



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA PAULA DE OLIVEIRA DE SOUZA

**ABORDAGENS ALTERNATIVAS PARA ESTIMATIVA DE
CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM
BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Londrina
2021

ANA PAULA DE OLIVEIRA DE SOUZA

**ABORDAGENS ALTERNATIVAS PARA ESTIMATIVA DE
CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM
BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Valter Bumbieris Júnior
Co-orientador: Dr. Rodrigo da Costa Gomes

Londrina - PR
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S729a Souza, Ana Paula de Oliveira..
Abordagens alternativas para estimativa de características de eficiência alimentar em bovinos de corte confinados. / Ana Paula de Oliveira. Souza. - Londrina, 2021.
76 f. : il.

Orientador: Valter Bumbieris Júnior.
Coorientador: Rodrigo da Costa Gomes.
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2021.
Inclui bibliografia.

1. Bovinos de corte - Tese. 2. Confinamento - Tese. 3. Consumo alimentar residual. - Tese. 4. Consumo de água - Tese. I. Bumbieris Júnior, Valter . II. Gomes, Rodrigo da Costa . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

CDU 63

ANA PAULA DE OLIVEIRA DE SOUZA

**ABORDAGENS ALTERNATIVAS PARA ESTIMATIVA DE
CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS DE
CORTE CONFINADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Co-orientador: Dr. Rodrigo da Costa Gomes
EMBRAPA Gado de Corte

Dr. Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes
EMBRAPA Gado de Corte

Prof. Dr. Sergio Rodrigo Fernandes
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 26 de fevereiro de 2021.

*Dedico este trabalho a Deus, Nossa Senhora
Aparecida e minha família!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à DEUS por permitir a realização de mais essa etapa, por me dar força e RESILIÊNCIA para conseguir chegar até aqui.

A minha FAMÍLIA por incentivar e fazer de tudo para que fosse possível a realização desse projeto, por estar comigo sempre mesmo com a distância, ao meu PAI por todos os conselhos, lições de vida e incentivo, à minha MÃE por toda preocupação, orações e esperança por dias melhores, a minha irmã Cláudia pelas broncas, ajudas e socorros, ao meu irmão Lucas pelas chamadas de vídeos, pelos pedidos para eu acabar isso logo e ir embora, por alegrar meus dias mesmo de longe, a minha vó Lourdes e minha tia madrinha Vera por toda ajuda, apoio e dedicação. Sem a minha família nada disso seria possível, devo tudo a eles!

Ao professor Valter pela orientação, pelos conselhos, que muitas vezes foi mais que um orientador, foi um pai. Ao Dr. Rodrigo Gomes pela co-orientação, por permitir a realização desse projeto incrível, por todos os ensinamentos proporcionados.

Ao Marcus Vinicius (Marcão) por todos os ensinamentos e parceria, a todos os colaboradores da EMBRAPA Gado de Corte que estiveram com a gente durante a realização da PADN.

Enfim, meu muito OBRIGADA!

“Acredite. Lute. Conquiste. E acima de tudo,
seja feliz. Insista, persista e nunca desista.
Cada um é o que é e oferece aquilo que tem
para oferecer.”

Mestre Arievlis

SOUZA, Ana Paula de Oliveira. **Abordagens alternativas para estimativa de características de eficiência alimentar em bovinos de corte confinados**. 2021. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

Novas abordagens para tomar medidas de eficiência alimentar podem ser úteis para ampliar as possibilidades de mensurar e avaliar a eficiência alimentar, e aprimorar as metodologias que já existem. O primeiro estudo desta investigação propôs uma equação de predição de consumo de matéria seca (CMSpred) em bovinos confinados utilizando informações observadas de consumo de matéria seca (CMS), consumo hídrico (CH), peso corporal (PC) e ganho médio diário (GMD) para estimar medidas de eficiência alimentar. Utilizou-se bancos de dados de testes de desempenho da raça Senepol. Foram estimados CMS a partir de equações do NRC (1996, CMSnrc) e BR-CORTE (2016, CMSbr-corte) e análise de regressão múltipla foi empregada considerando CMS observado como variável dependente e CH, PC e GMD como variáveis independentes para gerar uma nova equação: CMSpred, CMSnrc e CMSbr-corte foram utilizados para estimar a eficiência alimentar bruta (EABpred, EABnrc e EABbr-corte) e consumo alimentar residual (CARpred, CARnrc e CARbr-corte). A correlação do CMSpred com CMS observado foi maior (0,73) que aquelas encontradas para CMSbr-corte (0,66) e CMSnrc (0,68). As correlações entre eficiência alimentar bruta (EAB) observada, EABpred, EABnrc e EABbr-corte foram positivas e altas, apresentando magnitudes semelhantes que variaram de 0,91 a 0,92. O CAR observado apresentou correlação moderada com CARpred (0,45) e baixas com CARbr-corte (-0,08) e CARnrc (0,00). A estimativa de consumo de alimentos a partir do desempenho e consumo hídrico pode ser útil para estimativas de características de eficiência alimentar em bovinos confinados. No segundo estudo, o objetivo foi avaliar os efeitos da duração do teste, do ganho médio diário pré-teste (pADG) e da abordagem aplicada para cálculo do consumo alimentar residual na estimativa de características de eficiência alimentar. Foram utilizados dados de testes de eficiência alimentar realizados com bovinos Nelore e Senepol. Foram calculados CMS, GMD, CA, EAB e CAR para durações de teste de 35, 42 e 56 dias. Os GMDs pré-teste foram calculados usando PC ao nascimento, ao desmame, ao sobreano e ao início do teste e foram usados para estimar medidas alternativas eficiência alimentar. Para fins deste estudo, o termo “edição de teste” será utilizado para se referir a cada teste realizado em animais de mesmo sexo em um mesmo período de tempo, e o termo “grupo de teste” será utilizado para se referir a um grupo de animais ocupando uma mesma baia em uma mesma edição de teste. O CAR foi calculado dentro do grupo de teste (CARg) e entre os grupos de teste (CARe, dentro da edição do teste, desconsiderando o grupo de teste). Altas correlações foram observadas para CMS, PC e CAR calculados em diferentes durações de teste, embora menor correlação tenha sido observada para GMD, CA e EAB em relação ao teste de 35d e 56d. As correlações entre o GMD medido no teste e as medidas pGMD foram baixas, assim como as correlações para CA e EAB alternativos. Correlações entre CAR calculado dentro do grupo de teste e CAR dentro da edição do teste foram inferiores a 0,9. Reduzir a duração do teste de 56 para 42 ou 35 dias pode afetar a acurácia das estimativas de eficiência alimentar.

Usar o ganho de peso pré-teste para fins de cálculo da eficiência alimentar parece não ser viável. O método empregado para calcular o CAR em relação ao grupo de teste e à edição do teste pode levar a mudanças na acurácia de sua estimativa.

Palavras-chave: Bovinos de corte. Confinamento. Consumo alimentar residual. Consumo de água. Conversão alimentar.

SOUZA, Ana Paula de Oliveira. **Alternative approaches to estimate feed efficiency traits in feedlot cattle**. 76p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

New methodological approaches may be useful to refine and even widen the improvements made for feed efficiency in beef cattle. The first study of the present investigation proposed an equation to predict dry matter intake (DMI_{pred}) in feedlot cattle, using observed information of water intake (WI), body weight (BW) and average daily gain (ADG), to estimate feed efficiency traits. Datasets of performance tests performed with Senepol cattle were used. DMI was predicted using equations reported by NRC (1996, DMI_{nrc}) and BR-CORTE (2016, DMI_{br-corte}) and multiple regression analysis was employed considering DMI as dependent variable and WI, BW and ADG as independent variables to provide a new equation. DMI_{pred}, DMI_{nrc} and DMI_{br-corte} were used to predict gross feed efficiency (GFE_{pred}, GFE_{nrc} and GFE_{br-corte}) and residual feed intake (RFI_{pred}, RFI_{nrc} and RFI_{br-corte}). Correlation of DMI_{pred} with observed DMI was greater (0.73) than those found for DMI_{br-corte} (0.66) and DMI_{nrc} (0.68). Correlations between observed GFE, GFE_{pred}, GFE_{nrc} and GFE_{br-corte} were very similar and high, varying from 0.91 and 0.92. Observed RFI showed moderate correlation with RFI_{pred} (0.45), and low correlation with RFI_{br-corte} (-0.08) and RFI_{nrc} (0.00). Estimating dry matter intake from growth performance and water intake may be useful for estimating feed efficiency traits in feedlot cattle. In the second study, the aim was to evaluate the effects of test length, pre-test average daily gain (pADG) and approach for residual feed (RFI) intake calculation on the estimate of feed efficiency traits. Data from feed efficiency tests carried out with Nelore and Senepol cattle were used. DMI, ADG, BW, feed conversion ratio (FCR), GFE and RFI for test lengths of 35, 42 and 56 days were calculated. Pre-test ADGs were calculated using birth BW, weaning BW, yearling BW and test initial BW and were used to estimate alternative feed efficiency measurements. RFI was calculated both within test group (RFI_g) and across test groups (RFI_e, within test edition disregarding test group). High correlations were observed for DMI, BW and RFI calculated in different test lengths, although lower correlation was observed for ADG, FCR and GFE relative to 35d and 56d test. Correlations between test ADG and pADG were low, as well as the correlations for alternative FCR and GFE. Correlations between within-test-group RFI and within-test-edition RFI were lower than 0.9. Reducing test length from 56 to 42 or 35 d may affect the accuracy of feed efficiency estimates. Using pre-test weight gain in feed efficiency calculation seems not feasible. The approach employed to calculate RFI regarding test group and test edition may lead to changes in accuracy.

Key-words: Beef cattle. Feed conversion ratio. Feedlot. Residual feed intake. Water intake.

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO 1 - ESTIMATIVAS DE CONSUMO DE ALIMENTOS E DE CARCATERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DO CONSUMO HÍDRICO

Tabela 1 - Estatística descritiva das características de desempenho, consumo alimentar e hídrico de bovinos Senepol47

Tabela 2 - Correlação simples de Pearson entre variáveis de desempenho e consumo alimentar e hídrico em bovinos Senepol.48

Tabela 3 - Parâmetros de regressão stepwise para estimativa do consumo de matéria seca a partir do peso corporal (PC), do ganho médio diário (GMD) e do consumo hídrico (CH) de bovinos Senepol.....49

Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis, consumo de matéria seca observado e estimados pelas equações de predições do NRC, BR-CORTE e pela nova equação gerada, e das medidas de eficiência alimentar calculadas a partir destas medidas de consumo.....50

Tabela 5 - Correlação simples de Pearson entre o consumo de matéria seca observado e os consumos de matéria seca estimados.....50

Tabela 6 - Correlação simples de Pearson entre eficiência alimentar, consumo alimentar residual observados com as medidas de eficiência alimentar calculadas através dos consumos estimados pelas equações de predições do BR-CORTE, NRC e pela nova equação gerada.....51

LISTA DE TABELAS DO CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados utilizados no experimento 1.....	69
Tabela 2 - Correlações simples de Pearson de variáveis utilizadas nas estimativas de medidas de eficiência alimentar nos diferentes períodos de teste do experimento 1.	70
Tabela 3 - Correlações simples de Pearson entre conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA) e consumo alimentar residual (CAR) com diferentes durações de período teste (35, 42 e 56 dias) do experimento 1.....	71
Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no experimento 2.....	72
Tabela 5 - Correlação simples de Pearson entre o ganho médio diário observado no teste (GMD) e os GMD's pré-teste calculados de quatro formas distintas no experimento 2.....	73
Tabela 6 - Correlação simples de Pearson entre as medidas de eficiência alimentar observadas e medidas de eficiência alimentar calculadas utilizando quatro formas distintas de calcular o ganho médio diário pré-teste no experimento 2.....	73
Tabela 7 - Correlação simples de Pearson entre os ganhos médios diários observados em diferentes períodos de teste e os ganhos médios diários pré-teste calculados de quatro formas distintas no experimento 2.....	74
Tabela 8 - Correlação simples de Pearson entre as medidas de eficiência alimentar observadas e os ganhos médios diários calculados utilizando quatro formas distintas de calcular o GMD pré-teste no experimento 2.....	74
Tabela 9 - Estatística descritiva das variáveis tomadas com aos 56 dias teste no experimento 3.....	75
Tabela 10 - Correlação simples de Pearson e Spearman entre medidas de consumo alimentar residual calculadas dentro do grupo de teste (CARg) e dentro de cada edição de teste (CARE) em comparação com conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar bruta (EAB) com 56 dias.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCZ	Associação Brasileira de Criadores de Zebu
BIF	Beef Improvement Federation
CA	Conversão Alimentar
CA-DS	Conversão Alimentar Calculada a Partir do pGMD-DS
CA-DT	Conversão Alimentar Calculada a Partir do pGMD-DT
CA-NT	Conversão Alimentar Calculada a Partir do pGMD-NT
CAR	Consumo Alimentar Residual
CARbr-corte	Consumo Alimentar Residual Calculado a Partir do CMSbr-corte
CAR-DS	Conversão Alimentar Residual Calculada a Partir do pGMD-DS
CAR-DT	Conversão Alimentar Residual Calculada a Partir do pGMD-DT
CARe	Consumo Alimentar Residual Calculado Dentro da Edição Do Teste
CARg	Consumo Alimentar Residual Calculado Dentro do Grupo de Teste
CAR-NT	Conversão Alimentar Residual Calculada a Partir do pGMD-NT
CARpred	Consumo Alimentar Residual Calculado a Partir do CMSpre
CAR-ST	Conversão Alimentar Residual Calculada a Partir do pGMD-ST
CA-ST	Conversão Alimentar Calculada a Partir do pGMD-ST
CGR	Consumo e Ganho Residual
CH	Consumo Hídrico
CHR	Consumo Hídrico Residual
CMS	Consumo de Matéria Seca
CMSbr-corte	Consumo de Matéria Seca Predito Pela Equação do BR-CORTE
CMSnrc	Consumo de Matéria Seca Predito Pela Equação do NRC
CMSpred	Consumo de Matéria Seca Predito Pela Nova Equação Gerada
DET	Dias em Teste
EAB	Eficiência Alimentar Bruta

EABbr-corte	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do CMSbr-corte
EAB-DS	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do pGMD-DS
EAB-DT	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do pGMD-DT
EABnrc	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do CMSnrc
EAB-NT	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do pGMD-NT
EABpred	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do CMSpred
EAB-ST	Eficiência Alimentar Calculada a Partir do pGMD-ST
EF	Excreção Fecal
FDN	Fibra em Detergente Neutro
GMD	Ganho Médio Diário
GPR	Ganho de Peso Residual
h	Herdabilidade
MS	Matéria Seca
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NRC	National Research Council
pGMD	Ganho Médio Diário Pré-Teste
pGMD-DS	Ganho Médio Diário da Desmama ao Sobreano
pGMD-DT	Ganho Médio Diário da Desmama ao Início do Teste
pGMD-NT	Ganho Médio Diário do Nascimento ao Início do Teste
pGMD-ST	Ganho Médio Diário da Avaliação ao Sobreano ao Início do Teste
PMET	Peso Corporal Metabólico
PC	Peso Corporal
PCF	Peso Corporal Final
PCI	Peso Corporal Inicial
RFID	Tecnologia de Identificação por Radiofrequência
RTM	Ração Total Misturada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Avaliação de Eficiência Alimentar em Bovinos de Corte	16
2.1.1	Definição e Medidas de Eficiência Alimentar em Bovinos	16
2.1.2	Testes de Desempenho e Eficiência Alimentar.....	20
2.2	Consumo de Matéria Seca - Impacto no Desempenho Animal.....	24
2.3	Uso da Água na Produção de Bovinos de Corte.....	26
3	REFERÊNCIAS.....	28
4	HIPÓTESE	33
5	OBJETIVOS.....	34
5.1	Objetivo Geral	34
5.2	Objetivos Específicos.....	34
6	CAPÍTULO 1 – ESTIMATIVAS DE CONSUMO DE ALIMENTOS E DE CARCATERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DO CONSUMO HÍDRICO	35
6.1	INTRODUÇÃO.....	37
6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6.4	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44
	TABELAS DO CAPÍTULO 1	47
7	CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR	52
7.1	INTRODUÇÃO.....	54
7.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
7.4	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	65
	TABELAS DO CAPÍTULO 2	68
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76

1 INTRODUÇÃO

A alimentação representa um grande custo dentro do sistema produtivo de bovinos de corte. Para reduzir as despesas com alimentação é fundamental, além de utilizar ingredientes com preços mais acessíveis na formulação das dietas, ter conhecimento sobre as estimativas de consumo e manter um rebanho de animais que sejam eficientes na utilização dos alimentos (LIMA, 2016).

A seleção de animais com menor consumo sem interferir no desempenho animal é uma opção para melhorar a eficiência do sistema de produção e diminuir os gastos com alimentação. As medidas de eficiência alimentar mais estudadas e aplicadas em sistemas de produção são a eficiência alimentar bruta (EAB) e a conversão alimentar (CA). Considerado como alternativa às medidas de eficiência alimentar, e proporcionando redução dos custos com alimentação sem prejudicar o sistema produtivo, Koch et al. (1963) propuseram o consumo alimentar residual (CAR). Seu uso em programas de seleção é justificável, principalmente por não apresentar a limitação de ser correlacionada com a taxa de ganho e o peso corporal.

