de 57,61 kg, o que seria considerado normal devido a variabilidade das informações obtidas de cinco experimento e 144 animais. Segundo Costa et al. (2020), o peso corporal está diretamente relacionado à produção e rentabilidade do rebanho. Portanto, representa o parâmetro ideal pelo qual as decisões de gerenciamento e produção podem ser realizadas. A predição do peso de abate (PVF) é uma medida de extrema importância, pois alguns sistemas de produção de bovinos nos trópicos são caracterizados baixa adoção de tecnologia (Salazar-Cuytun et al., 2021). Destaca-se que o peso de abate e, conseqüentemente, o peso de carcaça são variáveis produtivas que estão diretamente relacionados à receita obtida no abate dos animais.

O peso da carcaça quente é a principal medida para remuneração do produtor e geralmente é obtida apenas após o abate do animal. Logo, predizer essa característica facilitar o planejamento do confinamento, visto que a equação selecionada inclui o peso do animal no início e final da terminação. Além disso, considera o período em confinamento, uma que quanto maior o tempo gasto para atingir o peso de abate, menor será o rendimento de carcaça, com correlação negativa significativa (-0,57) e não refletirá em maior peso de carcaça quente, que pode ser explicado pela curva do desenvolvimento animal, no crescimento de músculos e deposição de gordura. Bautista-Díaz et al. (2020) ajustaram uma equação de predição para o peso de carcaça quente de ovinos com um fator multiplicador de 0,49 sobre o peso corporal em jejum. Esse valor é similar à equação ajustada para a predição de peso de carcaça quente a partir do peso vivo final ($\hat{Y}_{10} = 17,1737 + 0,4994.PVF$). Todavia, o modelo selecionado para melhor estimar o peso de carcaça quente, ainda leva em consideração o peso vivo inicial (PVI), o peso vivo final (PVF) e o período de confinamento (DC) ($\hat{Y}_{13} = 0,1971.PVI + 0,4476.PVF - 0,2190.DC$). Da mesma forma Costa et al. (2020) e Gurgel et al. (2021b) encontraram forte correlação das medidas corporais com as características de carcaça em ovinos. Da mesma forma, os resultados de correlação entre PVI e PCQ

foi 0,86. Não foi detectada correlação significativa do rendimento de carcaça (RC) com PVF (-0,05) ou GMD (-0,15). Entretanto, foram observadas correlações significativas entre RC e GPT (-0,41) e PCQ (0,41).

O ganho de peso total pode ser predito quando utilizadas as medidas de peso de abate (PVF), ganho médio diário e dias em confinamento (\hat{Y}_{16}). Da mesma forma, a predição de GMD pode ser explicado pelas variáveis CMS, PVI e PVF (\hat{Y}_{18}). Silvestre et al. (2019) estimaram o desempenho de novilhos em confinamento, utilizando informações de 485.458 animais, por meio do consumo de matéria seca, e observaram que quanto maior o período de confinamento, menor foi a eficiência produtiva. Os resultados apontaram um aumento no ganho total dos animais acompanhado de reduções na média de consumo de matéria seca e ganho médio diário em consequência do aumento do período de confinamento.

Na análise de adequação das equações (Tabela 4), a hipótese nula foi aceita ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$), ou seja, as estimativas de predição das variáveis de desempenho (PVF, PCQ, GPT e GMD) e o CMS são iguais aos dados observados. Assim, a utilização das equações selecionadas (\hat{Y}_4 e \hat{Y}_5) para predição do CMS, (\hat{Y}_7 e \hat{Y}_9) para predição do PVF, (\hat{Y}_{13}) para a predição do PCQ, (\hat{Y}_{16}) para a predição do GPT e (\hat{Y}_{18}) para a predição do GMD podem ser utilizadas para estimar essas variáveis em condições práticas para a terminação de novilhos Nelore não-castrados em confinamento, uma vez que tiveram mais de 97% dos desvios atribuídos a erros aleatórios, confirmando a precisão dos modelos.

Os modelos para estimar consumo de matéria seca e peso final permitem a execução de uma previsão para custos de confinamento, pois as principais despesas dependem dos nutrientes e do tempo de confinamento para atingir o peso final (peso de abate). Além disso, estimar o peso da carcaça permitirá estimar o peso bruto de receita do confinamento, uma vez que a remuneração do produtor depende da quantidade de carcaça produzida. Por fim, a modelagem dessas características produtivas permitirá simular cenários e adaptação de sistemas de produção com foco na viabilidade econômica e ambiental. Descobertas do estudo também pode ser incorporado a uma ferramenta de apoio à decisão para aconselhar os produtores sobre a estratégia mais promissora para melhorar o desempenho animal (Kenny et al. 2021).

CONCLUSÕES

As equações de predição e desempenho apresentam precisão e acurácia satisfatórias para bovinos Nelore não castrados terminados em confinamento, no entanto é necessário que mais pesquisas para predição de desempenho sejam realizadas com o objetivo de abranger maior número de categorias animais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- Azevêdo, J.A.G., Valadares Filho, S.C., Costa e Silva, L.F., Santos, A.B., Souza, L.L., Rotta, P.P., Rennó, L.N., Padro, I.N., 2016. Regulação e predição de consumo de matéria seca. In: BR - Corte: Tabela brasileira de exigências nutricionais. 2016 Valadares Filho, S.C., Costa e Silva, L.F., Gionbelli, M.P., Rotta, P.P., Marcondes, M.I., Chizzotti, M.L., Prados, L.F. (Eds), 3. ed. - Viçosa (MG):UFV, DZO, 2016.: <http://dx.doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016B001>
- Bautista-díaz, E., Mezo-solis, J. A., Herrera-camacho, J., Cruz-hernández, A., Gomez-vazquez, A., Tedeschi, L. O., Lee-rangel, H. A., Vargas-bello-pérez, E., & Chay-canul, A. J., 2020. Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. *Animals*, 10(8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ani10081276>
- Carrillo, J.A., Bai, Y., He, Y., Li, Y., Cai, W., Bickhart, D.M., Liu, G., Barao, S.M., Sonstegard, T., Song, J., 2021. Growth curve, blood parameters and carcass traits of grass-fed Angus steers. *Animal*, 15 (11), 100381. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100381>
- Chay-Canul, A.J., Sarmiento-Franco, L.A., Salazar-Cuytun, E.R., Tedeschi, L.O., Moo-Huchin, V., Solis, J.R.C., Piñeiro-Vazquez, A.T., 2019. Evaluation of

equations to estimate fat content in soft tissues of carcasses and viscera in sheep based on carbon and nitrogen content. *Small Ruminant Research*, 178, 106–110. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.005>

