

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

ALINE MARIA SOARES FERREIRA

CONSUMO OBSERVADO E PREDITO PELOS SISTEMAS NUTRICIONAIS EM
BOVINOS DE CORTE CONFINADOS

UBERLÂNDIA – MG

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

ALINE MARIA SOARES FERREIRA

Dissertação apresentada à coordenação do curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre.

Carina Ubirajara de Faria

Orientadora

Universidade Federal de Uberlândia

Simone Pedro da Silva

Coorientadora

Universidade Federal de Uberlândia

UBERLÂNDIA – MG

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

F383c Ferreira, Aline Maria Soares, 1991
2019 Consumo observado e predito pelos sistemas nutricionais em
 bovinos de corte confinados [recurso eletrônico] / Aline Maria Soares
 Ferreira. - 2019.

Orientadora: Carina Ubirajara de Faria.

Coorientadora: Simone Pedro da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1217>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Veterinária. 2. Bovino de corte - Confinamento. 3. Nutrição animal. 4. Bovino de corte - Alimentação e rações. I. Faria, Carina Ubirajara de, 1988, (Orient.). II. Silva, Simone Pedro da, 1983, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.

CDU: 619

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias

BR 050, Km 78, Campus Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.famev.ufu.br - mesvet@ufu.br



Ata

Ata da defesa de Dissertação de **MESTRADO ACADÊMICO** junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: Dissertação de mestrado acadêmico nº **PPGCV/ 002/2019**

Data: 16/01/2019

Hora início: 14h00

Discente: **ALINE MARIA SOARES FERREIRA** - Matrícula – 11712MEV002

Título da Dissertação: **COMPARAÇÕES ENTRE O CONSUMO OBSERVADO E PREDITO PELOS SISTEMAS NUTRICIONAIS EM BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Área de concentração: **PRODUÇÃO ANIMAL**

Linha de pesquisa: **MANEJO E EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DOS ANIMAIS, SEUS DERIVADOS E SUBPRODUTOS**

Projeto de Pesquisa de vinculação: **PROGRAMA PECUÁRIA SUSTENTÁVEL: O NELORE NO PORTAL DO CERRADO**

Reuni-se na sala 216 - Bloco 1C - Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores(as) Doutores(as): **Janine França** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA; **Cristiane Amorim Fonseca Alvarenga** – INSTITUTO FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO e **Carina Ubirajara de Faria** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da comissão Dr./Dra. Carina Ubirajara de Faria concedeu a palavra ao(a) candidato(a) para uma exposição do seu trabalho, contando com o tempo máximo de 50 minutos. A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a argüir o(a) candidato(a), durante o prazo máximo de (30) minutos, assegurando-se ao mesmo igual prazo para resposta. Ultimada a argüição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Comissão Julgadora, em sessão secreta, considerou o(a) candidato(a):

(☒) APROVADO

(☐) REPROVADO

Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o (a) candidato (a) aprovado (a) sugerindo um novo título para o trabalho: **CONSUMO OBSERVADO E PREDITO PELOS SISTEMAS NUTRICIONAIS EM BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Esta defesa de Dissertação de Mestrado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme Regulamento do Programa, Legislação e a Regulamentação Interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar o(a) Presidente encerrou os trabalhos às 17 horas e 30 minutos, lavrou esta ata que será assinada por todos os membros da Comissão Examinadora.
Uberlândia, 16 de Janeiro de 2019.

Profa. Dra. Janine França

Profa. Dra. Cristiane Amorim Fonseca Alvarenga

Profa. Dra. Carina Ubirajara de Faria



Documento assinado eletronicamente por **Carina Ubirajara de Faria Bernardes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 16/01/2019, às 17:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Janine França, Membro de Comissão**, em 16/01/2019, às 17:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CRISTIANE AMORIM FONSECA ALVARENGA, Usuário Externo**, em 16/01/2019, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_org=0&acesso_externo=0, informando o código verificador **0935132** e o código CRC **03BAD1D4**.

“Aos meus pais Vigilato e Cleusa, aos meus irmãos Mercilene e Everson, a minha cunhada Laís e a todos os amigos.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida;

Aos meus pais, Vigilato e Cleusa, pela confiança e pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos Mercilene e Everson e a minha cunhada Laís pela compreensão e carinho.

A minha orientadora Dr. Carina Ubirajara de Faria e coorientadora Dr. Simone Pedro da Silva pela dedicação despendida ao meu aprendizado, pela confiança em mim depositada e pela amizade.

A Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Medicina Veterinária, pela oportunidade e estrutura cedida para a condução desse estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e incentivo a pesquisa.