O CAR é definido como a diferença entre o consumo de matéria seca (CMS) observado e o consumo estimado por equação de regressão do consumo em função do peso corporal metabólico e do ganho de peso, sendo, desta forma, independente do peso e da taxa de crescimento dos animais (Arthur et al., 2001). Para se obter medidas precisas e individuais de CMS, ganho médio diário (GMD) e peso corporal, é necessário a realização de testes de desempenho durante um determinado período de tempo. Os custos com alimentação aumentam à medida que aumenta a duração do teste, e a coleta de dados de consumo alimentar individual é cara, exige mão de obra intensa por depender do auxílio de vários técnicos capacitados e leva muito tempo (Nielsen et al., 2013; Wang et al., 2006), sendo estas algumas das dificuldades para adoção dos testes.

Atualmente vários modelos matemáticos estão disponíveis com o objetivo de prever o CMS, como o modelo americano do National Research Council (NRC, 2000) e o modelo brasileiro BR-CORTE (VALADARES FILHO; PAULINO; MAGALHÃES, 2006) que, em geral, leva em consideração informações da realidade da pecuária brasileira. Segundo o NRC (2000), as equações de predição de CMS são planejadas para fornecer uma orientação geral, pois não existe uma equação capaz

de ser aplicada a todos os modelos de produção. Por outro lado, a capacidade de prever acuradamente o consumo de alimento pode facilitar e tornar mais eficiente a avaliação de eficiência alimentar em bovinos de corte, com perspectivas de ganhos em produtividade. Dessa maneira, avaliar novas alternativas para estimar características de eficiência alimentar em bovinos confinados pode resultar em novas abordagens técnicas para a realização dos testes de desempenho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avaliação de Eficiência Alimentar em Bovinos de Corte

A alimentação representa um fator de grande importância no sistema produtivo de bovinos de corte, e em confinamento essa importância é ainda maior, uma vez que nesse sistema os custos com os alimentos têm grande impacto sobre o custo total da produção (LOPES, et al., 2011).

A lucratividade do sistema de produção de bovinos está relacionada com o uso eficiente e produtivo dos alimentos para a manutenção e crescimento dos animais da forma mais rentável o possível (NKRUMAH et al., 2006). Dessa forma, uma via para redução dos custos é um rebanho composto por animais eficientes no uso dos alimentos. Para que esses animais sejam introduzidos no rebanho é necessário, primeiro, identificá-los por meio da mensuração das medidas de eficiência alimentar. Posteriormente, a seleção genética associada às condições ambientais e a nutrição aplicadas no intuito de melhorar o desempenho favoreceram as melhorias nos índices de eficiência alimentar (HERD et al., 2003). A variação das medidas de eficiência alimentar dos animais depende de fatores como a quantidade e o tipo de alimento consumido, raça, condições ambientais, sexo e idade (MAGNANI, et al., 2013).

Na bovinocultura, a alimentação em confinamento permitiu verticalizar e intensificar a produção de carne, mas fez também com que aumentasse a preocupação com problemas ambientais. Isso levou a busca por alternativas que maximizem a produção de carne e que, simultaneamente, sejam econômica e ambientalmente sustentáveis. Nesse sentido, a seleção de animais eficientes quanto ao aproveitamento do alimento fornecido tem se mostrado uma ferramenta eficaz para atingir esse objetivo (BASARAB et al., 2003a; NKRUMAH et al., 2006; SANTANA et al., 2014).

2.1.1 Definição e Medidas de Eficiência Alimentar em Bovinos

Eficiência alimentar pode ser definida como a quantidade de produto comercializável (leite, carne, bezerro, em kg) por kg de alimento consumido (HALL,

1995). A CA era tradicionalmente a medida mais usada para quantificar a eficiência alimentar em bovinos de corte (BERRY, 2008). Foi estabelecida relacionando diretamente a quantidade total de alimento ingerido e a quantidade de produto, que no caso de animais para corte é o próprio peso. Esta relação foi feita pela divisão simples em que se estabeleceu a EAB, razão entre o GMD e CMS, e sua inversa, a CA.

A CA e a EAB consistem na relação entre desempenho e consumo de alimento, entretanto, ocasionam viés quando utilizados em índices de seleção lineares, particularmente quando uma das medidas constituintes da medida é o ganho de peso (GUNSETT, 1984). Diante disso, a seleção baseada na CA e EAB possuem algumas implicações negativas em longo prazo, principalmente por estarem associadas com o ganho em peso e peso à idade adulta, levando a obtenção de animais com maior exigência de manutenção. Este fato limita a adoção destas medidas como critério de seleção, pois incorrem no risco de selecionar animais cada vez mais pesados e que resultem em maiores custos de produção (LASMAR, 2017). Para tentar reduzir esse risco, foram propostas outras medidas para avaliar a eficiência alimentar como a taxa relativa de crescimento, a razão Kleiber, a eficiência parcial de crescimento, e as medidas residuais como o consumo alimentar residual (CAR), o ganho de peso residual (GPR) e o consumo e ganho de peso residuais (CGR) (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003; GOMES et al., 2012). Algumas medidas foram utilizadas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar em bovinos de corte são caracterizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Definição das medidas de eficiência alimentar

Medida	Abreviação	Definição	Fórmula
Conversão alimentar	CA	A CA é definida pela divisão entre o CMS e o GMD	$CA = CMS/GMD$
Eficiência alimentar bruta	EA	A EA é a razão inversa da conversão alimentar e também considera o CMS e o GMD:	$EA = GMD/CMS$
Consumo alimentar residual	CAR	O CAR e o GPR são medidas calculadas por equações de regressão que utilizam o peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$), o GMD e o CMS.	$CAR = CMS_{\text{observado}} - CMS_{\text{estimado}} [f(GMD; PC^{0,75})]$
Ganho de peso residual	GPR	Estas representam a diferença entre os valores observados e aquele estimados, conforme as fórmulas gerais abaixo:	$GPR = GMD_{\text{observado}} - GMD_{\text{estimado}} [f(IMS; PC^{0,75})]$
Consumo e ganho residuais	CGR	Leva em consideração tanto o CAR quanto o GR:	$CGR = [CAR \times (-1)] + GR$

Encontrar novas formas econômicas e de precisão em medir e utilizar informações de consumo e eficiência alimentar é fundamental para a melhoria da produção de carne bovina (CASSADY et al., 2016). Nesse sentido, o CAR, o GPR e o CGR que são medidas ajustadas ao consumo de alimento, peso corporal e ganho de peso se mostram interessantes. O CAR e o GPR foram propostos inicialmente por Koch et al. (1963) e que, segundo os autores, é baseado na ingestão e independente do crescimento e dos padrões de maturidade, ou baseado no ganho de peso e independente da ingestão e do peso corporal, respectivamente. Berry & Crowley (2012) propuseram a CGR, que leva em consideração tanto o CAR quanto o GR.

Koch et al. (1963) utilizaram informações de consumo individual de 1324 bovinos da raça Hereford, Angus e Shorthorn, machos e fêmeas, provenientes de rebanhos experimentais nos Estados Unidos, para a determinação de medidas de eficiência alimentar. Estes autores estimaram o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), com base nos valores tabelados dos alimentos e sua respectiva proporção na dieta, e levaram em conta a influência do peso corporal do animal sobre seu requerimento de manutenção, propondo que a medida de consumo fosse ajustada pelo peso médio e o ganho de peso. Para avaliação, estes autores classificaram os dados por sexo, ano de nascimento e grupo de teste. Outra medida utilizada por Koch et al. (1963) foi o ganho ajustado pelo consumo (este previamente ajustado para peso), que posteriormente ficou conhecida por GPR, calculado como o resíduo da equação de ajuste do GMD em função do peso corporal metabólico e do consumo.

Berry & Crowley (2012) avaliando 2605 bovinos das raças Angus, Charolês, Hereford, Limousin e Simental, propuseram um novo índice denominado de CGR, visando identificar animais com maior taxa de crescimento e menor consumo de alimentos, com peso corporal adulto similar. No estudo supracitado, estes autores observaram correlação de moderada magnitude entre o CGR com CMS e correlação muito próxima de zero entre o GPR com CMS. Também encontraram correlações genéticas entre GMD com todas as medidas de eficiência alimentar estudadas.

A avaliação da eficiência alimentar tem sido uma ferramenta determinante em sistemas de produção animal, pois não é suficiente apenas selecionar animais de alta capacidade de ganho de peso, mas é preciso que esses sejam o mais eficiente possível na conversão de alimento consumido em peso corporal. Dessa forma, o conhecimento do CMS diário e da eficiência dos animais na transformação dos nutrientes da dieta em tecidos corporais é fundamental para a viabilidade econômica do sistema de produção (CABRAL et al., 2008).

Recentemente, dados do consumo de alimentos vêm sendo incluídos em programas de seleção com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo ou da produção de genótipos superiores para tal característica (HERD et al., 2003; GOMES, 2012). Os programas de melhoramento tendem a utilizar características como peso e GMD como critério de seleção indireto para eficiência alimentar, o que não tem apresentado a mesma eficácia que se fosse realizado seleção direta. Em adição, na busca por melhoria da eficiência alimentar é preciso dedicar atenção para que na seleção não seja ocasionado prejuízo nas

características de desempenho, reprodução (precocidade sexual, fertilidade e habilidade materna) ou qualidade da carne (FARJALLA, 2009), ou seja, devem ser consideradas as correlações entre as características que são objetivo de seleção do rebanho.

O CMS é o principal determinante da produtividade animal, e a acurácia de sua predição é essencial na formulação de dietas balanceadas, a fim de evitar déficit ou excesso de nutrientes na dieta fornecida aos animais (FERREIRA et al., 2017). Diante disso, é necessário tomar conhecimento dos métodos de estimativa indireta de CMS e descrever as diferentes formas de mensurar o consumo em bovinos, seja por meio de indicadores, ou através das equações de predição de CMS.

O CAR é uma medida de eficiência alimentar independente da taxa de crescimento e do peso adulto. Portanto, ela permite identificar animais de menor consumo e exigências de manutenção, sem interferir no peso adulto ou ganho de peso. O conceito de CAR para bovinos foi utilizado pela primeira vez em 1963, por Koch e colaboradores, que ao examinarem vários índices para cálculo de eficiência observaram que tanto o peso como o ganho de peso afetam as exigências alimentares em animais em crescimento. Com isso os pesquisadores sugeriram que o consumo de alimento poderia ser ajustado para o peso corporal e o ganho de peso (ou qualquer característica produtiva), e também dividindo a ingestão de alimento em dois componentes: 1) o consumo esperado para obtenção de um determinado nível de produção e 2) a parte residual, que é utilizada para identificar animais que desviem do consumo de alimento esperado.

A medida de eficiência alimentar CAR pode ser definida como a diferença entre o consumo observado e o consumo predito (KOCH et al., 1963; ARCHER et al., 1997; BASARAB et al., 2003). Para que haja precisão na determinação do CAR, o CMS e o GMD devem ser mensurados. O CAR uma medida de eficiência alimentar que é independente do nível de produção, como tamanho e taxa de crescimento em bovinos de corte e, portanto, é uma característica útil para estudar os mecanismos fisiológicos subjacentes à variação na eficiência alimentar (HERD e ARTHUR, 2009).

2.1.2 Testes de Desempenho e Eficiência Alimentar

No procedimento de cálculo do CAR, para se obter medidas precisas

e individuais de CMS, GMD e peso corporal é necessário a realização de testes durante um determinado período de tempo. O teste é realizado utilizando-se uma mesma dieta, manejo e instalações. O consumo alimentar predito é obtido pela regressão do CMS sobre o GMD e peso corporal metabólico (PMET) na metade do teste, onde o CAR é o resíduo da equação (KOCH et al., 1963).

Para obtenção de informações para o cálculo do CAR através de testes de eficiência, é importante controlar o máximo possível os fatores que afetam o consumo de alimento e sua utilização. Dentre estes fatores de variação se destacam a idade no início do teste, sexo, composição da dieta e o protocolo de condução do teste.

O teste de avaliação de desempenho tem como finalidade avaliar a capacidade individual dos animais para consumo alimentar, ganho em peso e medidas de eficiência alimentar, fornecendo subsídios para seleção com base na informação individual (JOSAHKIAN et al., 2003). Esses testes são instrumentos de grande utilidade em programas de melhoramento.

Algumas das dificuldades para adoção dos testes seriam os custos com a coleta de dados de consumo alimentar individual, a mão de obra onerosa e o tempo (WANG et al., 2006; NIELSEN et al., 2013). Dessa maneira, a redução no período dos testes resultaria em menores custos para avaliação e maior número de animais avaliados.

Vários estudos foram desenvolvidos buscando determinar a melhor duração e frequência de realização dos testes para desenvolvimento de um protocolo padrão. Archer et al. (1997) conduziram um experimento com 760 animais de raça de origem britânica visando descobrir qual é a duração de tempo ideal de um teste, medindo o GMD, o consumo de alimento, a CA e o CAR, onde foi utilizado um tempo de 119 dias como padrão de comparação. Os resultados demonstraram que 35 dias foi suficiente para medir o consumo de alimento, enquanto para medir taxa de crescimento, CAR e CA o ideal foi 70 dias, pesando os animais semanalmente.

Wang et al. (2006) realizaram um experimento com o mesmo intuito de Archer et al. (1997), utilizando 456 novilhos. Os resultados encontrados foram de 35 dias para consumo de alimento, 42 dias para CA, 63 dias para CAR e GMD, pesando os animais semanalmente. Ao se realizar pesagens a cada semana é possível obter dados mais precisos e, com isso, reduzir o período de teste. Entretanto,

ambos os trabalhos chegaram à conclusão que o fator limitante para redução do período de teste é a medição de GMD. Embora os dados mostrem que o período de avaliação possa ser reduzido através de medições frequentes, pesar os animais semanalmente ou em menor frequência se torna oneroso.

Em teste onde foram avaliados 60 animais machos da raça Nelore, pesados a cada 28 dias, Castilhos et al. (2011) determinaram o melhor período de duração do teste para medidas de desempenho, consumo e eficiência alimentar, realizando análises de variância, variância relativa e calculando as correlações de Pearson e Spearman entre os períodos de teste reduzidos de 28, 56, 84 dias em comparação com o período de teste total de 112 dias. Os autores concluíram que a duração do teste para avaliação do GMD, CMS, CA e CAR pode ser reduzida para 84; 28; 84 e 84 dias, respectivamente.

Utilizando o GrowSafe Systems® durante o período pós-desmama, Culbertson et al. (2015) avaliaram bovinos de diferentes categorias, sendo touros (n = 453); novilhos (n = 119) e novilhas (n = 21) em nove testes de eficiência com duração de 70 dias, precedidos por um período de adaptação de 21 dias. Os autores relataram que o período de avaliação do CAR e do CMS pode ser reduzido para 56 e 42 dias, respectivamente, com base em análises de regressão dos valores de CAR e CMS obtidos em 70 dias nos valores obtidos considerando testes reduzidos.

Claramente o CMS pode ser coletado com precisão em um período de tempo mais curto do que o GMD, provavelmente porque o CMS é medido diariamente. Um período de teste reduzido é benéfico porque permite que mais animais sejam testados em uma instalação anualmente. Nessa condição, melhorias na eficiência total da produção de carne bovina poderiam ser alcançadas mais rapidamente em resposta a capacidade de testar mais animais (CASSADY et al., 2016). Portanto, há necessidade de desenvolver maneiras econômicas de testar um número maior de animais em período menor de tempo.

Atualmente, as diretrizes do *Beef Improvement Federation* (BIF, 2016) sugerem um período de adaptação de 21 dias seguido de um período de teste de 70 dias para que se obtenham dados acurados quanto à CMS e GMD. O período de adaptação é necessário para acostumar os animais à instalação de teste, à dieta e à rotina de alimentação. O período de teste de 70 dias serve para a obtenção de dados acurados de CMS e pesos usados para calcular o GMD e o CAR (CUNDIFF et al., 2016).

O manual de procedimentos de mensuração de consumo alimentar individual em bovinos de corte, estabelecido pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), recomenda que os testes devem ocorrer em sistema de baias individuais com sistemas eletrônicos de medição de consumo individual de alimentos; podem ser testados machos e fêmeas, separados em grupos similares com idade mínima de 8 meses; o período de adaptação é igual ao dos protocolos americano, canadense e australiano, ou seja, de 21 dias em confinamento recebendo ração total misturada (RTM) a vontade. Durante o teste, a dieta também deve ser fornecida a vontade durante todo o período em, no mínimo, dois tratos diários. O período ótimo de teste indicado é de 70 dias. Para os testes que não possuem em sua estrutura o sistema de pesagem através de balança corporal nos bebedouros, são sugeridos dois esquemas de pesagens: pesagens múltiplas (a cada 14 dias a partir do início do teste) ou pesagens inicial e final - peso corporal inicial (PCI) e peso corporal final (PCF) no período de teste.

O consumo de alimento individual é difícil de ser mensurado em testes de desempenho e eficiência alimentar com muitos animais, pois é necessário pesar diariamente a quantidade de alimento fornecido e de sobras no cocho de cada animal para se obter o consumo. Uma alternativa de maior facilidade seria a adoção de sistemas automatizados, tais como *GrowSafe System*[®] (*GrowSafe Systems Ltd.*) e *Intergado*[®] (*Intergado Ltd.*, Contagem, Minas Gerais, Brasil) que registram automaticamente o consumo dos animais a cada visita ao cocho, e pesagens através da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID).