Chico- Alcudia, D.R., Portillo- Salgado, R., Camacho- Perez, E., Peralta- Torres, J.A., Munoz- Benitez, A.L., Lendechy, V.H.S., Gurgel, A.L.C., Difante, G.S., Ítavo, L.C.V., Chay- Canul, A.J., 2022, Models to predict live weight from heart girth in crossbred beef heifers. *Tropical Animal Health and Production*, 54, 275. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03276-7>

Costa, R.G., Lima, A.G.V.O., Ribeiro, N.L., Medeiros, A.N., Medeiros, G.R., Gonzaga Neto, S., Oliveira, R.L., 2020. Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49, e20190179. <https://doi.org/10.37496/rbz4920190179>

Davison, C., Bowen, J.M., Michie, C., Rooke, J.A., Jonsson, N., Andonovic, I., Tachtatzis, C., Gilroy, M., Duthie, C-A, 2021. Predicting feed intake using modelling based on feeding behaviour in finishing beef steers. *Animal*, 15, 100231. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100231>

Gomes, M.B., Neves, M.L.M.W., Barreto, L.M.G., Ferreira, M.A., Monnerat, J.P.I.S., Carone, G.M., Morais, J.S., Vêras, A.S.C., 2021. Prediction of carcass composition through measurements in vivo and measurements of the carcass of growing Santa Inês sheep. *PLoS ONE*, 16(3): e0247950. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247950>

Gurgel, A.L.C., Difante, G.S., Emerenciano Neto, J.V., Santana, J.C.S., Fernandes, P.B., Santos, G.T., Dias, A.M., Ítavo, L.C.V., Ítavo, C.C.B.F., Medeiros, H.R., 2021a. Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 479. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02916-8>

Gurgel, A.L.C., Difante, G.S., Emerenciano Neto, J.V., Araújo, C.G.F., Costa, M.G., Ítavo, L.C.V., Araújo, I M.M., Costa, C.M., Santana, J.C.S., Ítavo, C.C.B.F., Fernandes, P.B., 2021. Prediction of carcass traits of Santa Inês lambs finished in tropical pastures through biometric measurements. *Animals* 2021b, 11, 2329.

<https://doi.org/10.3390/ani11082329>

Kenny, D., Murphy, C.P., Sleator, R.D., Evans, R.D., Berry, D.P., 2021. Contribution of herd characteristics to best linear unbiased estimates of slaughter traits in beef cattle. *Animal*, 15, 100321. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100321>

McPhee, M.J., Walmsley, B.J., Dougherty, H.C., McKiernan, W.A., Oddy, V.H., 2020. Live animal predictions of carcass components and marble score in beef cattle: model development and evaluation. *Animal*, 14, 396–405. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000324>

Menezes, G.L., Azevêdo, J.A.G., ValadaresFilho, S.C., Oliveira, A.F., Silva, F.F., Pires, F.P.A.A., Pereira, M.I.B, Gonçalves, L.C., Borges, A.L.C.C., Jayme, D.G., 2022. A new equation to predict dry matter intake by Nellore beef cattle in commercial feedlots in Brazil. *Livestock Science*, 260, 104952. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104952>

Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 1463-1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)

Morais, M.G., Menezes, B.B., Ribeiro, C.B., Walker, C.C., Fernandes, H.J., Souza, A.R.D.L., Ítavo, C.C.B.F., Feijó, G.L.D., 2016. Models predict the proportion of bone, muscle, and fat in ewe lamb carcasses from in vivo measurements of the 9th to 11th rib section and of the 12th rib. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 1081–1090. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p1081>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>

National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>.

Salazar-Cuytun, R., Garcia-Herrera, R.A., Munoz-Benitez, A.L., Camacho-Perez, E.,

Munoz-Osorio, G.A., Ptacek, M., Portillo-Salgado, R., Vargas-Bello-Pérez, E., Chay-Canul, A.J., 2021. Relationship between body volume and body weight in Pelibuey ewes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24 (3), #125, <http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v24i3.38562>

Sant'Ana, D.A., Pache, M.C.B., Martins, J., Soares, W.P.S., Melo, S.L.N., Garcia, V., Weber, V.A.M., Heimbach, N.S., Mateus, R.G., Pistori, H., 2021. Weighing live sheep using computer vision techniques and regression machine learning. *Machine Learning with Applications*, 2021, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100076>

Silva, S. R., 2017. Use of ultrasonographic examination for in vivo evaluation of body composition and for prediction of carcass quality of sheep. *Small Ruminant Research*, 152, 144–157. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2016.12.020>

Silvestre, A.M., Cruz, G.D., Owens, F.N., Pereira, M.C.S., Hicks, R.B., Millen, D.D., 2019. Predicting feedlot cattle performance from intake of dry matter and NEg early in the feeding period. *Livestock Science*, 223, 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.007>

Scholz, A.M., Bünger, L., Kongsro, J., Baulain, U., Mitchell, A.D., 2015. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: Dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: Invited review. *Animal*, 9, 1250–1264. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000336>.

Steyerberg, E.W., Harrell, F.E., 2016. Prediction models need appropriate internal, internal–external, and external validation. *Journal of Clinical Epidemiology*, 69, 245–247. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2015.04.005>

Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Guiroy, P. J., 2004. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agriculture. System* 79, 171–204. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00070-2)

Tedeschi, L. O., 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. In

- Agricultural Systems 89(2–3), 225–247. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.004>
- Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Sainz, R. D., Barioni, L. G., Medeiros, S. R., Boin, C. 2005. Using mathematical models in ruminant nutrition. *Scientia Agricola* 62, 76-91.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. New York: Cornell University Press, 1994.
- Zanetti, D., Prados, L.F., Menezes, A.C.B., Silva, B.C., Pacheco, M.V.C., Silva, F.A.S., Silva, L.F.C., Detmann, E., Engle, T.E., Valadares Filho, S.C., 2019. Prediction of water intake to *Bos indicus* beef cattle raised under tropical conditions. *Journal of Animal Science*, 97(3), 1364-1374. <https://doi.org/10.1093/jas/skz003>

CAPÍTULO 2

Modelos matemáticos para prever as características de carcaça de bovinos Nelore não castrados terminados em sistema de confinamento sob condições tropicais

RESUMO

Objetivou-se utilizar medidas de consumo e desempenho produtivo para ajustar modelos de predição para as características de carcaça de novilhos Nelore terminados em confinamento. Foram utilizados dados individuais de 168 novilhos Nelore machos não-castrados terminados em confinamento entre os anos de 2016-2021. Análises estatísticas descritivas e coeficientes de correlação de Pearson (r) foram realizadas entre as características avaliadas. Os *outliers* foram testados avaliando-se os resíduos estudentizados em relação aos valores preditos pelas equações. Os resíduos que estavam fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. A qualidade do ajuste das equações desenvolvidas foi avaliada pelos coeficientes de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio. Os modelos para rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e força de cisalhamento foram ajustados. Observou-se médias de 53,5% de rendimento de carcaça, 4,8 mm de espessura de gordura subcutânea, 73 cm² de área de olho de lombo e 8,1 kg de força de cisalhamento. As médias observadas de consumo foram de 9,9 kg/dia de matéria seca, 3,3 kg/dia de teor de fibra em detergente neutro, 1,5 kg/dia de proteína bruta e 7,1 kg/dia de nutrientes digestíveis totais. O tempo de confinamento médio foi de 113 dias, o ganho de peso total foi de 152,2 kg e do ganho médio diário de 1,35 kg/dia. As medidas de consumo correlacionaram-se significativamente com força de cisalhamento, espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo. O rendimento de carcaça correlacionou-se significativamente com o ganho de peso total, tempo em confinamento e peso da carcaça quente. Medidas de consumo, desempenho e tempo de confinamento podem ser utilizadas como preditores de características de carcaça. A equação de predição de área de olho de lombo apresentou precisão e acurácia satisfatórias para bovinos Nelore não-castrados terminados em sistemas de confinamento sob condições tropicais. Não foi possível ajustar equações com acurácia e precisão para rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea e força de cisalhamento.

Palavras-chave: modelos matemáticos, rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo, força de cisalhamento

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial de alimentos, principalmente de origem animal, vem acompanhado de inúmeros desafios para o sistema produtivo, trazendo ao pecuarista a visão de otimizar a produção de maneira econômica e sustentável (Souza, 2013). Os parâmetros de rendimento e características da carcaça de animais ruminantes destacam-se na composição do preço do produto, porém essas avaliações são realizadas após o abate, por meio de coleta de amostras no frigorífico, seguido de análise laboratorial, onde demandam altos recursos financeiros, de pessoal e tempo (Bautista-Diaz et al., 2020; Gurgel et al., 2021).

Características de acabamento de carcaça, tais como espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL) fornecem informações importantes relacionadas ao rendimento e qualidade da carcaça. A EGS é essencial para proteção da carcaça durante o resfriamento intenso das câmaras frigoríficas, evitando o encurtamento das fibras musculares nessa etapa, mantendo a maciez da carne, comumente avaliada pela força de cisalhamento (FC). (Sant'Ana et al., 2021; Chay-Canul et al., 2019; Morais et al., 2016; Scholz et al., 2015; Paula et al., 2013).

A modelagem é uma das ferramentas disponíveis para desenvolver simplificações intencionais da realidade (Rothemberg, 1989), ou seja, permite criar equações rápidas e confiáveis para prever algumas características de carcaça a partir de variáveis medidas antes do abate, aumentando o número de avaliações, maximizando os índices de produção e oferecendo maior segurança na tomada de decisão (Tedeschi et al., 2005).

No Brasil, equações precisas, para estimar as exigências nutricionais para bovinos de corte já são utilizadas. Essas equações auxiliam os nutricionistas a formular dietas de forma correta, para otimização da produtividade e lucratividade do rebanho (Valadares Filho et al., 2016). Além disso, essas equações são utilizadas para predição de características de desempenho em bovinos de corte zebuínos, levando em consideração características como peso corporal vazio, ganho de peso e ganho de carcaça (Benedeti et al., 2021).

Medidas corporais têm sido utilizadas para predição de características de carcaça e ponto ideal de abate de bovinos, como o frame, que é um modelo linear que utiliza a idade e a altura de garupa como indicativo dos pesos de abate nos quais

os animais apresentarão a mesma composição de carcaça (BIF, 2018). Modelos não-lineares como de Von Bertalanffy também podem ser utilizados para descrever com precisão a área de olho de lombo de novilhos Hereford (Espigolan et. al, 2013)

Portanto, a hipótese deste estudo é que as medidas de consumo de nutrientes e desempenho produtivo podem ser utilizadas como variáveis preditoras das características de carcaça de bovinos. Assim, objetivou-se utilizar os dados observados do consumo de nutrientes e das medidas de desempenho de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento para desenvolver modelos matemáticos para prever o rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea, área de olho de lombo e força de cisalhamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de seis confinamentos realizados entre 2016 e 2021 na Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEZ) e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em Terenos, MS, Brasil (20° 26' 50 "S, 54° 50' 21" W, altitude 417 m).

Foram avaliados dados individuais de 168 bovinos Nelore machos não-castrados, terminados em confinamento e abatidos em frigorífico comercial. Os animais correspondem a seis experimentos de desempenho, as informações estão descritas na Tabela 1. Foram avaliados o consumo médio e o desempenho produtivo.