O *GrowSafe System*[®] é caracterizado por um sistema eletrônico de monitoramento da ingestão de alimentos para bovinos. Este equipamento, desenvolvido por uma empresa canadense, utiliza tecnologia RFID e permite registrar dados de alimentação individual de maneira precisa (LOBO, 2018). O sistema foi planejado para registrar as visitas de cada animal ao cocho por meio da leitura de brincos auriculares (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2002).

O *Intergado*[®] é um sistema eletrônico de mensuração de consumo que começou a ser comercializado no Brasil buscando reduzir custos de implementação, uma vez que os sistemas *Calan Gate*[®] e *GrowSafe*[®] são produzidos no exterior, elevando os custos de aquisição, instalação e manutenção destes equipamentos. As funcionalidades do *Intergado*[®] são semelhantes ao dos equipamentos importados, registrando dados de consumo diário (kg/dia), consumo

por visitas ao cocho, taxa de consumo (g/min), frequência de visitas ao cocho e pesagens do alimento consumido e dos animais.

Em experimentos cujo objetivo foi a validação desses equipamentos, observou-se que os sistemas de monitoramento baseados em RFID são confiáveis para medir o consumo animal e o comportamento alimentar dos animais (DeVRIES et al., 2003, CHAPINAL et al., 2007; CHIZZOTTI et al., 2015).

Atualmente, a utilização de cochos eletrônicos tem aumentado e, com o aumento da oferta de equipamentos e redução dos custos de implantação, tende a seguir ascendente e em ritmo acelerado. A facilidade de coleta e armazenamento dos dados gerados, a confiabilidade dessas informações e a possibilidade de se avaliar simultaneamente grupos de animais ou um único indivíduo são algumas das razões que justificam essa tendência (CAMPOS et al., 2015).

Associado às pesquisas que buscam reduzir a duração dos testes, o uso de equipamentos eletrônicos permitiria maior rentabilidade da atividade pecuária por meio da identificação de animais eficientes (MARZOCCHI, 2019).

2.2 Consumo de Matéria Seca - Impacto no Desempenho Animal

No processo produtivo de bovinos de corte, obter informações sobre o CMS pelos animais é essencial, já que o desempenho animal é função direta da fração digestível do alimento consumido. Isso ocorre pela influência direta da ingestão de nutrientes, especialmente energia e proteína, necessários para suprir as exigências de manutenção e produção (RIBEIRO et al., 2012).

A nutrição animal se inicia com a ingestão do alimento. Portanto, compreender os aspectos relacionados ao CMS é de fundamental importância, pois além de afetar o desempenho animal, tem impacto direto nos custos de produção. Entre os fatores que influenciam o CMS destacam-se as características do alimento, condição fisiológica e nutricional do animal, ambiente e o manejo alimentar (HERD e ARTHUR, 2009).

Mertens (1994) e Silva (2006) descreveram que o consumo de alimentos é regulado por três mecanismos básicos: físicos, fisiológicos ou psicogênicos. O físico está associado à capacidade de distensão do rúmen-retículo em função do teor de fibra em detergente neutro (FDN) da ração, o qual predomina em animais mantidos com dietas ricas em volumosos. O mecanismo fisiológico é

regulado pelo balanço nutricional da dieta, especificamente relacionado à manutenção do equilíbrio energético, que pode ser observado quando dietas ricas em concentrado são fornecidas, uma vez que o consumo varia com as exigências energéticas do animal. Por sua vez, a regulação psicogênica está relacionada à resposta do animal a fatores inibidores ou estimuladores presentes no alimento ou no manejo alimentar, como os aspectos relativos ao cheiro e à palatabilidade do alimento, assim como ao ambiente de alimentação como por exemplo o aumento da frequência de alimentação que estimula os animais a maior ingestão de alimento no momento do fornecimento.

Métodos indiretos usando marcadores de consumo para estimar a ingestão foram desenvolvidos. A técnica dos indicadores consiste em alternativa para determinação do CMS a pasto, a qual tem sido amplamente empregada e se baseia na obtenção da massa consumida por meio da relação entre a excreção fecal (EF) e a digestibilidade da dieta (DETMANN et al., 2001).

Para estimar o CMS à pasto, os animais devem ser contidos todas as vezes em que o indicador for fornecido, o que amplia o estresse, podendo alterar o comportamento de pastejo, o consumo e, conseqüentemente, a excreção fecal (BURNS et al., 1994), assim podendo resultar em uma estimativa de consumo de baixa precisão. Em estudo avaliando o uso de cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos suplementados a pasto, Detmann et al. (2001) concluíram que uma alternativa mais viável e mais rápida para a determinação do CMS seria por intermédio de modelos matemáticos, o qual trata-se de um procedimento alternativo às técnicas tradicionais. Atualmente, vários modelos matemáticos estão disponíveis com o objetivo de prever o CMS. Um modelo matemático utiliza equações para descrever ou simular processos em um sistema, e pode ser uma ferramenta para extrair maiores informações sobre o alimento consumido (DUMAS et al., 2008).

Para bovinos de corte, um dos modelos mais utilizados é do *National Research Council* (NRC, 2000), um modelo americano que emprega informações de regiões de clima temperado, animais taurinos e alimentos característicos do sistema de produção americano (RIBEIRO et al., 2012). Na equação do NRC, a variável dependente é o CMS e as variáveis independentes são o peso corporal metabólico e a energia líquida de manutenção (ELm).

Devido à falta de modelos matemáticos que se enquadrassem na realidade da pecuária brasileira, foi desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa

o sistema BR-CORTE - Exigências nutricionais de zebuínos (VALADARES FILHO; PAULINO; MAGALHÃES, 2006), o qual emprega bancos de dados e materiais genéticos representativos das condições brasileiras, com a finalidade de aumentar a precisão dos valores preditos de consumo. Na equação sugerida pelo BR-CORTE a variável dependente é o CMS, e as variáveis independentes que fazem parte deste modelo são o peso corporal (PC) e o GMD.

Gerar uma equação para estimar o CMS é complexa, deve se levar em consideração vários fatores do animal, do ambiente e do regime alimentar (McMENIMAM et al., 2009). Diante desses fatores, os sistemas nutricionais como o NRC, que utiliza como banco de dados animais predominantemente taurinos, e BR-Corte, para animais zebuínos e mestiços, tem trabalhado para aprimorar suas equações, adaptando-se a realidade de cada sistema. É necessário a utilização de modelos matemáticos que possibilitem determinar os valores de CMS de forma acurada, pois o grau de exatidão de suas estimativas tem impacto na produtividade animal (NRC, 2000).

2.3 Uso da Água na Produção de Bovinos de Corte

Recentemente tem aumentado a preocupação em relação ao uso da água na pecuária. A água é um nutriente indispensável que auxilia na regulação da temperatura, crescimento, digestão, metabolismo e excreção (NRC, 2000).

Os bovinos suprem a maior parte de sua demanda de água através da ingestão direta. Uma parte menor da necessidade é geralmente satisfeita com a ingestão de água incluída nos alimentos. A terceira, e menos importante, fonte é a água proveniente da oxidação metabólica dos tecidos do corpo. Vários fatores afetam a ingestão voluntária de água por touros em crescimento. Esses fatores podem ser divididos em duas categorias: fatores animais e ambientais. Exemplos de tais fatores incluem tamanho do corpo, nível de atividade, CMS e ingestão de sal, bem como temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento (TAVARES & BENEDETTI, 2007).

Estudos têm sido realizados para avaliar a possibilidade de aumentar a eficiência do uso da água por bovinos. Alguns deles têm demonstrado a relação da eficiência hídrica com a eficiência alimentar, que está fortemente associada ao consumo de água e de alimentos (MENEZES et al. 2018 e AHLBERG et al. 2019).

Visando o melhoramento genético de bovinos de corte da raça Senepol no Brasil, Menezes et al. (2018) estimaram parâmetros genéticos e fenotípicos para eficiência alimentar e hídrica para avaliar seu potencial de uso como critérios de seleção, visando exploração mais sustentável dos recursos naturais. No estudo que indica a relação do consumo hídrico (CH) com o CMS, esses autores encontraram coeficientes de correlação genética entre essas variáveis de $0,75 \pm 0,41$, e de correlação fenotípica de $0,57 \pm 0,03$. Também encontraram valores de herdabilidade para CH e consumo hídrico residual (CHR) de 0,47 e 0,39, respectivamente, concluindo ser possível a seleção para eficiência hídrica. Quanto às herdabilidades para CMS e CAR, os resultados estimados foram inferiores, sendo 0,23 e 0,12, respectivamente. Os autores sugeriram progresso genético superior para seleção pela eficiência hídrica quando comparada à seleção por eficiência alimentar, visto que foram encontradas correlações genéticas e fenotípicas altas e positivas entre CH e CMS. De maneira similar, foi observado no estudo correlação genética positiva (0,45) entre GMD e CHR, ao passo que não houve correlação genética entre CAR e GMD. Destaca-se, também, que a avaliação da eficiência hídrica é menos onerosa quando comparada à avaliação de eficiência alimentar, principalmente em estudos a pasto (Menezes et al., 2018).

Ahlberg et al. (2019), em estudo sobre a caracterização do CH e eficiência hídrica em bovinos de corte, onde tiveram como objetivo calcular métricas de eficiência hídrica para bovinos e avaliar sua relação com o crescimento, consumo de ração, eficiência alimentar e CH, no qual foram avaliados 578 novilhos por um período de 70 dias, concluíram que animais com baixo CH consumiram menos ração, tiveram ganhos menores e foram mais eficientes no uso de água. A quantidade de água consumida pelos animais teve uma correlação fenotípica baixa com o CAR ($r = 0,11$ e conversão alimentar $R^2 = 0,07$). O CH, CHR e conversão hídrica tiveram estimativas de herdabilidade (h^2) moderadas de 0,39, 0,37 e 0,39, respectivamente, o que condiz com o encontrado por Menezes et al. (2018).

Estes resultados abrem frente para a hipótese de que o CH pode ser utilizado para estimar o CMS e, mais ainda, medidas de eficiência alimentar.

3 REFERÊNCIAS

- AHLBERG, C. M.; ALLWARDT, K.; BROOCKS, A.; BRUNO, K.; TAYLOR, A.; MCPHILLIPS, L.; KREHBIEL, C. R.; LORENZO, M. C.; RICHARDS, C. J.; PLACE, S. E.; DESILVA, U.; VANOVERBEKE, D. L.; MATEESCU, R. G.; KUEHN, L. A.; WEABER, R.; BORMANN, J.; ROLF, M. M. Characterization of water intake and water efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 12, p. 4770-4782, 2019.
- ARCHER, J. A., ARTHUR, P. F., HERD, R. M., PARNELL. Pitchford Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2024– 2032, 1997.
- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.147-161, 1999.
- BASARAB, J. A., PRICE, M. A., AALHUS, J. L., OKINE, E. K., SNELLING, W. M., & LYLE, K. L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003.
- BERCHIELLI, T. T.; VEGA, A. G.; REIS, R. A. Técnicas de avaliação de consumo em ruminantes: estado de arte. In: RENNÓ, F. P; SILVA, L. F. P. (Ed.) **I Simpósio Internacional: Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes**. Pirassununga: USP, 2007. p. 305-341.
- BERRY, D. P. Improving feed efficiency in cattle with residual feed intake. Pages 67–99 in **Recent Advances in Animal Nutrition 2008**. P. Garnsworthy, ed. Univ. Nottingham Press, Nottingham, UK.
- BERRY, D.P.; CROWLEY, J.J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal Animal Science**. v. 90, n. 1, p. 109-115, 2012.
- CABRAL, L. D. S.; SANTOS, J. W.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; SOUZA, A. L.; RODRIGUES, R. C. Consumo e eficiência alimentar em cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, 2008.
- CAMPOS, M. M.; LEÃO, J. M.; LIMA, J. A. M.; MACHADO, F. S. Tecnologias de precisão na avaliação da eficiência alimentar. Embrapa Gado de Leite. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 79, p. 145, 2015.
- CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. D. C.; SILVA, J. F. C. D.; CECON, P. R. Estimativas do consumo e do ganho de peso de bovinos, em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1857-1865, 2001.
- CASSADY, C. J. T. L.; FELIX, J. E.; BEEVER, D. W. Efeitos do tempo e duração do período de teste e tipo de dieta no consumo e na eficiência alimentar de bovinos Charolês. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 11, pág. 4748-4758, 2016.
- CASTILHOS, A.M.; BRANCO, R.H.; RAZZOOK, A.G.; BONILHA, S.F.M.; MERCADANTE, M.E.Z.; FIGUEIREDO, L.A. Test pos-weaning duration for performance, feed intake and efficiency in nelore cattle. **Revista Brasileira de**

Zootecnia, v.40, p.301- 307, 2011.

SILVA, J. F. C. Mecanismos reguladores de consumo. In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG. (Eds). *Nutrição de ruminantes*. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 583p. 2006.

SILVA, J.F. C.; CAMPOS, J.; CONRAD, J.H. Uso do óxido crômico na determinação da digestibilidade. *Experientiae*, 1968. 8(1):1-23.

CONTE, I. I.; BOFF, L. A. As crises mundiais e a produção de alimentos no Brasil. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 35, n. 1, p. 49-59, 2013.

CHAPINAL, N.; VEIRA, D.M.; WEARY, D.M.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behavior and Intake in Group-Housed Cattle. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.12, p.5732–5736, 2007.

CHIZZOTTI, M.L.; MACHADO, F. S.; VALENTE, E.E.L. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.5, p.3438–3442, 2015.

CULBERTSON, M. M.; SPEIDEL, S. E.; PEEL, R. K.; COCKRUM, R. R.; THOMAS, M. G.; ENNS, R. M. Optimum measurement period for evaluating feed intake traits in beef cattle. **Journal Animal Science**. 93:2482-2487, 2015.

CUNDIFF, L. V.; VAN VLECK, L. D.; HOHENBOKEN, W. D. editors. 2016. Guidelines for uniform beef improvement programs. 9th ed. Disponível em: <http://www.beefimprovement.org/content/uploads/2013/07/Master-Edition-of-BIF-Guidelines-Updated-12-17-2010.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; VALADARES FILHO, S. D. C.; EUCLYDES, R. F.; LANA, R. D. P.; e QUEIROZ, D. S. D. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1600-1609, 2001.

DeVRIES, T.J.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; WEARY, D.M.; BEAUCHEMIN, K.A. Technical note: Validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.11, p.3571–3574, 2003.

DUMAS, A.J.; DIJKSTRA, J.; FRANCE J. Mathematical modelling in animal nutrition: a centenary review. **Journal of Agricultural Science**, v.146, p.123-142, 2008.

FARJALLA, YB. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos nelore estratificados pela eficiência através do consumo alimentar residual. Dissertação – Mestrado. Universidade de São Paulo; 2009.

FENG, K.; SIU, Y. L.; GUAN, D.; HUBACEK, K. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. **Applied Geography**, v.32, p.691-701, 2011.

FERREIRA, A. M. S.; SILVA, S. P.; FARIA, UBIRAJARA, C. Predições do Consumo de Matéria Seca em Bovinos de Corte. **Revista de Veterinária e Zootecnia**, p. 173-188, 2017.

GOMES, R.C.; SAINZ, R.D., SILVA, S.L.; et al. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, v.150, p.265-273, 2012.

GRAYBEAL, W.J.; POOCH, U.W. Simulation: principles and methods. Cambridge: **Winthrop Publishers**, Inc. 249p. 1980.

GUNSETT, F.C. Linear index selection to improve traits defined as ratios. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1185-1193, 1984.

HALL, J. B.; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A.; SHORT, R. E.; MOSELEY, W. M.; BELLOWS, S. E. Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 73, n. 11, p. 3409-3420, 1995.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application., v.81, p.9-17, 2003.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of animal science**, v. 87, n. suppl_14, p. E64-E71, 2009.

JOSAHKIAN, L.A.; MACHADO, C.H.C.; KOURY FILHO, W. Programa de melhoramento genético das raças zebuínas – Manual de Operação. Uberaba, MG: ABCZ, 2003. 98 p.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**. v. 22, p. 486-494, 1963

KORVER, S. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.20, n. 1, p.1-13, 1988.

KOTB, A.R.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutrition Abstract and Review*, v.42, n.3, p.813-845, 1972. OWENS, F. N.; HANSON, C. F. Symposium: external and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 2605-2617, 1992.

MAGNANI, E., DO NASCIMENTO, C. F., BRANCO, R. H., BONILHA, S. F. M., RIBEIRO, E. G., & MERCADANTE, M. E. Z. Relationship among residual feed intake, digestibility and ingestive behavior in Nellore heifers. *Boletim de Indústria Animal*, v. 70, n. 2, p. 187-194, 2013.

MARZOCCHI, M. Z., SAKAMOTO, L. S., CANESIN, R. C., CYRILLO, J. D. S. G., & MERCADANTE, M. E. Z. Evaluation of test duration for feed efficiency in growing beef cattle. **Tropical animal health and production**, p. 1-7, 2019.

MCMENIMAN, P.J.; DEFOOR, P.J.; GALYEAN, L.M. Evaluation of the national research council dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1138-1146, 2009.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A Global Assessment of the Water Footprint

of Farm Animal Products. Ecosystems, v.15, p. 401-415, 2012.