Tabela 1: Descrição dos confinamentos experimentais

Experimento	Ano	Animais (n°)	PVI (kg)	DC (dias)	Volumoso (g/kg MS)	Concentrado (g/kg MS)	PBD (g/kg MS)
1	2016	24	311,0	126	400	600	150
2	2017	24	330,0	119	400	600	151
3	2018	24	330,0	114	200	800	142
4	2019	48	356,2	100	300	700	150
5	2020	24	377,8	97	300	700	143
6	2021	24	331,8	100	300	700	150

DC: dias de confinamento; MS: matéria seca; PVI: peso vivo inicial; PBD: proteína bruta na dieta

Análise estatística descritiva foi realizada usando o procedimento PROC SUMMARY no SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis foram estimados usando o procedimento PROC CORR no SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, EUA). Os ajustes do modelo e a seleção das variáveis foram realizados usando o PROC REG no SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, EUA). A opção STEPWISE e o $C(p)$ de Mallow foram usados para selecionar as variáveis incluídas nas equações. Os *outliers* foram testados avaliando-se os resíduos estudentizados em relação aos valores preditos pelas equações. Os resíduos que ficaram fora do intervalo de -2,5 a 2,5 foram removidos. A qualidade do ajuste das equações desenvolvidas foi avaliada pelos coeficientes de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio (RQEM).

Os dados estimados pelas equações que obtiveram os melhores ajustes foram comparados com os valores reais, por meio do modelo de regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, onde Y representa o valor observado; β_0 e β_1 o intercepto e a inclinação da equação de regressão, respectivamente; e X o valor predito pelas equações. Os critérios para avaliar a adequação das equações foram: coeficiente de determinação (R^2); Teste F, para a identidade dos parâmetros ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$) da regressão dos dados previstos pelo observado. O fator de correção de viés (C_b), componente do coeficiente de correlação de concordância (CCC), foram utilizados como indicadores de desvio da linha de identidade. Os CCC também foram usados como índice de reprodutibilidade para contabilizar acurácia e precisão: alta acurácia e precisão foram assumidas quando os coeficientes foram $> 0,80$ e baixa acurácia e precisão quando os coeficientes foram $< 0,50$. A raiz quadrada do quadrado médio do erro de previsão (RMSPE) e a decomposição do quadrado médio do erro de predição (MSPE) em erro médio, sistemático e aleatório (Tedeschi, 2006), utilizando o programa Model Evaluation System versão 3.2.2. O nível de significância foi de 5% de probabilidade em todas as análises estatísticas.

RESULTADOS

Os valores médios observados no consumo de nutriente, desempenho produtivo e tempo de confinamento estão descritos na Tabela 2. O consumo de matéria seca (CMS) foi de 9,9 kg/dia, o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) de 3,3 kg/dia, proteína bruta (CPB) de 1,5 kg/dia e nutrientes digestíveis totais (CNDT) de 7,1 kg/dia. Os parâmetros de consumo (MS, FDN, CPB e NDT) apresentaram coeficientes de variação entre 21,93 e 37,95%, assim como o ganho de peso total (GPT) e o ganho médio diário (GMD), de 26,92 e 24,42%, respectivamente. O tempo de confinamento (DC) médio foi de 113 dias, a média do ganho de peso total foi de 152,27 kg e do ganho médio diário de 1,35 kg/dia. O rendimento de carcaça (RC) apresentou média de 53,5% com coeficiente de variação (CV) de 5,78%. As medidas de características da carcaça apresentaram médias de 4,8 mm de espessura de gordura (EGS), 72,8 cm² de área de olho de lombo (AOL) e 8,1 kg de força de cisalhamento (FC), com CV entre 22,03 e 39,75% (Tabela 2).

As medidas de consumo CFDN e CPB correlacionaram-se significativamente ($P < 0,001$) com força de cisalhamento (-0,20) e espessura de gordura subcutânea (0,34), respectivamente (Tabela 3). A AOL correlacionou-se positivamente ($P < 0,001$) com todas as medidas de consumo e negativamente com o tempo em confinamento ($P < 0,001$) como apresentado na Tabela 3. O rendimento de carcaça não apresentou correlação significativa com as medidas de consumo ($P > 0,05$), no entanto, correlacionou-se significativamente ($P < 0,001$) com o ganho de peso total (-0,41), tempo em confinamento (-0,52) e peso da carcaça quente (0,39) (Tabela 3).

Tabela 2. Estatística descritiva dos parâmetros produtivos de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Variáveis	Descrição	N	Média ± DP	Mínimo	Máximo	CV(%)
CMS (kg/dia)	Consumo de matéria seca	164	9,92 ± 2,17	4,81	17,60	21,89
CFDN (kg/dia)	Consumo de fibra em detergente neutro	164	3,33 ± 0,96	1,41	6,82	29,94
CPB (kg/dia)	Consumo de proteína bruta	164	1,54 ± 0,47	0,79	3,55	30,57
CNDT (kg/dia)	Consumo de nutrientes digestíveis totais	164	7,12 ± 1,47	3,44	12,31	20,63
PVI (kg)	Peso vivo inicial	164	342,94 ± 41,06	268,80	460,00	11,97
PVF (kg)	Peso vivo final	164	494,21 ± 54,45	358,00	670,60	11,01
GPT (kg)	Ganho de peso total	164	152,27 ± 40,99	49,00	296,20	26,92
DC (dias)	Dias em confinamento	164	113,47 ± 15,58	100	147	13,74
GMD (kg/dia)	Ganho médio diário	164	1,35 ± 0,33	0,49	2,60	24,42
PCQ (kg)	Peso de carcaça quente	164	263,80 ± 31,25	194,22	355,20	11,85
RC (%)	Rendimento de carcaça	164	53,53 ± 3,09	44,60	61,10	5,78
AOL (cm)	Área de olho de lombo	141	72,81 ± 15,97	47,00	145,50	21,93
EGS (mm)	Espessura de gordura subcutânea	162	4,81 ± 1,82	0,90	11,74	37,75
FC (kg)	Força de cisalhamento	163	8,05 ± 2,74	2,98	17,33	33,99

N: número de observações; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre medidas de consumo e características produtivas de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Variáveis	CFDN	CPB	CNDT	PVF	GPT	DC	GMD	PCQ	RC	AOL	EGS	FC
CMS	0,91**	0,93**	0,95**	0,63**	0,31**	-0,01	0,34**	0,60**	0,06	0,54**	0,19	-0,14
CFDN	1,00	0,80**	0,80**	0,53**	0,24**	-0,12	0,33**	0,50**	0,07	0,62**	-0,02	-0,20**
CPB		1,00	0,88**	0,50**	0,21**	0,01	0,21**	0,56**	0,14	0,58**	0,34**	-0,03
CNDT			1,00	0,64**	0,32**	-0,07	0,40**	0,62**	0,07	0,40**	0,29**	-0,21
PVF				1,00	0,67**	0,10	0,68**	0,86**	-0,07	0,19	0,10	-0,21
GPT					1,00	0,45**	0,84**	0,42**	-0,41**	-0,09	-0,10	-0,06
DC						1,00	-0,10	-0,15	-0,52**	-0,39**	-0,18	0,40**
GMD							1,00	0,54**	-0,15	0,13	0,00	-0,32**
PCQ								1,00	0,39**	0,34**	0,23**	-0,19
RC									1,00	0,31**	0,25**	-0,03
AOL										1,00	-0,08	-0,16
EGS											1,00	0,07

** P<0,001

CMS = consumo de matéria seca (kg/dia), CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) CFDN = consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia); CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); PVF = peso vivo final (kg); GPT = ganho de peso total (kg); DC = Dias em Confinamento; GMD = ganho médio diário (kg/dia); PCQ = peso de carcaça quentes (kg); RC = rendimento de carcaça (%); AOL = Área de olho de lombo (cm); EGS = Espessura de gordura subcutânea (mm); FC = Força de cisalhamento (kg)

A Tabela 4 mostra as equações de predição das características de carcaça desenvolvidas em função das medidas de consumo e desempenho de novilhos Nelore não-castrados terminados em confinamento. Para a estimativa do RC, apenas as equações sem intercepto apresentaram coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,99. Ademais, quando acrescentado os valores das medidas ao quadrado, a equação quadrática apresentou melhor RQEM, porém pior C(p) (Tabela 4). As equações de melhor ajuste do rendimento de carcaça foram $\hat{Y}_3 = 3,2829.CPB - 0,8286.CNDT + 0,0246.PVF - 0,3836.GPT + 0,4195.DC + 39,6007.GMD$, e $\hat{Y}_4 = 1,5497.CPB + 0,9562.DC - 0,0043.DC^2 - 0,3252.GMD^2$

Foram obtidas quatro equações para a predição da EGS, a exclusão do intercepto, juntamente com a inclusão dos valores quadráticos das medidas aumentou o R^2 e diminuiu o RQEM e o C(p). A equação que melhor estimou a EGS foi $\hat{Y}_8 = 5,1928.CMS - 0,1862.CMS^2 - 9,2198.CFDN + 0,9344.CFDN^2 - 0,6565.CNDT - 0,0338.DC$

Para a predição da AOL obteve-se duas equações com R^2 inferior 0,70. A não inclusão de intercepto apresentou duas equações com R^2 de 0,99, e quando levado em consideração as medidas de consumo de matéria seca, consumo de proteína bruta e o tempo de confinamento em um modelo quadrático, diminuiu o RQEM e o C(p), resultando na equação $\hat{Y}_{12} = - 0,3149.CMS^2 + 69,1469.CPB + 0,4006.DC - 0,0032.DC^2$.

A equação de melhor ajuste para a predição FC foi $\hat{Y}_{15} = 2,3139.CPB - 0,0421.CNDT^2 + 0,0711.DC - 1,1557.GMD$.

As análises das equações de predição estão apresentadas na Tabela 5. A equação para predição de AOL se mostrou acurada e precisa. No entanto, para as variáveis de RC e EGS apesar de apresentarem R^2 maior que 0,50, tiveram CCC menor que 0,75. Em relação a FC, os modelos não apresentaram bons índices de acurácia e precisão. Na análise da decomposição do quadrado médio do erro, observa-se que todas as medidas a serem preditas apresentaram pelo menos uma equação com erro aleatório acima de 99%.