MENEZES, G.R.O.; GOMES, R.C.; RIBAS, M.N.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; FERNANDES JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; FÁVERO, R.; SILVA, L. O. C. Genetic and phenotypic parameters for feed and water efficiency in Senepol cattle, In: Cooperation, networking and global interactions in the animal production sector; Bryant J et al. (eds.). ICAR, Rome, Italy. 2018.

MERCHEN, N.R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. New Jersey: Prentice Hall. p.172-201.

MERTENS, D.R. Principles of modeling and simulation in teaching and research. **Journal Dairy Science**. 60 (7):1176-1186, 1976.

MERTENS, DR. REGULATION OF FORAGE INTAKE. IN: FAHEY JUNIOR GC, MOSER LE, MERTENS DR. (Eds.). Forage quality, evaluation and utilization. American Society of Agronomy, Crop Science of America, **Soil Science of America**, Madison, WI. p.450-493. 1994.

MINSON, D.J. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press. 1990. 483p.

NARDONE, A., B. RONCHI, N. LACETERA, M. S. RANIERI, e U. BERNABUCCI. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Prod.* 130(1–3):57–69. doi: 10.106/j.livprodsci.2010.02.011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (2000) Nutrient requirements of beef cattle. 7 rev. ed. **National Academy Press**, Washington, D.C. 242p. 2000.

NIELSEN, M.K., MACNEIL, M.D.; DEKKERS, J.C.M.; CREWS JR, D.H.; RATHJE, R.M.; ENNS, R.M. WEABER, R.L. Review: Life-cycle, total industry genetic improvement of feed efficiency in beef cattle: Blueprint for the Beef Improvement Federation. **The Professional Animal Scientist**, v.29, p.559–565, 2013.

NKRUMAH, J. D., OKINE, E. K., MATHISON, G. W., SCHMID, K., LI, C., BASARAB, J. A., ... & MOORE, S. S. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of animal science*, v. 84, n. 1, p. 145-153, 2006.

NKRUMAH, J. D.; CREWS JUNIOR, D. H.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; OKINE, E. K.; WANG, Z.; LI, C.; MOORE, S. S. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, 85(10), 2382-2390, 2007.

OWENS, F.N., HANSON, C.F. 1992. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal Dairy Science**., 75(9):2605-2617.

PEREIRA, J.C, GARCIA, J.A., COELHO DA SILVA, J.F. et al. 1983. Estudos de digestão em bovinos fistulados, alimentados com rações tratadas com formaldeído e contendo óleo. II. Métodos para estimativa da excreção de matéria seca fecal. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 12(3):429-439.

PETERS, G.; WIEDEMANN, S.; ROWLEY, H.; TUCKER, R. Accounting for water use in Australian red meat production. **International Journal Life Cycle Assess**, v. 15, p. 311– 320, 2010.

PRIGGE, E.C., VARGA, G.A., VICINI, J.L. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. *J. Anim. Sci.*, 53(6):1629-1633. 1981

RIBEIRO, J. S.; LADEIRA, M. M.; MACHADO NETO, O. R. e CAMPOS, F. R. Consumo alimentar e sua predição pelos sistemas NRC, CNCPS e BR-Corte, para tourinhos zebuínos confinados. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 802-810, 2012.

ROMAGUERA, M.; HOEKSTRA, A. Y.; SU, Z.; KROL, M. S.; SALAMA, M. S. Potencial of using remote sensing techniques for global assessment of water footprint of crops. **Journal Remote Sensing**, v.2, p.1177-1196, 2010.

SANTANA, M. H. A.; GOMES, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ROSSI JUNIOR, P. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. **Scientia Agraria Paranaensis - SAP Mal. Cdo. Rondon**, v.13, n.2, abr./jun., p.95-107, 2014

SHANNON, R.E. *Systems simulation: the art and science*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc. 387p. 1975.

TAVARES, J. E., & BENEDETTI, E. Água na nutrição de ruminantes. 81 p. (Curso de Pós-graduação “lato sensu” em Nutrição e Alimentação de Ruminantes, Módulo 4. **Revista FAZU**, 2007.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE**. Viçosa, MG: UFV/DZO, 2006a. 142 p

WANG, Z.; NKUMAH, J.D.; LI, C.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR, D.H.; MOORE, S.S. Test duration for growth, feed intake and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 9, pág. 2289-2298, 2006.

ZHAO, X.; CHEN, B.; YANG, Z. F. National water footprint in an input-output framework-A case study of China 2002. **Ecological Modeling**, v.220, p.245-253, 2009.

4 HIPÓTESE

- Capítulo 1:
 1. O consumo hídrico em bovinos confinados pode ser utilizado para estimativa do consumo de alimento e de eficiência alimentar, quando empregado em equações contendo informações de peso e ganho de peso.

- Capítulo 2:
 1. A redução do período de teste leva a perdas de acurácia na estimativa de medidas de eficiência alimentar em bovinos.
 2. O ganho médio diário avaliado em períodos que antecedem as mensurações de consumo de alimentos pode ser utilizado para estimativas de eficiência alimentar em bovinos de corte.
 3. A delimitação da população em que o consumo alimentar residual é calculado interfere nos valores e no ranqueamento de indivíduos para esta característica.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Objetivou-se avaliar abordagens metodológicas para estimar características de eficiência alimentar em bovinos de corte confinados.

5.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte calculada a partir do consumo de matéria seca estimado por medidas de desempenho e consumo hídrico;
- Avaliar o efeito do período de teste, do uso do ganho de peso pré-teste e da definição da população referência (grupo de teste ou edição de teste) sobre as estimativas de medidas de eficiência alimentar em bovinos de corte.

6 CAPÍTULO 1 – ESTIMATIVAS DE CONSUMO DE ALIMENTOS E DE CARACTERÍSTICAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DO CONSUMO HÍDRICO

RESUMO - Objetivou-se propor uma equação de predição de consumo de matéria seca (CMSpred) em bovinos confinados utilizando informações observadas de consumo de matéria seca (CMS), consumo hídrico (CH), peso corporal (PC) e ganho médio diário (GMD), para estimar medidas de eficiência alimentar. Utilizou-se bancos de dados de testes de desempenho da raça Senepol realizadas na Fazenda da Grama (Pirajuí-SP). Foram estimados CMS a partir de equações do NRC (2000, CMSnrc) e BR-CORTE (2016, CMSbr-corte) para comparação. Considerando CMS observado como variável dependente e CH, PC e GMD como variáveis independentes, análise de regressão múltipla foi realizada. Análises de correlação de Pearson foram realizadas entre eficiência alimentar bruta (EAB) e consumo alimentar residual (CAR) observados e estimados utilizando CMSpred (EABpred e CARpred), CMSnrc (EABnrc e CARnrc) e CMSbr-corte (EABbr-corte e CARbr-corte). Os coeficientes de correlação do PC com CMS e CH foram iguais, com valor de 0,67. GMD teve correlação moderada com CMS (0,44) e CH (0,49), e CMS teve correlação moderada com CH (0,64). O melhor modelo encontrado para estimativa do CMS (CMSpred) foi: $\text{CMSpred (kg/dia)} = 2,08988(\pm 0,2167) + 0,00955 (\pm 0,0006) \text{ PC (kg)} + 0,64477 (\pm 0,1108) \text{ GMD (kg/dia)} + 0,06539 (\pm 0,0077) \text{ CH (kg/dia)}$. A correlação do CMSpred com CMS observado foi maior (0,73) que aquelas encontradas para CMSbr-corte (0,66) e CMSnrc (0,68). As correlações entre EAB observada, EABpred, EABnrc e EABbr-corte foram muito semelhantes e altas, variando entre 0,91 e 0,92. O CAR observado apresentou correlação moderada com CARpred observado (0,45) e nulas com CARbr-corte (-0,08) e CARnrc (0,00). A estimativa de consumo de alimentos a partir do desempenho e consumo hídrico pode ser útil para estimativas de características de eficiência alimentar em bovinos confinados.

Palavras-chave: consumo alimentar residual, consumo de água, eficiência alimentar bruta, equação de predição, gado de corte.

ESTIMATING FEED INTAKE AND FEED EFFICIENCY TRAITS BASED ON GROWTH TRAITS AND WATER INTAKE

ABSTRACT – The aim was to propose an equation to predict dry matter intake (DMI_{pred}) in feedlot cattle, using observed information of water intake (WI), body weight (BW) and average daily gain (ADG), to estimate feed efficiency traits. Datasets of performance tests performed with Senepol cattle at Grama Farm (Pirajuí-SP) were used. DMI was also predicted using equations reported by NRC (1996, DMI_{nrc}) and BR-CORTE (2016, DMI_{br-corte}) for comparisons. Considering DMI as dependent variable and WI, BW and ADG as independent variables, multiple regressions analyses were carried out employing Stepwise regression function of SAS 9.4. Pearson correlations analyses were performed among gross feed efficiency (GFE) and residual feed intake (RFI) observed on test and those estimated using DMI_{pred} (GFE_{pred} and RFI_{pred}), DMI_{nrc} (GFE_{nrc} and RFI_{nrc}) and DMI_{br-corte} (GFE_{br-corte} and RFI_{br-corte}). Correlation coefficients of BW with DMI and WI were 0.674 and 0.666, respectively. ADG had moderate correlation with DMI (0.439) and WI (0.495), and DMI had moderate correlation with WI (0.639). The best predicting model found to estimate DMI was $DMI_{pred} \text{ (kg/d)} = 2.08988(\pm 0.2167) + 0.00955(\pm 0.0006) * BW(\text{kg}) + 0.64477(\pm 0.1108) * ADG(\text{kg/d}) + 0.06539(\pm 0.0077) * WI(\text{kg/dia})$. Correlation of DMI_{pred} with observed DMI was greater (0.73) than those found for DMI_{br-corte} (0.66) and DMI_{nrc} (0.68). Correlations between observed GFE, GFE_{pred}, GFE_{nrc} and GFE_{br-corte} were very similar and high, varying from 0.91 and 0.92. Observed RFI showed moderate correlation with RFI_{pred} (0.45), and low correlation with RFI_{br-corte} (-0,08) and RFI_{nrc} (0,00). Estimating dry matter intake from growth performance and water intake may be useful for estimating feed efficiency traits in feedlot cattle.

Keywords: residual feed intake, water intake, gross feed efficiency, prediction equation, beef cattle

6.1 INTRODUÇÃO

A alimentação representa um grande custo dentro do sistema produtivo de bovinos de corte. Para reduzir as despesas com alimentação é fundamental, além de utilizar ingredientes com preços mais acessíveis na formulação das dietas, ter conhecimento sobre as estimativas de consumo e manter um rebanho de animais que sejam eficientes na utilização dos alimentos (LIMA, 2016).

O consumo de matéria seca (CMS) é o principal determinante da eficiência e da produtividade animal, e a mensuração do CMS individual é um importante obstáculo para avaliar a eficiência alimentar, já que é trabalhosa e cara. Nos sistemas de produção à pasto, a mensuração do consumo é ainda mais complexa e não pode ser realizada diretamente como em confinamento (MINSON, 1990).

Em estudo avaliando o uso de cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos suplementados a pasto, Detmann et al. (2001) concluíram que uma alternativa mais viável e mais rápida para a determinação do CMS seria por intermédio de modelos matemáticos, o qual trata-se de um procedimento alternativo às técnicas tradicionais. Um modelo matemático utiliza equações para descrever ou simular processos em um sistema, e pode ser uma ferramenta para extrair maiores informações sobre o alimento consumido (DUMAS et al., 2008).

Atualmente, vários modelos matemáticos estão disponíveis com o objetivo de prever o CMS em bovinos. Para bovinos de corte, um dos modelos mais utilizados é do *National Research Council* (NRC, 2000), um modelo americano que emprega informações de regiões de clima temperado, animais taurinos e alimentos característicos do sistema de produção americano, sob condições ambientais, de manejo, de alimentação e genéticas diferentes das encontradas no Brasil (RIBEIRO et al., 2012). Devido à falta de modelos matemáticos que se enquadrassem na realidade da pecuária brasileira, foi desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa o sistema BR-CORTE - Exigências nutricionais de zebuínos (VALADARES FILHO; PAULINO; MAGALHÃES, 2006), o qual utiliza bancos de dados e materiais genéticos representativos das condições brasileiras, com a finalidade de aumentar a precisão e a acurácia dos valores preditos de CMS.

Gerar uma equação para estimar o CMS é complexa, pois deve se levar em consideração vários fatores relacionados ao animal, ambiente e alimento

(McMENIMAM et al., 2009). Diante desses fatores, os sistemas nutricionais como NRC e BR-Corte têm trabalhado para aprimorar suas equações, adaptando-se a realidade de cada sistema de produção. É necessário a utilização de modelos matemáticos que possibilitem determinar valores de CMS de forma acurada, pois o grau de exatidão de suas estimativas tem impacto na produtividade animal (NRC, 2000).

Visando o melhoramento genético de bovinos da raça Senepol no Brasil, Menezes et al. (2018) estimaram parâmetros genéticos e fenotípicos para eficiência alimentar e hídrica. No estudo que indica a relação entre consumo hídrico (CH) e CMS, encontraram coeficientes de correlação genética entre essas características de $0,75 \pm 0,41$, e correlação fenotípica de $0,57 \pm 0,03$. Como estudos demonstram relação entre CH e CMS em bovinos (AHLBERG et al. (2019) e MENEZES et al. 2018), pode-se hipotetizar que nas equações para predição do CMS e, conseqüentemente, de medidas de eficiência alimentar, pode-se utilizar informações de CH como uma medida auxiliar para melhorar a acurácia da predição do CMS.

No presente trabalho objetivou-se propôr uma equação de predição de CMS para bovinos confinados utilizando informações de CH, peso corporal (PC) e ganho médio diário (GMD), e realizar uma comparação com as principais equações vigentes para estimar o consumo de bovinos de corte, assim como avaliar medidas de eficiência alimentar derivadas destas estimativas.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos com animais citados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Corte, sob protocolo nº 007/2016. Foram utilizados registros de 642 novilhas e 312 tourinhos da raça Senepol (*Bos taurus taurus*), obtidos a partir da compilação de nove testes de desempenho realizados na Fazenda Grama, Pirajuí, São Paulo, Brasil (21° 59 'S; 49° 27'O), entre os anos de 2016 e 2020. Os animais iniciaram os testes com PC médio de 397 ± 52 kg e idade de 18 a 22 meses.

Os animais foram alojados em baias coletivas, onde foram registrados diariamente o consumo de ração, enquanto a ingestão de água foi mensurada aos 35, 42 e 56 dias, por meio do Sistema Intergado® (Intergado® Ltda, Contagem, Minas

Gerais, Brasil). Antes dos testes, os animais foram adaptados à dieta e às instalações por um período mínimo de 14 dias. Os animais tiveram acesso *ad libitum* a dieta e água. A quantidade de ração fornecida foi calculada com base na sobra, sendo esta mantida entre 5 a 10% do total fornecido, a fim de assegurar o consumo *ad libitum*. A composição alimentar da dieta ofertada foi modificada ao longo dos testes, mas foi equivalente em energia e proteína, com 2,64 Mcal/kg de energia metabolizável e 14% de proteína bruta com base na matéria seca (MS).

Para registro do consumo de alimentos, consumo de água e PC, o confinamento era dotado de equipamentos eletrônicos de alimentação e pesagem da marca Intergado® (Intergado, MG, Brasil). Em cada visita do animal ao cocho e bebedouro, os equipamentos registraram o consumo de matéria natural, consumo de água e PC. Os animais receberam um brinco eletrônico na orelha que os identificavam a cada vez que se alimentavam, gerando relatórios gerenciais para acompanhamento e controle das métricas.

As características estudadas incluíram ganho médio diário (GMD, kg/dia), PC (kg), peso corporal metabólico (PMET, kg) consumo de matéria seca (CMS, kg/dia), consumo hídrico (CH, kg/dia), eficiência alimentar bruta (EAB, kg/dia) e consumo alimentar residual (CAR, kg/dia).

O GMD foi estimado como o coeficiente de regressão linear dos pesos registrados através do sistema Intergado em função dos dias em teste (DET), de acordo com a equação:

$$y_i = \alpha + \beta * DET_i + \epsilon_i$$

em que, y_i é o peso do animal na i -ésima observação; α é o intercepto, que representa o peso inicial do animal; β é o coeficiente de regressão linear que representa o GMD; DET_i representa o dia em teste na i -ésima observação e ϵ_i é o erro aleatório associado a cada observação.

O PC no teste foi calculado de acordo com a equação:

$$PC = (P_i + (1/2 DET * GMD))$$

em que, P_i é o peso inicial do animal; DET refere-se aos dias em teste; e GMD corresponde ao ganho médio diário de peso do animal dentro do período avaliado.

O PMET foi calculado elevando-se o PC médio à 0,75. O CMS foi obtido pela média de todos os dias de consumo válidos durante o período de teste, o qual foi calculado multiplicando-se o consumo de matéria natural pelo teor de MS da ração total misturada (RTM). O CH foi determinado pela média de consumo de água diário. A EAB foi calculada dividindo-se o GMD pelo CMS observado. O CAR foi calculado como a diferença entre o CMS observado e o CMS esperado, que foi estimado pela equação do CMS sobre o GMD e o PMET dentro de grupo de teste. Os grupos de testes se referem a animais submetidos ao teste em um mesmo lote dentro de cada edição de teste. A equação de CMS esperado foi obtida pelo procedimento de regressão linear múltipla, de acordo com o seguinte modelo: $CMS = \text{intercepto} + \beta_1 \text{ GMD} + \beta_2 \text{ PMET} + \varepsilon$ em que β_1 e β_2 são os coeficientes de regressão parcial do CMS sobre GMD e PMET, respectivamente, e o ε é o CAR:

$$CAR = CMS_{\text{observado}} - CMS_{\text{esperado}}$$

Os registros de consumo e pesagens fora do intervalo de $\pm 3,0$ desvios padrão da média do grupo de teste foram eliminados.