Tabela 4. Equações de regressão para predição das características de carcaça de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Equação	RQE M	R ²	C(p)	P
Rendimento de Carcaça - RC (%)				
$\hat{Y}_1 = 68,5016(\pm 1,3648^*) - 0,7548(\pm 0,2735^*).CFDN + 5,1906(\pm 0,6989^*).CPB - 0,8261(\pm 0,2156^*).CNDT - 0,1268(\pm 0,0091^*).DC$	21,17	0,60	8,31	<0,0001
$\hat{Y}_2 = 61,2509(\pm 0,9274^*) - 0,6580(\pm 0,2585^*).CFDN + 4,3390(\pm 0,7009^*).CPB - 0,7328(\pm 0,2242^*).CNDT + 0,0001.PVF^2 - 0,0005.DC^2 - 1,5142(\pm 0,6068^*).GMD$	19,36	0,65	7,02	<0,0001
$\hat{Y}_3 = 3,2829(\pm 0,9689^*).CPB - 0,8286(\pm 0,333^*).CNDT + 0,0246(\pm 0,0061^*).PVF - 0,3836(\pm 0,0136^*).GPT + 0,4195(\pm 0,0169^*).DC + 39,6007(\pm 1,8716^*).GMD$	30,82	0,99	6,97	<0,0001
$\hat{Y}_4 = 1,5497(\pm 0,3278^*).CPB + 0,9562(\pm 0,0123^*).DC - 0,0043(\pm 0,0001).DC^2 - 0,3252(\pm 0,1584^*).GMD^2$	21,57	0,99	11,61	<0,0001
Espessura de gordura subcutânea - EGS (mm)				
$\hat{Y}_5 = 9,4570(\pm 0,8538^*) + 3,3190(\pm 0,8844^*).CMS - 3,0589(\pm 0,3396^*).CFDN - 6,4271(\pm 3,2133^*).CPB - 1,8525(\pm 0,5432^*).CNDT - 0,0447(\pm 0,0058^*).DC$	10,16	0,48	3,33	<0,0001
$\hat{Y}_6 = 3,1140(\pm 0,7682^*) + 1,5385(\pm 0,2551^*).CMS - 2,7090(\pm 0,3221^*).CFDN - 0,0530(\pm 0,0171^*).CNDT^2 - 0,0002.DC^2$	10,57	0,43	4,83	<0,0001
$\hat{Y}_7 = 0,9663(\pm 0,1358^*).CMS - 2,2337(\pm 0,2726^*).CFDN - 0,0441(\pm 0,0047^*).GPT + 0,0285(\pm 0,0051^*).DC + 4,3085(\pm 0,5014^*).GMD$	11,05	0,95	5,70	<0,0001
$\hat{Y}_8 = 5,1928(\pm 0,5266^*).CMS - 0,1862(\pm 0,0236^*).CMS^2 - 9,2198(\pm 1,4775^*).CFDN + 0,9344(\pm 0,2143^*).CFDN^2 - 0,6565(\pm 0,2349^*).CNDT - 0,0338(\pm 0,0058^*).DC$	9,85	0,96	1,16	<0,0001
Área de olho de lombo - AOL (cm²)				
$\hat{Y}_9 = 79,3548(\pm 7,1839^*) + 49,2806(\pm 4,4711^*).CPB - 4,4059(\pm 1,1266^*).CFDN - 0,4085(\pm 0,0456^*).DC$	98,94	0,65	3,94	<0,0001
$\hat{Y}_{10} = 20,1374(\pm 7,1110^*) - 0,3789(\pm 0,0974^*).CMS^2 + 77,6474(\pm 11,2818^*).CPB - 0,0017(\pm 0,0001^*).DC^2$	95,97	0,66	1,13	<0,0001
$\hat{Y}_{11} = - 6,3465(\pm 1,9968^*).CMS + 75,3479(\pm 11,9313^*).CPB - 0,4536(\pm 0,0424^*).GPT + 0,2526(\pm 0,0383^*).DC + 49,7019(\pm 4,8757^*).GMD$	100,13	0,99	4,58	<0,0001
$\hat{Y}_{12} = - 0,3149(\pm 0,0951^*).CMS^2 + 69,1469(\pm 10,9481^*).CPB + 0,4006(\pm 0,1120^*).DC - 0,0032(\pm 0,0004^*).DC^2$	88,75	0,99	1,09	<0,0001
Força de cisalhamento - FC (kg)				
$\hat{Y}_{13} = - 35,3110(9,2882^*) + 0,6496(\pm 0,1543^*).DC - 0,0023(\pm 0,0006^*).DC^2$	20,58	0,37	16,84	<0,0001
$\hat{Y}_{14} = 0,0836(\pm 0,0045^*).DC - 1,2120(\pm 0,3663^*).GMD$	21,58	0,95	10,90	<0,0001
$\hat{Y}_{15} = 2,3139(\pm 0,6640^*).CPB - 0,0421(\pm 0,0145^*).CNDT^2 + 0,0711(\pm 0,0055^*).DC - 1,1557(\pm 0,3878^*).GMD$	19,95	0,96	9,66	<0,0001

*P <0,05

CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); CPB = consumo de proteína bruta (kg/dia) CFDN = consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia); CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia); PVF = peso vivo final (kg); GPT = ganho de peso total (kg); DC = Dias em Confinamento; GMD = ganho médio diário (kg/dia); PCQ = peso de carcaça quente (kg), RQEM: raiz quadrada média do erro; R²: coeficiente de determinação

Tabela 5. Estatística média e descritiva da adequação das equações para predição das características de carcaça de bovinos Nelore não-castrados terminados em confinamento

Variáveis	\hat{Y}_3 RC	\hat{Y}_4 RC	\hat{Y}_8 EGS	\hat{Y}_{12} AOL	\hat{Y}_{15} FC
Valor médio predito	53,73±2,39	53,56±2,13	4,30±0,87	71,10±10,78	7,68 ± 1,39
Mínimo predito	44,48	48,72	2,13	51,79	4,96
Máximo predito	57,92	57,68	5,69	92,96	10,65
RQEMP	2,35	1,76	0,87	7,78	1,60
R ²	0,37	0,57	0,50	0,75	0,44
Análise da regressão da predição					
Intercepto (β_0)	16,985	3,227	0,027	-0,412	-0,063
Inclinação (β_1)	0,685	0,940	0,994	1,005	1,008
Valor P ($\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$)	0,001	0,673	0,997	0,996	0,996
CCC (0 – 1)	0,564	0,733	0,668	0,795	0,604
Decomposição do quadrado médio do erro de predição (%)					
Erro médio	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000
Erro sistemático	9,392	0,560	0,004	0,006	0,005
Erro aleatório	90,590	99,470	99,996	99,994	99,995

RC = Rendimento de carcaça (%), EGS = Espessura de gordura subcutânea (mm), AOL: Área de olho de lombo (cm²), FC = Força de cisalhamento (kg), CCC = Coeficiente de correlação de concordância, RQEMP = Raiz quadrada do erro médio da predição, R² = Coeficiente de determinação.

DISCUSSÃO

A correlação negativa do rendimento de carcaça com o tempo de confinamento e ganho de peso total revela que o parâmetro não é apenas uma equação matemática, mas que é influenciado pelo manejo nutricional e potencial genético do animal, além dos objetivos de desempenho a serem atingidos. Animais que ficam menor tempo em confinamento tendem a ter melhor rendimento de carcaça que animais que ficam mais tempo em confinamento, e fornecem o mesmo peso de carcaça quente e ganho médio diário de peso. O cálculo do rendimento de carcaça incluiu o peso vivo final do animal e o peso da carcaça quente. A equação para predição deste parâmetro revelou que o consumo de proteína bruta com o tempo em confinamento são parâmetros importantes para o ajuste da equação. Além do ganho médio diário, que também está relacionado ao tempo em confinamento. Confirmando que o rendimento de carcaça não tem relação apenas com a quantidade de nutrientes que o animal ingere, ou a quantidade de tempo em que fica confinado, e o maior peso final nem sempre terá maior rendimento de carcaça.

As equações de predição da espessura de gordura subcutânea incluíram as medidas de CMS, CFDN, CNDT e o DC, visto que o desenvolvimento e produção da gordura corporal se dá após o suprimento das exigências de manutenção. A gordura subcutânea é benéfica para a maturação da carne, está positivamente correlacionada ao rendimento de carcaça e à força de cisalhamento (Tabela 3) sendo este último parâmetro utilizado para determinar a maciez da carne. A gordura é o tecido mais variável da carcaça, tanto em quantidade quanto em distribuição e seu excesso é o principal fator que contribui para uma baixa retalhabilidade da carcaça, que consiste na quantidade de cortes aparados do excesso de gordura (Luchiari Filho, 2000). Além disso, a gordura subcutânea também funciona como um isolante térmico, diminuindo a velocidade de resfriamento da carcaça, evitando a desidratação, o escurecimento e a redução da maciez da carne (Bridi e Constantino, 2009). Com isso, o grau acabamento da carcaça torna-se o fator decisivo para escolha do momento ideal de abate do animal, promovendo garantia de qualidade da carcaça.

A área de olho de lombo apresentou correlação positiva com todos os parâmetros de consumo, revelando a influência da dieta e manejo nutricional para o

rendimento de cortes cárneos, relevado também na equação de predição, que incluiu o consumo de massa seca, proteína bruta e tempo de confinamento. A área de olho de lombo é uma medida que tem sido utilizada como indicativo de desenvolvimento muscular (Paula et al., 2015; Kause et al., 2015).

A força de cisalhamento, que revela a maciez da carne, está mais associada à genética do animal, tal como raça e linhagem, mas também se relaciona com o manejo nutricional e sistema de produção. Mesmo apresentando elevado coeficiente de variação, se correlacionou significativamente apenas com tempo de confinamento (0,40) e ganho de peso médio diário (-0,32). Animais que permaneceram menos tempo em confinamento e apresentaram maior ganho de peso diário também apresentaram menor força de cisalhamento, ou seja, maior maciez da carne. O modelo de predição nos apresenta também quanto ao manejo nutricional, quanto maior o consumo de proteína bruta e nutriente digestíveis totais, maior a maciez devido a menor força de cisalhamento.

Na avaliação de adequação dos modelos (Tabela 5), a hipótese nula não foi aceita ($P < 0,05$) apenas na equação \hat{Y}_3 para predição de rendimento de carcaça, ou seja, todas as outras as predições de características de carcaça geradas pelas equações são semelhantes aos dados observados ($b_0 = 1$ e $b_1 = 0$). Na análise de acurácia e precisão, os modelos aceitos para estimar rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea e força de cisalhamento foram encontrados valores baixos de R^2 (0,57, 0,50 e 0,44) e CCC (0,73, 0,67 e 0,60), indicando que estas equações não podem ser consideradas confiáveis. Por outro lado, as equações para estimar área de olho de lombo apresentaram altos valores ($>0,75$) de R^2 e CCC, indicando que o modelo apresenta boa capacidade preditiva, com alta acurácia e precisão. A decomposição do quadrado médio do erro da predição mostrou que mais de 99% dos erros das equações aceitas têm origem aleatória (Tedeschi, 2006).

CONCLUSÃO

Medidas de consumo de nutrientes, de desempenho e tempo de confinamento podem ser utilizadas como preditores de rendimento de carcaça, área de olho de lombo, espessura de gordura e força de cisalhamento de bovinos Nelore não

castrados terminados em confinamento.

As equações de predição de área de olho de lombo apresentam precisão e acurácia satisfatórias para novilhos Nelore não castrados terminados em confinamento.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

Bautista-Díaz, E., Mezo- Solis , JA, Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernández, A., Gomez-Vazquez , A., Tedeschi, LO, Lee-Rangel, HA, Vargas-Bello-Pérez, E., Chay-Canul, AJ, 2020. Previsão de características de carcaça de cordeiros de ovelhas de pêlo usando medidas corporais. *Animals*, 10 (8), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ani10081276>

Beef Improvement Federation – BIF, 2018. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs 9 Ed. <https://beefimprovement.org/library-2/bif-guidelines>
Acessado em:

Bridi, A.M.; Constantino, C. Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. In: Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia. Associação Paranaense dos Estudantes de Zootecnia, 30., 2009. Anais... Maringá, PR, 2009.

Chay-Canul , AJ; Sarmiento-Franco, LA; Salazar-Cuytun , ER; Tedeschi, LO; Moo-Huchin , V.; Solis, JRC; Piñeiro -Vazquez, AT, 2019. Avaliação de equações para estimar o teor de gordura em tecidos moles de carcaças e vísceras de ovinos com base no teor de carbono e nitrogênio. *Pequena Rumina* . Res. 178, 106-110. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.005>

Gurgel , ALC, Difante , GS, Emerenciano Neto, JV, Araújo, CGF, Costa, MG, Ítavo

, LCV, Araújo, I MM, Costa, CM, Santana, JCS, Ítavo , CCBF, Fernandes, PB, 2021. Predição de características de carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastagens tropicais por meio de medidas biométricas. *Animais*, 11, 2329. <https://doi.org/10.3390/ani11082329>

Kause, A.; Mikkola, L.; Strandén, I.; Sirkko, K. Genetic parameters for carcass weight, conformation and fat in five beef cattle breeds. *Animal*, v. 9, p. 35-42, 2015.