Foi realizada análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis de desempenho, consumo alimentar e hídrico utilizando-se o procedimento REG do programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.4. Considerando o CMS observado como variável dependente e CH, PC e GMD como variáveis independentes, utilizou-se a função *Stepwise* do procedimento REG do programa estatístico SAS para gerar uma nova equação de predição de consumo de matéria seca (CMSpred) por meio de análise de regressão linear múltipla. Além disso, foram estimados CMS a partir das equações de predição propostas pelos programas NRC (2000, CMSnrc) e BR-CORTE (2016, CMSbr-corte) para comparação.

Utilizando os CMS que foram estimados pelas equações de predições do NRC, BR-CORTE e pela nova equação gerada neste estudo, as medidas de eficiência alimentar EAB e CAR foram calculadas a partir destas medidas de consumo (EABbr-corte, EABnrc, EABpred., CARbr-corte, CARnrc e CARpred.).

Análises de correlação de Pearson foram realizadas entre as variáveis observadas e preditas conforme descrito. O grau de correlação entre as variáveis foi classificado pela magnitude dos coeficientes de correlação [$r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte)], segundo Dancey & Reidy (2006).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva das variáveis avaliadas se encontra na Tabela 1. O CMS médio foi de 9,93 kg/dia e variou de 5,97 até 14,47 kg/dia para machos, para as fêmeas o CMS médio foi de 8,16 kg/dia e variou de 3,45 até 12,12 kg/dia. Já o CH foi em média de 35,32 kg/dia e variou de 20,78 até 49,50 kg/dia para machos, e para as fêmeas a média foi de 23,38 kg/dia e variou de 11,63 até 40,07 kg/dia. Observa-se grande variação nestas medidas, o que pode ser explicada por variações existentes quanto ao peso e ao desempenho dos animais.

Na análise de correlação entre variáveis de desempenho e consumo alimentar e hídrico (Tabela 2), observou-se uma correlação positiva entre todas as variáveis. Foi observado correlação moderada entre PC com CMS e CH (0,67 e 0,66 respectivamente), já entre o PC e o GMD observou-se correlação fraca (0,35).

O CMS apresentou correlação moderada com o GMD (0,44), valor próximo ao encontrado por Ahlberg et al. (2019) de (0,50). Correlações fenotípicas semelhantes entre CMS e GMD foram relatadas anteriormente por Arthur et al. (2001), Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2007).

Com o CH, o GMD também apresentou correlação moderada (0,49), já no estudo de Ahlberg et al. (2019), os autores encontraram valores de correlações fenotípicas diferentes, uma vez que o CH teve correlação negativa com o GMD (-0,09).

O CMS apresentou relação positiva com o CH, com uma correlação moderada (0,64), o que pode ser considerado positivo para estimar o CMS por meio do CH.

Em estudo prévio de Menezes et al. (2018), verificou-se relação do CH com o CMS, onde foram encontrados coeficientes de correlação genética entre essas variáveis de $0,75 \pm 0,41$, e correlação fenotípica de $0,57 \pm 0,03$, o que indica que o CH pode ser usado como um indicador do CMS.

A análise de regressão múltipla na qual foi incluído o CH como variável independente para estimativa de CMS resultou na seguinte equação:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 2,08988 (\pm 0,2167) + 0,00955 (\pm 0,0006) \text{ PMET (kg)} + 0,64477 (\pm 0,1108) \text{ GMD (kg/dia)} + 0,06539 (\pm 0,0077) \text{ CH (kg/dia)}.$$

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,535 e o valor de C_p de

Mallows foi 4,0, o qual indica uma melhor precisão entre as variáveis preditoras. O modelo foi significativo ($P < 0,0001$). Um resumo das diferentes equações avaliadas é descrito na Tabela 3. Foram testadas as variáveis PC, GMD e CH em combinação, as quais tiveram R^2 totais de 0,454, 0,193 e 0,408, respectivamente. Os maiores R^2 totais para PC e CH indicam que estas variáveis respondem por uma porção maior da variação em consumo de alimentos, quando comparado ao GMD. A inclusão do CH acresceu em 0,036 pontos o R^2 da equação contendo PC e GMD como variáveis independentes para estimativa do CMS.

É necessário a utilização de modelos matemáticos que possibilitem determinar os valores de CMS de forma acurada, pois o grau de exatidão de suas estimativas tem impacto na produtividade (NRC, 2000). Os sistemas nutricionais como *National Research Council* (NRC), que utiliza como banco de dados animais predominantemente *Bos taurus*, e BR-Corte para animais zebuínos e mestiços têm trabalhado para aprimorar suas equações que podem ser utilizadas como base, adaptando-se a realidade de cada sistema. Diferente das citadas, a nova equação gerada tem o CH como variável independente e utilizou dados de uma raça taurina adaptada (Senepol).

Quanto ao CH, que foi a terceira variável a entrar na equação, não há informações na literatura sobre o seu uso para gerar equações de estimativa de CMS, porém há estudos com o uso da variável CMS para estimar o CH. A relação entre a CH e CMS foi usada por vários autores para estimar o consumo de água por bovinos (WINCHESTER & MORRIS, 1956; WILLIAMS, 1959; UTLEY et al. 1970; HATENDI et al. 1996; LONERAGAN et al. 2001). O consumo de água relacionado ao consumo de matéria seca foi relatado em cerca de 2,3 a 4 L/kg de MS em bovinos (KAMPHUES, 2000; MEYER, STAHL & FLACHOWSKY 2006). Nestes estudos não foram relatados os coeficientes de determinação obtidos para fins de comparação com os resultados do presente estudo.

Uma segunda estatística descritiva das variáveis avaliadas se encontra na Tabela 4. O CMS observado médio foi de 8,74 kg/dia e variou de 3,46 até 14,47 kg/dia. O valor médio do CMS predito pela equação do BR-CORTE foi de 8,79 kg/dia e variou de 4,35 até 12,98 kg/dia, o valor médio para o CMS predito pela equação do NRC foi de 10,03 kg/dia e variou de 5,94 até 14,18 kg/dia, e, por fim, o valor médio do CMS predito pela nova equação foi de 8,74 kg/dia e variou de 5,31 a 12,67 kg/dia. Observa-se pouca variação com valores muito próximos entre as

medidas de CMS observado, predito pelo BR-CORTE e predito pela nova equação gerada. Já no CMS predito pelo NRC nota-se uma variação maior, o que pode ser explicada pelo fato de se tratar de um modelo americano, que emprega informações de uma realidade de produção não encontrada no Brasil.

A partir da correlação de Pearson entre o CMS observado e os consumos de MS estimados através de equações de predição do BR-CORTE, NRC e pela nova equação obtida no presente estudo (Tabela 5), observou-se correlações positivas que variaram de 0,66 a 0,73. A correlação entre o CMS predito pela nova equação com o CMS observado foi maior (0,73) que aquelas encontradas utilizando BRCORTE (0,66) e NRC (0,68), como esperado.

Em meta-análise com dados de diversos estudos usados para predição de CMS para bovinos de corte em confinamento, realizada por Azevêdo et al. (2006) para validação do sistema BR-CORTE, foram observados valores de correlação para bovinos mestiços utilizando a equação proposta pelo sistema BR-CORTE (2006) de (0,51). Quando se aplicou a nova equação proposta por eles, obtiveram um valor de correlação de (0,49), ambas correlações moderadas e menores que as correlações obtidas para a equação encontrada no presente estudo.

Considerando a alta correlação do CMS observado com o CMS estimado pela nova equação, pode-se dizer que a equação gerada foi acurada, e para as condições do presente estudo, tal equação se aplica melhor que aquelas propostas pelo NRC e BR-CORTE.

As correlações entre as variáveis de EAB observadas e aquelas estimadas utilizando o CMS predito pelas diferentes equações foram muito semelhantes (Tabela 6), com coeficientes de determinação variando entre 0,91 e 0,92. Entretanto, quando se avaliou o CAR, os valores estimados utilizando a nova equação tiveram correlação moderada com CAR observado (0,45), enquanto as correlações das demais foram baixas ($r=-0,08$ para BR-CORTE) ou nulas ($r=0,00$, $P>0,05$, para NRC).

6.4 CONCLUSÃO

A estimativa de consumo de alimentos a partir do desempenho e consumo hídrico pode ser útil para estimativas de características de eficiência alimentar em bovinos confinados. A inclusão do consumo hídrico como variável

independente juntamente com peso médio metabólico e ganho médio diário melhora a predição de consumo de matéria seca de bovinos Senepol. Considerando a comparação entre a equação gerada no seu estudo e aquelas propostas pelo NRC e BR-Corte pode-se observar que a nova equação gerada apresentou-se mais eficaz e possuir variáveis mais fáceis de serem mensuradas.

REFERÊNCIAS

AHLBERG, C. M.; ALLWARDT, K.; BROOCKS, A.; BRUNO, K.; TAYLOR, A.; MCPHILLIPS, L.; KREHBIEL, C. R.; LORENZO, M. C.; RICHARDS, C. J.; PLACE, S. E.; DESILVA, U.; VANOVERBEKE, D. L.; MATEESCU, R. G.; KUEHN, L. A.; WEABER, R.; BORMANN, J.; ROLF, M. M. Characterization of water intake and water efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 12, p. 4770-4782, 2019.

ARTHUR, P. F.; ARQUEIRO, J. A.; JOHNSTON, D. J.; REBANHO, R. M.; RICHARDSON, C. E.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 11, p. 2805-2811, 2001.

AZEVÊDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; VALADARES, R. F. D.; DETMANN, E. Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento. In VALADARES FILHO S.C. et al. (Eds). **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR-CORTE**. Viçosa: Editora Viçosa. p.1-12. 2006.

BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; OKINE, E. K.; SNELLING, W. M.; LYLE, K. L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003.

DANCEY, C.; REIDY, J. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed. 2006.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; VALADARES FILHO, S. D. C.; EUCLYDES, R. F.; LANA, R. D. P.; e QUEIROZ, D. S. D. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1600-1609, 2001.

DUMAS, A.J.; DIJKSTRA, J.; FRANCE J. Mathematical modelling in animal nutrition: a centenary review. **Journal of Agricultural Science**, v.146, p.123-142, 2008.

FERREIRA, A. M. S.; SILVA, S. P.; FARIA, UBIRAJARA, C. Predições do Consumo de Matéria Seca em Bovinos de Corte. **Revista de Veterinária e Zootecnia**, p. 173-188, 2017

HATENDI, P. R.; MULENGA, F. M.; SIBANDA, S.; NDLOVU, P. The effect of diet and frequency of watering on the performance of growing cattle given food at maintenance. **Animal Science**, v. 63, n. 1, p. 33-38, 1996.

KAMPHUES, J. Water requirement of food producing and companion animals. **DTW**.

Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, v. 107, n. 8, pág. 297-302, 2000.

LIU, M. F.; GOONEWARDENE, L.A.; BAILEY, D.R.C.; et al. A study in the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. **Journal of Animal Science**. v.80, p.435-441, 2000.

LOPES, L. S., LADEIRA, M. M., MACHADO NETO, O. R., SILVEIRA, A. R. M. C. D., REIS, R. P., & CAMPOS, F. R. Viabilidade econômica da terminação de novilhos Nelore e Red Norte em confinamento na região de Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 4, p. 774-780, 2011.

LONERAGAN, G. H. et al. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 12, p. 2941-2948, 2001.

McMENIMAN, P.J.; DEFOOR, P.J.; GALYEAN, L.M. Evaluation of the national research council dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1138-1146, 2009.

MENEZES, G.R.O.; GOMES, R.C.; RIBAS, M.N.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; FERNANDES JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; FÁVERO, R.; SILVA, L. O. C. Genetic and phenotypic parameters for feed and water efficiency in Senepol cattle, In: Cooperation, networking and global interactions in the animal production sector; Bryant J et al. (eds.). ICAR, Rome, Italy. 2018.

MEYER, U.; STAHL, W.; FLACHOWSKY, G. Investigations on the water intake of growing bulls. **Livestock Science**, v. 103, n. 1-2, p. 186-191, 2006.

MINSON, D.J. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press. 1990. 483p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (2000) Nutrient requirements of beef cattle. 7 rev. ed. **National Academy Press**, Washington, D.C. 242p. 2000.

NKRUMAH, J. D.; CREWS JUNIOR, D. H.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; OKINE, E. K.; WANG, Z.; LI, C.; MOORE, S. S. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2382-2390, 2007.

RIBEIRO, J. S.; LADEIRA, M. M.; MACHADO NETO, O. R. e CAMPOS, F. R. Consumo alimentar e sua predição pelos sistemas NRC, CNCPS e BR-Corte, para tourinhos zebuínos confinados. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 802-810, 2012.

RIBEIRO, J. 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, n. 4, p. 802-810, 2012.

UTLEY, P. R.; BRADLEY, N. W.; BOLING, J. A. Effect of restricted water intake on feed intake, nutrient digestibility and nitrogen metabolism in steers. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 1, p. 130-135, 1970.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE.** Viçosa, MG: UFV/DZO, 142 p. 2006.

WILLIAMS, C. M. Influence of winter conditions on the feed and water intake of feedlot steers. In: **Journal of Animal Science.** 1111 NORTH DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874: AMER SOC ANIMAL SCIENCE, p. 1177-117, 1959.

WINCHESTER, C. F.; MORRIS, M. J. Water intake rates of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 15, n. 3, p. 722-740, 1956.

WINCHESTER, C. F.; MORRIS, M. J. Water intake rates of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 15, n. 3, p. 722-740, 1956.

TABELAS DO CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Estatística descritiva das características de desempenho, consumo alimentar e hídrico de bovinos Senepol.

Característica	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
Fêmeas					
PC, kg	642	401,4	217,8	582,4	61,5
CMS, kg/dia	642	8,16	3,45	12,12	1,54
GMD, kg/dia	642	0,894	0,034	1,957	0,320
CH, kg/dia	642	23,38	11,63	40,07	5,05
Machos					
PC, kg	312	519,2	305,5	694,5	59,6
CMS, kg/dia	312	9,93	5,97	14,47	1,82
GMD, kg/dia	312	1,333	0,053	2,773	0,454
CH, kg/dia	312	35,32	20,78	49,50	5,54

CMS= consumo de matéria seca CH= consumo hídrico, GMD= ganho médio diário, PC= peso corporal.

Tabela 2 - Correlação simples de Pearson entre variáveis de desempenho e consumo alimentar e hídrico em bovinos Senepol.

Característica	CMS, kg/dia	GMD, kg/dia	CH, kg/dia
Geral			
PC, kg	0,67**	0,35***	0,67***
CMS, kg/dia	-	0,44***	0,64***
GMD, kg/dia	0,44***	-	0,49***
Fêmeas			
PC, kg	0,59***	0,12***	0,39***
CMS, kg/dia	-	0,35***	0,49***
GMD, kg/dia	0,35***	-	0,27***
Machos			
PC, kg	0,49***	-0,02 ^{ns}	0,32***
CMS, kg/dia	-	0,19**	0,53***
GMD, kg/dia	0,19**	-	0,19**

PC= peso corporal; CMS=consumo de matéria seca; GMD= ganho médio diário; ns = não significativo; ** P<0,001; ***P<0,0001.

Tabela 3 - Parâmetros de regressão stepwise para estimativa do consumo de matéria seca a partir do peso corporal (PC), do ganho médio diário (GMD) e do consumo hídrico (CH) de bovinos Senepol.

Modelo	QMEP	R ²	Cp	Estimativas dos Parâmetros			
				Intercepto	PMET, kg	GMD, kg/dia	CH, kg/dia
PC	1,359	0,454	2,0	2,3111(0,2328)***	0,0146(0,0005)***	-	-
GMD	1,653	0,193	2,0	6,7612(0,1420)***	-	1,9104(0,1267)***	-
CH	1,414	0,408	2,0	4,5600(0,1697)***	-	-	0,1533(0,0060)***
PC + GMD	1,302	0,499	3,0	2,0521(0,2247)***	0,0129(0,0005)***	0,9963(0,1067)***	-
PC + CH	1,277	0,519	3,0	2,2439(0,2187)***	0,0097(0,0006)***	-	0,0820(0,0072)***
GMD + CH	1,392	0,427	3,0	4,3532(0,1707)***	-	0,7078(0,1229)***	0,1340(0,0068)***
PC + GMD + CH	1,255	0,535	4,0	2,0899(0,2167)***	0,0095(0,0006)***	0,6448(0,1108)***	0,0654(0,0077)***

QMEP = quadrado médio do erro de predição; ***P<0,0001.

Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis, consumo de matéria seca observado e estimados pelas equações de predições do NRC, BR-CORTE e pela nova equação gerada, e das medidas de eficiência alimentar calculadas a partir destas medidas de consumo.