Luchiari Filho, A. A pecuária da carne bovina. LinBife, São Paulo, SP, 2000.

Morais , MG, Menezes, BB, Ribeiro, CB, Walker, CC, Fernandes, HJ, Souza, ARDL, Ítavo , CCBF, Feijó , GLD, 2016. Modelos predizem a proporção de osso, músculo e gordura em carcaças de cordeiros de medidas in vivo da seção da 9^a à 11^a costela e da 12^a costela. *Semina Ciênc . Agr .* 37, 1081-1090. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p1081>

National Research Council – NRC, 2000. Necessidades Nutricionais de Bovinos de Corte: Sétima Edição Revisada: Atualização 2000. Washington, DC: The National Academies. <https://doi.org/10.17226/9791>.

Paula, E.J.H.; Martins, E.N.; Oliveira, C.A.L.; Magnabosco, C.U.; Sainz, R.D.; Geron, L.J.V.; Souza Neto, E.L.; Porto, E.P.; Miguel, G.Z. Associations between reproductive and carcass traits in Nellore. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, p. 4423-4434, 2015.

Sant'Ana , DA, Pache , MCB, Martins, J., Soares, WPS, Melo, SLN, Garcia, V., Weber, VAM, Heimbach , NS, Mateus, RG, Pistori , H., 2021. Pesagem de ovinos vivos usando técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina de regressão. *Maquin. Aprender. Aplic .* 2021, 5, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100076>

Scholz, AM, Bünger , L., Kongsro , J., Baulain , U., Mitchell, AD, 2015. Métodos não invasivos para a determinação da composição corporal e da carcaça em gado: absorciometria de raios X de dupla energia, tomografia computadorizada , ressonância magnética e ultra-som: revisão convidada. *Animal*, 9, 1250-1264. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000336>.

Tedeschi, LO, 2006. Avaliação da adequação de modelos matemáticos. Em *Sistemas Agrícolas* 89(2-3), 225-247. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2005.11.004>

Tedeschi, LO, Fox, DG, Sainz , RD, Barioni , LG, Medeiros, SR, Boin , C., 2005. Utilizando modelos matemáticos na nutrição de ruminantes. *Scientia Agrícola* 62, 76-91. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000100015>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O confinamento se mostra como uma alternativa rápida e eficaz para aumento de produção de carne, e a modelagem se destaca ao oferecer subsídios para planejamento das atividades, principalmente quanto à alimentação, desempenho e produtividade, além de fornecer a possibilidade de uma análise detalhada da atividade ao curto e longo prazo, para viabilidade econômica.

Parâmetros e variáveis como os utilizados neste trabalho são de suma importância para o sucesso da atividade, visto que são os precursores da rentabilidade do sistema. Com isso, abre caminhos para novas pesquisas e aperfeiçoamento das equações, visto que todas ofereceram informações relevantes que devem ser levadas em consideração.

ANEXO

Springer Link Search   [Log in](#)

Regular Articles | [Published: 03 February 2023](#)

Prediction models of intake and productive performance of non-castrated Nellore cattle finished in the feedlot system under tropical conditions

[Jessika Rodrigues de Figueiredo Moura](#) [Luís Carlos Vinhas Itavo](#) [Camila Celeste Brandão Ferreira Itavo](#) [Alexandre Menezes Dias](#) [Gelson dos Santos Difante](#) [Geraldo Tadeu dos Santos](#) [Antonio Leandro Chaves Gurgel](#) & [Alfonso Juventino Chav-Canul](#)

Tropical Animal Health and Production 55, Article number: 64 (2023) | [Cite this article](#)

41 Accesses | [Metrics](#)

Abstract

The objective of this study was to understand and predict the intake and performance of Nellore cattle finished in the feedlot. Individual data from 144 non-castrated male Nellore steers finished in the feedlot between the years 2016 and 2020 were used. Descriptive statistical analyses and Pearson's correlation were performed. The outliers were tested by evaluating the studentized residuals in relation to the values predicted by the equations. Residues that were outside the range of -2.5 to 2.5 were removed. The goodness of fit of the developed equations was evaluated by the coefficients of determination (r^2) and root mean square error (RMSE). The mean dry matter intake (DMI) was 10.2 kg/day; neutral detergent fiber intake (NDFI) was 3.4 kg/day, corresponding to 33.3% of DMI; crude protein intake (CPI) was 1.6 kg/day, and total digestible nutrient intake (TDNI) was 7.1 kg/day. The CPI to ADG ratio was 1.3 kg CPI/kg ADG and the TDNI to CPI ratio was 4.5 kg TDNI/kg CPI. The averages of productive performance were 1.3 kg/day for average daily gain (ADG), 152.6 kg for total weight gain (TWG), and 497.8 kg for final body weight (FBW) in average days in the confinement of 115.7 days. The intake measures correlated significantly with the performance measures, except for carcass yield and days in the feedlot. TWG had a high positive correlation with ADG ($r = 0.84$), while FBW had a positive correlation ($r = 0.86$) with hot carcass weight (HCW). Measures of intake, performance, and days in the feedlot can be used as predictors of DMI, FBW, HCW, TWG, and ADG. The prediction equations had satisfactory precision and accuracy for non-castrated Nellore cattle finished in feedlot systems under tropical conditions.

This is a preview of subscription content, [access via your institution](#).

Data availability

Access via your institution [→](#)

Access options

[Buy article PDF](#)

USD 39.95

Price includes VAT (Brazil)

Instant access to the full article PDF.

[Rent this article via DeepDive](#)

[Learn more about Institutional subscriptions](#)

Sections Figures References

[Abstract](#)

[Data availability](#)

[Code availability](#)

[References](#)

[Acknowledgements](#)

[Funding](#)

[Author information](#)

[Ethics declarations](#)

[Additional information](#)

[Rights and permissions](#)

[About this article](#)

Advertisement

Anexo I – Artigo publicado (Capítulo 1) no periódico científico *Tropical Animal Health and Production*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03488-5>