Característica	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
CMS	954	8,74	3,46	14,47	1,8
CMSbr-corte	954	8,79	4,35	12,98	1,60
CMSnrc	954	10,03	5,94	14,18	1,45
CMSpred	954	8,74	5,31	12,67	1,34
EA	954	0,119	0,004	0,271	0,04
EAbrcorte	954	0,114	0,006	0,233	0,03
EAnrc	954	0,103	0,003	0,261	0,04
EApred	954	0,117	0,004	0,255	0,04
CAR	954	0,00	-3,54	2,78	0,76
CARbr-corte	954	0,00	-1,03	0,26	0,10
CARpred	954	0,00	-0,79	1,03	0,24

CMS= consumo de matéria seca observado; CMSbr-cort= consumo de matéria seca predito pela equação do BR-CORTE; CMSnrc= consumo de matéria seca predito pela equação do NRC; CMSpred= consumo de matéria seca predito pela nova equação gerada; EA= eficiência alimentar bruta observada; EAbrcorte= eficiência alimentar bruta calculada a partir do CMSbr-corte; EAnrc= eficiência alimentar bruta calculada a partir do CMSnrc; EApred= eficiência alimentar bruta calculada a partir do CMSpred; CAR= consumo alimentar residual; CARbr-corte= consumo alimentar residual calculado a partir do CMSbr-corte; CARpred= consumo alimentar residual calculado a partir do CMSpred.

Tabela 5 - Correlação simples de Pearson entre o consumo de matéria seca observado e os consumos de matéria seca estimados.

Característica	CMSbr-corte, kg/dia	CMSnrc, kg/dia	CMSpred, kg/dia
CMS, kg/dia	0,66***	0,68***	0,73***
CMSbr-corte, kg/dia	-	0,78***	0,89***
CMSnrc, kg/dia	0,78***	-	0,92***

CMS= consumo de matéria seca observado; CMSbr-cort= consumo de matéria seca predito pela equação do BR-CORTE; CMSnrc= consumo de matéria seca predito pela equação do NRC; CMSpred= consumo de matéria seca predito pela nova equação gerada. ***P<0,0001.

Tabela 6 - Correlação simples de Pearson entre eficiência alimentar, consumo alimentar residual observados com as medidas de eficiência alimentar calculadas através dos consumos estimados pelas equações de predições do BR-CORTE, NRC e pela nova equação gerada.

CAR			
Característica	CARbr-corte	CARnrc	CARpred
CAR	-0,08*	0,00 ^{ns}	0,45***
CARbr-corte	-	-0,00 ^{ns}	-0,08**
CAR-nrc	-0,00 ^{ns}	-	0,00 ^{ns}
EA			
Característica	EAbrcorte	EAnrc	EApred
EA	0,91***	0,91***	0,92***
EAbrcorte	-	0,99***	0,99***
EAnrc	0,99***	-	0,99***

EAB= eficiência alimentar bruta observada; EABbr-corte= eficiência alimentar bruta calculada a partir do CMSbr-corte; EABnrc= eficiência alimentar bruta calculada a partir do CMSnrc; EApred= eficiência alimentar bruta calculada a partir do CMSpred; CAR= consumo alimentar residual; CARbr-corte= consumo alimentar residual calculado a partir do CMSbr-corte; CARpred= consumo alimentar residual calculado a partir do CMSpredNs = não significativo; *P<0,05; ** P<0,001; ***P<0,0001.

7 CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ESTIMATIVA DE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR

RESUMO - O objetivo foi avaliar os efeitos da duração do teste, do ganho médio diário pré-teste (pGMD) e da abordagem aplicada para cálculo do consumo alimentar residual (CAR) (dentro do grupo teste ou dentro da edição do teste desconsiderando o grupo teste) na estimativa de características de eficiência alimentar em bovinos de corte. Foram utilizados dados de testes de eficiência alimentar realizados com bovinos Nelore e Senepol. Foram calculados o consumo médio de matéria seca (CMS), GMD, peso corporal (PC), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar bruta (EAB) e CAR para durações de teste de 35, 42 e 56 dias. Os pGMD foram calculados usando PC medidos ao nascimento, ao desmame, ao sobreano e ao início do teste, e foram usados para estimar medidas alternativas de CA, EA e CAR. O termo “edição de teste” será utilizado para se referir a cada teste realizado em animais de mesmo sexo em um mesmo período de tempo e o termo “grupo de teste” será utilizado para se referir a um grupo de animais ocupando uma mesma baia em uma mesma edição de teste. O CAR foi calculado dentro do grupo de teste (CAR_g) e entre os grupos de teste (CAR_e, dentro da edição do teste, desconsiderando o grupo de teste). A redução da duração de teste não afetou o CMS ($P > 0,05$), porém alterou as estimativas para PC, GMD, CA e EAB ($P < 0,0001$). Altas correlações foram observadas para CMS, PC e CAR calculados em diferentes durações de teste, embora menor correlação tenha sido observada para GMD, CA e EAB em relação ao teste de 35d e 56d. As correlações entre GMD medido no teste e pGMD foram sistematicamente baixas, o que pode explicar as baixas correlações para CA e EA alternativos. Correlações de Pearson e de ranking entre CAR calculado dentro do grupo de teste e CAR dentro da edição do teste foram inferiores a 0,9. Reduzir o teste de 56 para 42 ou 35 dias pode afetar a acurácia das estimativas de eficiência alimentar. Usar o ganho de peso pré-teste como alternativa para o ganho de peso medido no teste para fins de cálculo da eficiência alimentar parece não ser viável. O método empregado para calcular o CAR em relação ao grupo de teste e à edição do teste pode levar a mudanças na acurácia de sua estimativa.

Palavras-chave: confinamento, consumo alimentar residual, conversão alimentar,

duração de testes, eficiência alimentar bruta.

EVALUATION OF DIFFERENT METHODOLOGICAL PROCEDURES TO ESTIMATE FEED EFFICIENCY TRAITS

ABSTRACT – The aim was to evaluate the effects of test length, pre-test average daily gain (pADG) and approach for residual feed (RFI) intake calculation (within test group or within test edition disregarding test group) on the estimate of feed efficiency traits in beef cattle. Data from feed efficiency tests carried out with Nellore and Senepol cattle were used. Mean dry matter intake (DMI), ADG, body weight (BW), feed conversion ratio (FCR), gross feed efficiency (GFE) and RFI for test lengths of 35, 42 and 56 days were calculated. Pre-test ADGs were calculated using birth BW, weaning BW, yearling BW and test initial BW and were used to estimate alternative FCR, GFE and RFI measurements. RFI was calculated both within test group (RFI_g) and across test groups (RFI_e, within test edition disregarding test group). Reducing test length did not affect DMI ($P>0.05$), however, it altered estimates for BW, ADG, FCR and GFE ($P<0.0001$). High correlations were observed for DMI, BW and RFI calculated in different test lengths, although lower correlation was observed for ADG, FCR and GFE relative to 35d and 56d test. Correlations between test ADG and pADG were systematically low, what may explain low correlations for alternative FCR and GFE. Pearson and ranking correlations between within-test-group RFI and within-test-edition RFI were lower than 0.9. Reducing test length from 56 to 42 or 35 d may affect the accuracy of feed efficiency estimates. Using pre-test weight gain as a alternative for test weight gain in feed efficiency calculation seems not feasible. The approach employed to calculate RFI regarding test group and test edition may lead to changes in accuracy.

Keywords: feedlot, residual feed intake, feed conversion ratio, test length, gross feed efficiency

7.1 INTRODUÇÃO

Identificar animais que são mais eficientes no uso de nutrientes é uma estratégia de redução dos custos de produção e da demanda por áreas de pastagem e agricultura, reduzindo assim o impacto ambiental causado pela pecuária intensiva (ARTHUR e HERD, 2008). De acordo com Santana et al. (2014), produção animal eficiente pode ser definida como a geração de produtos de origem animal com a menor quantidade de recursos possíveis. As diversas medidas de eficiência alimentar dependem de fatores como a ingestão de alimentos, peso corporal do animal, estado fisiológico, composição do ganho de peso, condições ambientais, idade e fatores intrínsecos ligados à eficiência, isto é, taxas de digestão, absorção e eficiência de utilização da energia e proteína metabolizável (NRC, 2000).

Na bovinocultura, a alimentação em confinamento permitiu verticalizar e intensificar a produção de carne, mas fez também com que aumentasse a preocupação com problemas ambientais. Isso levou a busca por alternativas que maximizem a produção de carne e, simultaneamente, promovam a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade. A seleção de animais mais eficientes quanto ao aproveitamento do alimento fornecido tem se mostrado uma ferramenta eficaz para atingir esse objetivo (BASARAB et al 2003; NKRUMAH et. al, 2006). A conversão alimentar (CA) era tradicionalmente a medida mais usada para quantificar a eficiência alimentar em bovinos de corte (BERRY, 2008). No decorrer dos anos, surgiram muitas medidas de eficiência alimentar, entre elas o consumo alimentar residual (CAR), que se destaca por permitir identificar animais de menor consumo e exigências de manutenção sem interferir no peso adulto ou ganho de peso (MORAIS, 2011).

Recentemente, dados do consumo de alimentos vêm sendo incluídos em programas de seleção com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo ou da produção de genótipos superiores para tal característica (HERD et al., 2003; GOMES, 2012). Os testes de avaliação de desempenho são de grande utilidade em programas de melhoramento, pois tem como finalidade avaliar a capacidade individual dos animais para consumo alimentar, ganho de peso e medidas de eficiência alimentar, fornecendo subsídios para seleção com base na informação individual (JOSAHKIAN et al., 2003).

Pesquisas têm sido feitas para reduzir a duração dos testes de eficiência alimentar. Essa redução permitiria menores custos para a avaliação, um uso

mais eficiente das instalações utilizadas para os testes e, conseqüentemente, maior rentabilidade da atividade pecuária por meio da identificação de animais eficientes (MARZOCCHI, 2019). Encontrar novas formas econômicas e de precisão em medir e utilizar informações de consumo e eficiência alimentar é fundamental para a melhoria da produção de carne bovina (CASSADY et al., 2016).

Diante disso, o objetivo foi avaliar os efeitos da duração do teste, do ganho médio diário pré-teste e da abordagem aplicada para cálculo do CAR (dentro do grupo teste ou dentro da edição do teste desconsiderando o grupo teste) na estimativa de características de eficiência alimentar em bovinos de corte.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos com animais descritos neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Corte, sob protocolos nº 007/2016 e 010/2018. Foram utilizados registros de testes de desempenho de animais da raça Nelore (*Bos indicus*) e Senepol (*Bos taurus*), ocorridos entre os anos de 2016 e 2020. Os dados da raça Nelore foram obtidos a partir de testes de desempenho realizados na Embrapa Gado de Corte, Campo Grade – Mato Grosso do Sul, Brasil (20°27'04" S e 54°42'57" O), sendo avaliados animais machos com idade entre 18 e 22 meses, num total de 10 edições de testes e 945 animais. Já para a raça Senepol, os dados foram obtidos em 9 edições de testes realizados na Fazenda Grama, Pirajuí - São Paulo, Brasil (21° 59 'S; 49° 27' O), com registros de 1782 animais. Para fins deste estudo, o termo “edição de teste” será utilizado para se referir a cada teste realizado em animais de mesmo sexo em um mesmo período de tempo.

Os animais foram identificados individualmente com brincos contendo chips para uso em tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID), e alojados em baias coletivas dotadas de equipamentos para mensuração automática individual do consumo de alimento e do peso corporal (Intergado® Ltda, Contagem, Minas Gerais, Brasil). Para a raça Nelore, em cada edição de teste os animais foram distribuídos em três a seis grupos de teste, cada um ocupando uma baia coletiva. Já para a raça Senepol, os animais foram distribuídos em dois grupos de teste, cada um ocupando uma baia coletiva. Para fins deste estudo, o termo “grupo de teste” será utilizado para se referir a um grupo de animais ocupando uma mesma baia em uma

mesma edição de teste.

Antes dos testes os animais foram adaptados à dieta e às instalações. Os animais tiveram acesso *ad libitum* à dieta e água. A quantidade de ração fornecida foi calculada com base na sobra, sendo esta mantida entre 5 a 10% do total fornecido, a fim de assegurar o consumo *ad libitum*. A composição alimentar da dieta ofertada foi modificada ao longo dos testes, mas foi equivalente em energia e proteína, com 2,64 Mcal/kg de energia metabolizável e 14% de proteína bruta com base na matéria seca (MS).

Os testes realizados com a raça Senepol tiveram duração de 98 dias em média, sendo os primeiros 14 dias para adaptação. Para fins deste estudo, foram consideradas e utilizadas as informações dos primeiros 56 dias do período de coleta. Já os testes realizados com a raça Nelore duraram 77 dias, sendo 21 dias de adaptação e 56 dias de coleta efetiva de dados. As características estudadas incluíram ganho médio diário (GMD, kg/dia), peso corporal (PC, kg), peso corporal metabólico (PMET, kg) consumo de matéria seca (CMS, kg/dia), consumo alimentar residual (CAR kg/dia), eficiência alimentar (EAB, kg/dia) e conversão alimentar (CA, kg/dia).

O GMD foi estimado como o coeficiente de regressão linear dos pesos em função dos dias de pesagem em teste (DET), de acordo com a equação:

$$y_i = \alpha + \beta * DET_i + \epsilon_i$$

em que, y_i é o peso do animal na i -ésima observação; α é o intercepto, que representa o peso inicial do animal; β é o coeficiente de regressão linear que representa o GMD; DET_i representa o dia em teste na i -ésima observação e ϵ_i é o erro aleatório associado a cada observação.

O PC médio foi calculado de acordo com a equação:

$$PC = (P_i + (1/2 DET * GMD))$$

em que, P_i é o peso inicial do animal; DET refere-se aos dias em teste; e GMD corresponde ao ganho médio diário de peso do animal dentro do período avaliado.

O PMET foi calculado elevando-se o PC médio a 0,75. O CMS foi obtido pela média de todos os dias de consumo válidos durante o período de teste, o

qual foi calculado multiplicando-se o consumo de matéria natural pelo teor de MS da ração total misturada. O CAR foi calculado como a diferença entre o CMS observado e o CMS esperado, que foi estimado pela regressão linear múltipla do CMS sobre o GMD e o PMET. A CA foi obtida pela razão do CMS pelo GMD, e a EAB pela razão entre GMD e CMS.

Os registros de consumo e pesagens fora do intervalo de $\pm 3,0$ desvios padrão da média dentro de cada edição de teste foram eliminados. O estudo foi composto por três experimentos com abordagens diferentes, porém com a mesma finalidade de avançar no conhecimento a respeito dos procedimentos metodológicos para estimativa de medidas de eficiência alimentar em testes de desempenho.

Experimento 1: Efeito da redução do período de teste

Neste experimento foram utilizados dados dos testes da raça Nelore e Senepol, somando 2.727 animais. Médias individuais para CMS, PC, GMD, CA, EAB e CAR foram calculadas considerando registros válidos em períodos de 35, 42 e 56 dias de teste. Para comparação das médias obtidas de cada característica em cada período de teste, foi realizada análise de máxima verossimilhança restrita, tendo como efeito fixo a duração do teste (35, 42 ou 56 dias) e o efeito de edição de teste como efeito aleatório. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste Tukey. O nível de significância considerado foi de 0,05.

Foram realizadas análises de correlação simples de Pearson entre variáveis utilizadas nas estimativas de medidas de eficiência (CMS, PC e GMD), e entre as características de eficiência alimentar (CA, EAB e CAR) nos diferentes períodos de teste (35, 42 e 56 dias). O grau de correlação entre as variáveis foi determinado com base na magnitude dos coeficientes de correlação [$r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte)], segundo Dancey & Reidy (2006).

Experimento 2: Estimativa de medidas de eficiência alimentar a partir de GMD do período pré-teste

Com o objetivo de avaliar a possibilidade de se utilizar o GMD mensurado em períodos pré-teste (pGMD) para estimar as características de

eficiência alimentar, foram propostos quatro métodos distintos de cálculo do pGMD (Tabela 1).

Quadro 1. Definição dos GMD mensurados em períodos pré-teste (pGMD)

Medida	Abreviação	Fórmula
Ganho médio diário do nascimento ao início do teste.	pGMD-NT	$pGMD-NT = (\text{Peso no início do teste} - \text{Peso nascimento}) / \text{Idade no início do teste (dias)}$.
Ganho médio diário da desmama ao sobreano.	pGMD-DS	$pGMD-DS = (\text{Peso ao sobreano [ajustado]} - \text{Peso na desmama [ajustado]}) / 310$.
Ganho médio diário da desmama ao início do teste.	pGMD-DT	$pGMD-DT = (\text{Peso no início do teste} - \text{Peso na desmama não ajustado}) / \text{Período do dia de avaliação de desmama até o início do teste}$
Ganho médio diário da avaliação ao sobreano ao início do teste.	pGMD-ST	$pGMD-ST = (\text{Peso no início do teste} - \text{Peso ao sobreano não ajustado}) / \text{Período de dias da avaliação de sobreano até o início do teste}$

Neste experimento foram analisados apenas dados da raça Nelore, onde foram utilizados registros de 715 animais no período de avaliação de até 56 dias de teste. Não foi possível utilizar os dados da raça Senepol porque existiam poucas informações dos animais antes do início dos testes, e a avaliação ao sobreano dos animais da raça Senepol são realizadas após o início do teste, assim descartando algumas formas de cálculo do pGMD.

A partir dos pGMD, do CMS observado no teste e do PC observado no teste, foram calculadas medidas alternativas de CA, EAB e CAR, como segue:

CA pré-teste:

$$CA_{-NT} = CMS_{\text{Observado}} / pGMD_{-NT}$$

$$CA_{-DS} = CMS_{\text{Observado}} / pGMD_{-DS}$$

$$CA_{-DT} = CMS_{\text{Observado}} / pGMD_{-DT}$$

$$CA_{-ST} = CMS_{\text{Observado}} / pGMD_{-ST}$$

EA pré-teste:

$$EAB_{-NT} = pGMD_{-NT} / CMS_{\text{Observado}}$$

$$EAB_{-DS} = pGMD_{-DS} / CMS_{\text{Observado}}$$

$$EAB_{-DT} = pGMD_{-DT} / CMS_{\text{Observado}}$$

$$EAB_{-ST} = pGMD_{-ST} / CMS_{\text{Observado}}$$

CAR pré-teste:

$$CAR_{-NT} = CMS_{\text{Observado}} - CMS_{\text{esperadoNT}}$$

$$CAR_{-DS} = CMS_{\text{Observado}} - CMS_{\text{esperadoDS}}$$

$$CAR_{-DT} = CMS_{\text{Observado}} - CMS_{\text{esperadoDT}}$$

$$CAR_{-ST} = CMS_{\text{Observado}} - CMS_{\text{esperadoST}}$$

Onde:

$$CMS_{\text{esperadoNT}} = \text{intercepto} + \beta_1 pGMD_{-NT} + \beta_2 PMET_{\text{Observado}} + \varepsilon$$

$$CMS_{\text{esperadoDS}} = \text{intercepto} + \beta_1 pGMD_{-DS} + \beta_2 PMET_{\text{Observado}} + \varepsilon$$

$$CMS_{\text{esperadoDT}} = \text{intercepto} + \beta_1 pGMD_{-DT} + \beta_2 PMET_{\text{Observado}} + \varepsilon$$

$$CMS_{\text{esperadoST}} = \text{intercepto} + \beta_1 pGMD_{-ST} + \beta_2 PMET_{\text{Observado}} + \varepsilon$$

Em que β_1 e β_2 são os coeficientes de regressão parcial do CMS sobre GMD e PMET, respectivamente, e o ε é o CAR.

Procedeu-se a análise de correlação simples de Pearson do pGMD com o GMD observado no teste, e com as características de eficiência alimentar observadas e calculadas a partir do pGMD. As mesmas análises foram realizadas considerando os tempos de 35, 42 e 56 dias. O grau de correlação entre as variáveis foi determinado com base na magnitude dos coeficientes de correlação [$r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte)], segundo Dancey & Reidy (2006).

Experimento 3: Correlação do CAR calculado dentro do grupo de teste ou da edição de teste

Neste experimento foram utilizados dados dos testes da raça Nelore e Senepol, somando 2.369 animais no período de avaliação de 56 dias de teste. O CAR foi calculado de duas formas sendo a primeira delimitando informações do grupo de teste (CAR_g) e a outra desconsiderando o grupo de teste e delimitando informações de toda a edição de teste (CAR_e). Os dados foram submetidos à análise de correlação simples de Pearson e de correlação por ranqueamento de Spearman. O grau de correlação entre as variáveis foi determinado com base na magnitude dos coeficientes de correlação [$r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte)], segundo Dancey & Reidy (2006).

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1: Efeitos da redução do período de teste

As médias das variáveis avaliadas (CMS, PC, GMD, CA, EAB e CAR), valores mínimos, máximos e seus respectivos desvios padrão são mostradas na Tabela 1. Não houve diferença significativa para CMS nos diferentes períodos de teste ($P > 0,05$). Observou-se que a média do CMS foi igual para 35 e 42 dias de teste, de 11,74 kg/dia e com 56 dias de teste a média foi de 11,72 kg/dia.

Como já se esperava, conforme aumenta a duração do teste aumenta o PC, já o GMD reduziu com o aumento da duração do teste ($P < 0,05$), isso pode ser explicado pelo ganho compensatório à composição do ganho de peso. Esse peso varia em função da proporção de músculo, gordura e ossos do animal, pois esses tecidos, em geral, apresentam taxas de crescimento diferentes, as quais se alteram durante sua vida. Segundo OWENS et al. (1995), os tecidos do corpo crescem e se desenvolvem em ondas de crescimento específicas, começando com o tecido nervoso e, em seguida, os ossos e tecido muscular e, por último, o tecido adiposo. As medidas CA e EA são uma o inverso da outra, as duas apresentam comportamento inverso em relação ao período de teste.

Para o CAR, não foram observadas diferenças significativas das médias entre os períodos avaliados ($P > 0,05$). Os valores mínimos e máximos para o

período de 35 dias de teste foram -4,36 e 3,95 kg de MS/dia; para 42 dias foram -4,07 e 3,69 kg de MS/dia; e para 56 dias -3,90 e 3,84 kg de MS/dia, respectivamente, mostrando uma possível redução da amplitude a medida que aumenta o período de teste.

As correlações entre as variáveis utilizadas nas estimativas de medidas de eficiência e nos diferentes períodos de teste são mostradas em Tabela 2. A duração mínima do teste para CMS pode ser reduzida para 35 dias, com valores de coeficientes de correlações superiores à 0,90. Wang et al. (2006) relataram correlação de 0,93 para CMS acima de 35 dias de teste, usando um sistema GrowSafe, corroborando os resultados encontrados no presente estudo. Já com 49 dias de teste o coeficiente de correlação para CMS ultrapassou 0,95 no estudo de Wang et al. (2006). Culbertson et al. (2015) relataram que a correlação foi maior que 0,90 a partir do período de 28 dias de avaliação.

O PC de animais avaliados apresentou altos coeficientes de correlação em todos os períodos estudados, indicando redução do teste para 35 dias para essa variável. Culbertson et al. (2015) não avaliaram a correlação para PC, porém avaliaram para PMET no qual encontraram valores de correlação acima de 0,90 a partir de 14 dias de teste.

Considerando as correlações para GMD, a duração do teste pode ser reduzido para 42 dias, quando as mesmas assumem valores superiores a 0,90. Culbertson et al. (2015) relataram que seriam necessários 56 dias de teste para avaliar o GMD, já Wang et al. (2006) concluíram que seriam necessários 70 dias.

As correlações entre as características de eficiência alimentar utilizadas nas diferentes durações de teste são apresentadas na Tabela 3. Para CA e EAB os coeficientes de correlações para os períodos de 35 e 42 dias de testes ficaram abaixo de 0,90, indicando dificuldade e falta de precisão em períodos de testes mais curtos, isso pode ser explicado pelo fato de ambas medidas utilizarem o GMD para serem calculadas, o GMD é um fator limitante para a redução do período de teste. Portanto, CA e EAB devem ser avaliadas durante 56 dias. Wang et al. (2006) sugeriram para CA uma redução para 42 dias, uma vez que a correlação atingiu 0,90 ($P < 0,01$) entre o teste 42 e 91 dias. Já Archer et al. (1997), em uma interpretação conservadora dos resultados, sugerem que um teste de 70 dias seria um período adequado para avaliar a CA.

Os coeficientes de correlação para CAR ficaram acima de 0,90 desde

o período de 35 dias, porém, aumentaram conforme o período de teste aumentou e se aproximou do teste de referência de 56 dias. Wang et al. (2006) obtiveram um valor de R^2 de 0,89 e uma correlação de 0,94 para o período de teste de 56 dias, resultados estes que sugerem que no dia 56 de um teste de desempenho, é possível, com precisão razoável, prever os valores CAR.

Experimento 2: Estimativa de medidas de eficiência alimentar a partir de GMD do período pré-teste

A Tabela 4 apresenta a estatística descritiva dos dados utilizados no experimento 2. Observou-se grande variação nos valores de pGMD, inclusive com dados negativos. Todos os pGMD foram menores que o GMD observado no teste em no mínimo 48%. Por sua vez, grande variação também foi encontrada para as medidas de eficiência alimentar derivadas dos pGMD, incluindo valores negativos e de magnitude elevado. Como o objetivo é avaliar a possibilidade de uso do pGMD em substituição do GMD do teste para avaliação de eficiência alimentar em bovinos, todos os dados não foram mantidos, assim possibilitando avaliar algumas fragilidades do método avaliado.

A média obtida para o PC foi de 550,6 kg com valores mínimos e máximos de 303,7 e 740,3 kg, respectivamente. O CMS médio foi de 13,34 kg/dia e valores mínimos e máximos de 8,73 e 19,63 kg/dia, respectivamente. O GMD médio observado foi de 1,64 kg/dia, já os GMD's médios observados antes do início dos testes foram de 0,744, 0,457, 0,661 e 0,839 kg/dia. Para as medidas de eficiência alimentar (CA, EAB e CAR) os valores ficaram discrepantes, o que pode ser explicado pelo fato de que ao calcular essas características foram utilizados os valores de CMS observados durante os testes, e não os valores do CMS pertencentes nas fases as quais os GMD's pré-testes foram calculados.

As correlações de Pearson entre o GMD observado e os GMD pré-teste calculados de quatro formas distintas são mostradas na Tabela 5. O GMD teve correlação negativa e fraca com todas as 4 formas de calcular o GMD pré-teste. Segundo Cardoso et al. (2004), o período pós-desmama se trata de uma fase próxima do produto final e tem melhor representatividade ambiental, não sendo influenciado diretamente por efeitos maternos, o que indica que o GMD pós-desmama tem forte interferência do regime alimentar. A grande variação na condição alimentar durante a recria tem grande influência na correlação nula entre o pGMD pós-desmama e o GMD

teste. Nos resultados obtidos no presente experimento, o GMD observado durante os testes não teve correlação com os GMD observados antes dos testes observados após a desmama (GMD-DS, GMD-DT e GMD-ST), o que pode estar relacionado ao regime alimentar e à fase de crescimento.

As características de crescimento desde o nascimento até o desmame são de grande importância econômica e são fáceis de medir para avaliar o potencial de crescimento genético do bezerro (PAZ et al., 1999). Geralmente a característica mais comumente calculada é o GMD pré-desmama, a qual é possível encontrar vários trabalhos que analisaram tal variável (PAZ et al., 1999, DAL-FARRA et al. 2002, FERNANDES et al. 2002, TEIXEIRA & ALBUQUERQUE, 2003, RESTLE et al. 2005). Já o GMD pós desmama é menos usual, porém o período pós-desmama é importante na avaliação genética de bovinos de corte (CARDOSO et al, 2004). O peso ao sobreano, entretanto, é afetado por componentes genéticos aditivos diretos e maternos (KOOTTS et al., 1994), pois é composto pelo peso à desmama mais o ganho de peso pós-desmama.

As correlações entre as medidas de eficiência alimentar observadas e medidas de eficiência alimentar calculadas utilizando as quatro formas distintas de calcular o GMD pré-teste são mostradas na Tabela 6. Para as variáveis CA e EA observadas e calculadas com os GMD pré-teste, os coeficientes de correlações foram todos negativos e fracos. Essas correlações com magnitudes pequenas e fracas, que indicam que uma variável não é dependente da outra, podem ser explicados pelo fato de que o GMD observado não teve correlação com os GMD pré-teste.

Nas Tabelas 7 e 8, são apresentadas as correlações dos GMD pré-teste com os GMD e as características de eficiência alimentar observados no teste. As correlações foram nulas ou mesmo fracas, mostrando pouca associação entre as variáveis. Uma das hipóteses do trabalho era que o desempenho pré-teste poderia influenciar o GMD no teste e mesmo as características de eficiência alimentar. A falta de associações é importante pelo fato de que testes de eficiência alimentar tem envolvido animais de diferentes origens, históricos alimentares e, possivelmente, desempenhos ponderais. Assim, os resultados demonstram pouca ou nenhuma influência da origem dos animais sobre as medidas realizadas no teste, o que contribui para melhor veracidade nas comparações entre indivíduos realizadas nestes testes.

Segundo Durunna et al. (2012), para classificar os animais quanto ao CAR, deve ser levado em consideração a idade em que são avaliados, podendo

apresentar variações ao longo do ciclo de vida. Porém, Herd et al. (2003), ao observarem novilhas selecionadas para baixo CAR na desmama, verificaram que esses animais também apresentaram baixo CAR quando adultos, o que condiz com os resultados obtidos. Desta forma, as avaliações de CAR realizadas no teste podem refletir a eficiência alimentar dos animais em fases anteriores de seu crescimento, independente do desempenho ponderal anterior.

Experimento 3: Correlação do CAR calculado dentro do grupo de teste ou da edição de teste

A estatística descritiva das variáveis avaliadas para o estudo sobre procedimento para cálculo do CAR é apresentada na Tabela 9. O CMS médio foi de 10,62 kg/dia e valores mínimos e máximos de 4,13 e 19,3 kg/dia, respectivamente. O GMD médio foi de 1,254 kg/dia, variando de 0,267 até 2,970 kg/dia. A média obtida para o PC foi de 484,7 kg com valores mínimos e máximos de 217,8 e 757,8 kg, respectivamente.

As correlações de Pearson e de Spearman entre medidas de CAR calculados dentro do grupo de teste (CARg) e dentro de cada edição de teste (CARE) em comparação com CA e EAB com 56 dias de teste são apresentadas na Tabela 10. Os coeficientes de correlação de Pearson e de Spearman entre CARg, CA e EAB e entre CARE, CA e EAB foram bastante semelhantes, porém ligeiramente maiores para CARE. Os valores das correlações entre CAR e CA encontradas no presente estudo, foram menores que os descritos por Arthur et al. (2001), Lancaster et al. (2009) e Kelly et al. (2010) para bovinos em crescimento de 0,53, 0,59 e 0,46, respectivamente.

O valor do coeficiente de correlação de Pearson entre o CARg e o CARE foi de $r = 0,88$ e de correlação de Spearman foi de $r = 0,86$. Apesar dessas correlações serem consideradas fortes, pode-se entender que o método empregado para cálculo do CAR pode alterar os valores de CAR e, inclusive, o ranqueamento de animais com base nesta característica. Como procedimento, muitos testes classificam os animais de acordo com seu desempenho, em elite, superiores, regulares e inferiores. Não é possível dizer se diferenças nos métodos podem levar a mudanças drásticas no ranqueamento, porém deve-se prever ao menos mudanças nas classes adjacentes.

Considerando que existe alguma variabilidade da infraestrutura de

avaliação de eficiência alimentar em diferentes edições de teste, contendo um ou vários grupos de teste, estes resultados mostram que é importante padronizar a forma de cálculo do CAR ou outras medidas de eficiência alimentar semelhantes, tais como ganho de peso residual (GPR) e consumo e ganho residuais (CGR). Uma das dificuldades de tais medidas é que elas são relativas à população na qual o indivíduo está inserido e, portanto, são susceptíveis a procedimentos que alteram a composição desta população. Por outro lado, as medidas de CA e EAB são individuais e independentes da população avaliada. Portanto, a padronização do procedimento de cálculo do CAR e seus similares deve ser considerada quando escolhidas em detrimento de CA e EAB. Não há trabalhos na literatura que relatam sobre essa abordagem para o cálculo do CAR, seja ele dentro ou fora do grupo de teste, mas sabe-se que no contexto do melhoramento genético os resultados apresentados podem ser úteis.

7.4 CONCLUSÃO

A redução do período de testes de eficiência alimentar em bovinos de corte pode diminuir a acurácia de medidas como eficiência alimentar bruta e conversão alimentar, principalmente devido à influência sobre a medida de ganho de peso diário. Entretanto, a medida de consumo alimentar residual pode ser menos afetada pela redução da duração do teste. No entanto, parece ser importante padronizar o método pelo qual o consumo alimentar residual é calculado quanto a considerar ou não o grupo de teste nas diferentes edições de teste. A alternativa de se utilizar o ganho médio diário medido em fases anteriores ao teste para cálculo de medidas de eficiência alimentar leva a perdas de acurácia nestas medidas e deve ser desencorajado.

REFERÊNCIAS

ARCHER, J. A., ARTHUR, P. F., HERD, R. M., PARNELL. Pitchford Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2024– 2032, 1997.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R. M., RICHARDSON, E. C., & PARNELL, P. F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805-2811, 2001.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.269-279, 2008.

BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; OKINE, E. K.; SNELLING, W. M.; LYLE, K. L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003.

CARDOSO, F. F., CARDELLINO, R. A., & CAMPOS, L. T. Componentes de (co) variância e parâmetros genéticos de caracteres pós-desmama em bovinos da raça Angus. *Revista Brasileira de Zootecnia*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 313-319, 2004.

CASSADY, C. J. T. L.; FELIX, J. E.; BEEVER, D. W. Efeitos do tempo e duração do período de teste e tipo de dieta no consumo e na eficiência alimentar de bovinos Charolês. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 11, pág. 4748-4758, 2016.

CULBERTSON, M. M.; SPEIDEL, S. E.; PEEL, R. K.; COCKRUM, R. R.; THOMAS, M. G.; ENNS, R. M. Optimum measurement period for evaluating feed intake traits in beef cattle. **Journal Animal Science**, 93:2482-2487, 2015.

DAL-FARRA, R. A.; ROSO, V. M.; SCHENKEL, F. S. Efeitos de ambiente e de heterose sobre o ganho de peso do nascimento ao desmame e sobre os escores visuais ao desmame de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1350-1361, 2002.

DANCEY, C.; REIDY, J. Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed. 2006.

DURUNNA, O.N.; COLAZO, M.G.; AMBROSE, D.J., MCCARTNEY, D.; BARON, V.S.; BASARAB, J.A. Evidence of residual feed intake reranking in crossbred replacement heifers. **Journal of Animal Science**, v.90, p.734-741, 2012.

FERNANDES, H. D.; FERREIRA, G. B. B.; RORATO, P. R. N. Tendências e parâmetros genéticos para características pré-desmama em bovinos da raça Charolês criados no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 321-330, 2002.

GOMES, R.C.; SAINZ, R.D., SILVA, S.L.; et al. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, v.150, p.265-273, 2012.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v.81, p.9-17, 2003.

JOSAHKIAN, L.A.; MACHADO, C.H.C.; KOURY FILHO, W. Programa de melhoramento genético das raças zebuínas – Manual de Operação. Uberaba, MG: ABCZ, 2003. 98 p.

KELLY, A. K., MCGEE, M., CREWS JR, D. H., FAHEY, A. G., WYLIE, A. R., & KENNY,

D. A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of animal science**, v. 88, n. 1, p. 109-123, 2010.

KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J.W. Analyses of published genetic parameters estimates for beef production traits. 1- Heritability. **Animal Breeding Abstracts**, v.62, n.5, p.309-338, 1994.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; CREWS JUNIOR, D.H.; WELSH JUNIOR, T. H.; FORBES, T. D. A.; FORREST, D. W.; TEDESCHI, L. O.; RANDEL, R. D.; ROUQUETTE, F. M. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, v.87, p.3887-3896, 2009.

LIU, M. F.; GOONEWARDENE, L.A.; BAILEY, D.R.C.; et al. A study in the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, v.80, p.435-441, 2000.

MARZOCCHI, M. Z., SAKAMOTO, L. S., CANESIN, R. C., CYRILLO, J. D. S. G.; MERCADANTE, M. E. Z. Evaluation of test duration for feed efficiency in growing beef cattle. **Tropical animal health and production**, p. 1-7, 2019.

MORAIS, L. C. O. **Consumo alimentar residual (CAR) e outras medidas de eficiência alimentar em bovinos de corte**. Seminário. (Seminário apresentado junto à Disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal) - Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p.1. 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: **National Academy Press**, 242p.,1996.

NKRUMAH, J. D.; CREWS JUNIOR, D. H.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; OKINE, E. K.; WANG, Z.; LI, C.; MOORE, S. S. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 10, p. 2382-2390, 2007.

PAZ, C. C. P. D., ALBUQUERQUE, L. G. D.; FRIES, L. A. Fatores de correção para ganho de peso médio diário no período do nascimento ao desmame em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 65-73, 1999.

RESTLE, J., PACHECO, P. S., PADUA, J. T., MOLETTA, J. L., ROCHA, M. G. D., SILVA, J. H. S. D.; FREITAS, A. K. D. Efeitos da taxa de ganho de peso pré-desmama de bezerras de corte e do nível nutricional pós-parto, quando vacas, sobre a produção e composição do leite e o desempenho de bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 197-208, 2005.

SANTANA, M. H. A.; GOMES, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; ROSSI JUNIOR, P. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. **Scientia Agraria Paranaensis** - SAP Mal. Cdo. Rondon, v.13, n.2, abr./jun., p.95-107, 2014.

TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Efeitos Ambientais que Afetam o Ganho de Peso Pré-Desmama em Animais Angus, Hereford, Nelore e Mestiços Angus-Nelore e

Hereford-Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 887-890, 2003.

WANG, Z.; NKRUMAH, J.D.; LI, C.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR, D.H.; MOORE, S.S. Test duration for growth, feed intake and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 9, pág. 2289-2298, 2006.

TABELAS DO CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados utilizados no experimento 1.

Variável	n	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
CMS, kg/dia					
35 dias	2727	11,74a	4,41	20,25	2,86
42 dias	2727	11,74a	4,36	20,10	2,87
56 dias	2727	11,72a	4,13	19,63	2,87
PC, kg					
35 dias	2727	502,2c	224,1	747,7	92,2
42 dias	2727	505,5b	221,6	748,8	93,2
56 dias	2727	512,4a	217,8	757,8	94,1
GMD, kg/dia					
35 dias	2727	1,574a	0,286	3,760	0,577
42 dias	2727	1,513b	0,298	3,209	0,542
56 dias	2727	1,446c	0,267	2,970	0,469
CA, kg MS/kg ganho					
35 dias	2727	8,11a	1,58	24,80	3,25
42 dias	2727	8,41b	1,87	24,20	3,10
56 dias	2727	8,67c	2,56	24,11	3,07
EAB, kg ganho/kg MS					
35 dias	2727	0,137a	0,040	0,634	0,048
42 dias	2727	0,130b	0,041	0,535	0,044
56 dias	2727	0,125c	0,041	0,389	0,039
CAR, kg MS/dia					
35 dias	2727	0,00a	-4,36	3,95	1,04
42 dias	2727	0,00a	-4,07	3,69	1,01
56 dias	2727	0,00a	-3,90	3,84	0,97

CMS= consumo de matéria seca; PC= peso corporal; GMD= ganho médio diário; CA= conversão alimentar; EAB= eficiência alimentar bruta; CAR= consumo alimentar residual. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo Teste de Tukey-Kramer HSD ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Correlações simples de Pearson de variáveis utilizadas nas estimativas de medidas de eficiência alimentar nos diferentes períodos de teste do experimento 1

Variável	Correlações da mesma característica nas diferentes durações de teste		
	35 dias	42 dias	56 dias
CMS,kg/dia			
35 dias	-	0,99***	0,99***
42 dias	0,99***	-	0,99***
56 dias	0,99***	0,99***	-
PC, kg			
35 dias	-	0,99***	0,99***
42 dias	0,99***	-	0,99***
56 dias	0,99***	0,99***	-
GMD, kg/dia			
35 dias	-	0,97***	0,87***
42 dias	0,97***	-	0,92***
56 dias	0,87***	0,92***	-

CMS= consumo de matéria seca; PC= peso corporal; GMD= ganho médio diário; ns = não significativo; * P<0,05; ** P<0,001; ***P<0,0001.

Tabela 3 - Correlações simples de Pearson entre conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA) e consumo alimentar residual (CAR) com diferentes durações de período teste (35,42 e 56 dias) do experimento 1.

Variável	CA, kg/kg			EA, kg/kg			CAR, kg/dia		
	35 dias	42 dias	56 dias	35 dias	42 dias	56 dias	35 dias	42 dias	56 dias
CA, kg/kg									
35 dias	-	0,93***	0,75***	-0,85***	-0,81***	-0,71***	0,23***	0,22***	0,18***
42 dias		-	0,86***	-0,83***	-0,88***	-0,79***	0,23***	0,25***	0,22***
56 dias			-	-0,71***	0,77***	0,89***	0,21***	0,23***	0,25***
EA, kg/kg									
35 dias				-	0,97***	0,84***	-0,25***	-0,24***	-0,19***
42 dias					-	0,89***	-0,24***	-0,26***	-0,21***
56 dias						-	-0,22***	-0,24***	-0,25***
CAR, kg/dia									
35 dias							-	0,98***	0,93***
42 dias								-	0,96***
56 dias									-

*P<0,05; ** P<0,001; ***P<0,0001

Tabela 4 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no experimento 2.

Característica	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
PC, kg	715	550,6	303,7	740,3	63,5
CMS, kg/dia	715	13,34	8,73	19,63	1,86
GMD, kg/dia	715	1,639	0,501	2,970	0,382
pGMD-NT, kg/dia	715	0,744	0,373	1,048	0,100
pGMD-DS, kg/dia	715	0,457	-0,369	0,976	0,169
pGMD-DT, kg/dia	715	0,661	0,139	1,065	0,153
pGMD-ST, kg/dia	715	0,839	-1,828	3,885	0,377
CA	715	8,56	4,56	21,37	2,28
CA-NT	715	18,19	10,58	40,59	3,28
CA-DS	715	33,56	-81,80	342,68	21,26
CA-DT	715	21,32	9,87	108,55	6,59
CA-ST	715	22,46	-61,57	1523,92	71,69
EAB	715	0,124	0,0467	0,219	0,028
EAB-NT	715	0,057	0,024	0,094	0,009
EAB-DS	715	0,035	-0,0224	0,084	0,013
EAB-DT	715	0,050	0,009	0,101	0,013
EAB-ST	715	0,064	-0,129	0,285	0,031
CAR	715	0,362	-3,63	5,71	1,46
CAR-NT	715	0,00	-3,80	3,71	1,10
CAR-DS	715	0,00	-3,33	3,26	1,09
CAR-DT	715	0,00	-3,82	3,49	1,11
CAR-ST	715	0,00	-3,48	3,23	1,10

PC= peso corporal; CMS= consumo de matéria seca; GMD= ganho médio diário; pGMD-NT= ganho médio diário do nascimento ao início do teste; pGMD-DS= ganho médio diário da desmama à avaliação ao sobreano; pGMD-DT= ganho médio diário da desmama ao início do teste; pGMD-ST= ganho médio diário da avaliação ao sobreano ao início do teste; CA= conversão alimentar; CA-NT= conversão alimentar calculada a partir do pGMD-NT; CA-DS= conversão alimentar calculada a partir do GMD-DS; CA-DT= conversão alimentar calculada a partir do pGMD-DT; CA-ST= conversão alimentar calculada a partir do pGMD-ST; EA= eficiência alimentar bruta; EAB-NT= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-NT; EAB-DS= eficiência alimentar bruta calculada a partir do GMD-DS; EAB-DT= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-DT; EAB-ST= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-ST; CAR= consumo alimentar residual; CAR-NT= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-NT; CAR-DS= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-DS; CAR-DT= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-DT; CAR-ST= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-ST.

Tabela 5 - Correlação simples de Pearson entre o ganho médio diário observado no teste (GMD) e os GMD's pré-teste calculados de quatro formas distintas no experimento 2.

Característica	pGMD-NT, kg/dia	pGMD-DS, kg/dia	pGMD-DT, kg/dia	pGMD-ST, kg/dia
GMD, kg/dia	-0,14***	-0,09**	-0,15***	-0,13***
pGMD-NT, kg/dia	-	0,67***	0,86***	0,38***
pGMD-DS, kg/dia			0,77***	-0,13***
pGMD-DT, kg/dia			-	0,37***

pGMD-NT= ganho médio diário do nascimento ao início do teste; pGMD-DS= ganho médio diário da desmama à avaliação ao sobreano; pGMD-DT= ganho médio diário da desmama ao início do teste; pGMD-ST= ganho médio diário da avaliação ao sobreano ao início do teste. ***P<0,0001.

Tabela 6 - Correlação simples de Pearson entre as medidas de eficiência alimentar observadas e medidas de eficiência alimentar calculadas utilizando quatro formas distintas de calcular o ganho médio diário pré-teste no experimento 2.

Característica	CA			
	CA _{NT}	CA _{DS}	CA _{DT}	CA _{ST}
CA	-0,03 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
CA-NT	-	0,35***	0,81***	0,02 ^{ns}
CA-DS		-	0,49***	-0,03 ^{ns}
CA-DT			-	0,03 ^{ns}
Característica	EAB			
	EAB-NT	EAB-DS	EAB-DT	EAB-ST
EAB	-0,01 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,09*	-0,08*
EAB-NT	-	0,67***	0,86***	0,48***
EAB-DS		-	0,80***	-0,03 ^{ns}
EAB-DT			-	0,44***
Característica	CAR			
	CAR-NT	CAR-DS	CAR-DT	CAR-ST
CAR	0,70***	0,68***	0,70***	0,68***
CAR-NT	-	0,94***	0,97***	0,92***
CAR-DS		-	0,96***	0,94***
CAR-DT			-	0,93***

CA= conversão alimentar; CA-NT= conversão alimentar calculada a partir do pGMD-NT; CA-DS= conversão alimentar calculada a partir do pGMD-DS; CA-DT= conversão alimentar calculada a partir do pGMD-DT; CA-ST= conversão alimentar calculada a partir do GMD-ST; EAB= eficiência alimentar bruta; EAB-NT= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-NT; EAB-DS= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-DS; EAB-DT= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-DT; EAB-ST= eficiência alimentar bruta calculada a partir do pGMD-ST; CAR= consumo alimentar residual; CAR-NT= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-NT; CAR-DS= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-DS; CAR-DT= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-DT; CAR-ST= consumo alimentar residual calculado a partir do pGMD-ST.; ns = não significativo; * P<0,05; ** P<0,001; ***P<0,0001

Tabela 7 - Correlação simples de Pearson entre os ganhos médios diários observados em diferentes períodos de teste e os ganhos médios diários pré-teste calculados de quatro formas distintas no experimento 2.

Característica	pGMD-NT, kg/dia	pGMD-DS, kg/dia	pGMD-DT, kg/dia	pGMD-ST, kg/dia
GMD35, kg/dia	-0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,22 ^{***}
GMD42, kg/dia	-0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,20 ^{***}
GMD56, kg/dia	-0,14 ^{***}	-0,09 ^{**}	-0,15 ^{**}	-0,13 ^{***}

pGMD-NT= ganho médio diário do nascimento ao início do teste; pGMD-DS= ganho médio diário da desmama à avaliação ao sobreano; pGMD-DT= ganho médio diário da desmama ao início do teste; pGMD-ST= ganho médio diário da avaliação ao sobreano ao início do teste; GMD35= ganho médio diário do teste de 35 dias; GMD42= ganho médio diário do teste de 42 dias; GMD56= ganho médio diário do teste de 56 dias; ns = não significativo; * P<0,05; ** P<0,001; ***P<0,0001.

Tabela 8 - Correlação simples de Pearson entre as medidas de eficiência alimentar observadas e os ganhos médios diários calculados utilizando quatro formas distintas de calcular o GMD pré-teste no experimento 2.

Característica	GMD-NT	GMD-DS	GMD-DT	GMD-ST
CA35	0,12 ^{**}	0,07 [*]	0,09 [*]	0,05 ^{ns}
CA42	0,16 ^{***}	0,07 ^{ns}	0,13 [*]	0,16 ^{***}
CA56	0,23 ^{***}	0,16 ^{***}	0,21 ^{***}	0,08 [*]
EAB35	-0,14 ^{***}	-0,01 ^{ns}	-0,12 ^{**}	-0,24 ^{***}
EAB42	-0,17 ^{***}	-0,05 ^{ns}	-0,15 ^{***}	-0,23 ^{***}
EAB56	-0,27 ^{***}	-0,15 ^{***}	-0,25 ^{***}	-0,14 ^{***}
CAR35	-0,05 ^{ns}	-0,11 ^{**}	-0,08 [*]	0,08 [*]
CAR42	-0,05 ^{ns}	-0,09 ^{**}	-0,08 [*]	0,06 ^{ns}
CAR56	-0,05 ^{ns}	-0,08 [*]	-0,08 [*]	0,04 ^{ns}

CA35= conversão alimentar do teste de 35 dias; CA42= conversão alimentar do teste de 42 dias; CA56= conversão alimentar do teste de 56 dias; EAB35= eficiência alimentar bruta do teste de 35 dias; EAB42= eficiência alimentar bruta do teste de 42 dias; EAB56= eficiência alimentar bruta do teste de 56 dias; CAR35= consumo alimentar residual do teste de 35 dias; CAR42= consumo alimentar residual do teste de 42 dias; CAR56= consumo alimentar residual do teste de 56 dias; ns = não significativo; *P<0,05; ** P<0,001; ***P<0,0001.

Tabela 9 - Estatística descritiva das variáveis tomadas com aos 56 dias teste no experimento 3.

Característica	N	Média	Mínimo	Máximo	DP
CMS, kg/dia	2369	10,62	4,127	19,63	2,78
GMD, kg/dia	2369	1,254	0,267	2,970	0,475
PC, kg	2369	484,7	217,8	757,8	91,2
CA	2369	9,36	2,56	25,67	3,40
EAB	2369	0,119	0,039	0,389	0,039
CARg	2369	0,00	-4,00	5,07	0,89
CARe	2369	0,00	-3,91	5,38	1,02

CMS= consumo de matéria seca.; GMD= ganho médio diário; PC= peso corporal; CA= conversão alimentar; EAB= eficiência alimentar bruta; CARg= consumo alimentar residual calculado dentro do grupo de teste; CAR-TE= consumo alimentar residual calculado dentro de cada edição de teste.

Tabela 10 - Correlação simples de Pearson e Spearman entre medidas de consumo alimentar residual calculadas dentro do grupo de teste (CARg) e dentro de cada edição de teste (CARe) em comparação com conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar bruta (EAB) com 56 dias

Característica	Análise	CA	EAB	CARg
CARg	Pearson	0,23***	-0,24***	-
	Spearman	0,26***	-0,26***	-
CARe	Pearson	0,28***	-0,27***	0,88***
	Spearman	-0,27***	-0,27***	0,86***

***P<0,0001.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação das abordagens metodológicas para estimar características de eficiência alimentar em bovinos de corte confinados se mostraram eficientes e necessárias para dar continuidade aos estudos de eficiência alimentar.

Os resultados obtidos demonstram potencialidade para sua validação. Para isso, estudos relacionados a medidas de eficiência alimentar com o objetivo de avaliar as novas abordagens metodológicas tornam-se necessários, principalmente a fim de padronizar os métodos de estimar as características de eficiência alimentar em bovinos.