Ao Grupo de Estudo em Melhoramento Animal - GEMEGA e a todos os graduandos, mestrandos e funcionários que passaram pelo Setor de Bovino de corte, pelo apoio, amizade e união na superação dos desafios na condução do experimento.

Enfim, a todos que participaram direta ou indiretamente de minha vida e que contribuíram de algum modo para meu crescimento.

Muito obrigado!

RESUMO

Objetivou-se comparar o consumo de matéria seca observado em novilhas da raça Nelore, touros Nelore e touros da raça Senepol em confinamento, com o predito pelos sistemas nutricionais BR-Corte (2010 e 2016) e NRC (2000 e 2016) e encontrar qual modelo faz melhores previsões para essas raças e categorias de bovinos de corte em confinamento. Para isso foram conduzidos três experimentos em delineamento inteiramente casualizado de fevereiro a dezembro de 2017, na Fazenda Experimental Capim-branco da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). No primeiro, foram utilizados 24 touros da raça Senepol, não castrados com peso inicial médio 368 kg e 16 meses de idade. No segundo ensaio, foram usados 47 Touros da raça Nelore, não castrados com peso inicial médio 413 kg e 19 meses de idade. E no terceiro estudo foram utilizados 24 novilhas da raça Nelore com peso inicial médio de 300 kg e 23 meses de idade. As dietas utilizadas continham como volumoso, silagem de milho, e concentrado, a base de farelo de soja, milho moído, ureia e núcleo mineral, na proporção volumoso:concentrado 60:40 para os touros, (primeiro e segundo estudo), e 80:20 para as novilhas (terceiro estudo). Os tratamentos foram as equações de predição do consumo de matéria seca segundo NRC (2000), NRC (2016), BR-Corte (2010) e BR-Corte (2016) e as variáveis mensuradas foram consumo alimentar individual de matéria seca, por meio do uso do sistema eletrônico GrowSafe® e ganho médio diário. A avaliação da exatidão e aproximação das estimativas do consumo de matéria seca pelos sistemas nutricionais foi ajustada pelo modelo de regressão linear simples e decomposição do quadrado médio dos erros de predição (QMEP). Observou-se que para ambas os grupos não houve rejeição da hipótese de nulidade ($a=0$ e $b=1$ $P>0,01$), afirmando que os modelos do NRC e BR-Corte foram adequados para estimar o consumo de matéria seca das diferentes categorias e raças de bovinos em confinamento. Através do QMEP e sua decomposição, os modelos que fizeram melhores previsões do consumo para novilhas Nelore foram o BR-Corte 2010 e BR-Corte 2016 e para os touros Nelore e Senepol foi o BR-Corte 2016. Conclui-se que o BR-Corte 2016 foi o modelo mais adequado para estimar o consumo de matéria seca, destas diferentes categorias e raças bovinas, pela maior precisão e acurácia.

Palavras-Chave: equações, mensuração, nutrição, sistemas eletrônicos de alimentação, Nelore, Senepol.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the dry matter intake observed in Nelore heifers, Nelore bulls and Senepol bulls in feedlot, predicted by the nutritional systems BR-Corte (2010 and 2016) and NRC (2000 and 2016) and what model makes better predictions for these breeds and categories of beef cattle in feedlot. For this, three experiments were conducted from February to December 2017 at the Experimental Capim Branco Farm of the Universidade Federal de Uberlândia (UFU). In the first one, 24 Senepol bulls, not castrated with a mean initial weight of 368 kg and 16 months of age, were used. In the second trial, 47 Nelore bulls were used, not castrated with a mean initial weight of 413 kg and 19 months of age. In the third study, 24 Nelore heifers with mean initial weight of 300 kg and 23 months of age were used. The diets used were: roughage, corn silage, and concentrate, based on soybean meal, milled corn, urea and mineral nucleus, in the ratio of 60:40 for bulls (first and second study) and 80: 20 for heifers (third study). The treatments were the dry matter intake prediction equations according to NRC (2000), NRC (2016), BR-Corte (2010) and BR-Corte (2016) and the variables measured were individual dry matter use of the GrowSafe® electronic system and average daily gain. The accuracy and approximation of the estimates of dry matter intake by nutritional systems was adjusted by the simple linear regression model and the mean square error of prediction errors (QMEP). It was observed that for both groups there was no rejection of the null hypothesis ($a = 0$ and $b = 1$ $P > 0.01$), affirming that the NRC and BR-Corte models were adequate to estimate the dry matter consumption of the different categories and breeds of cattle in confinement. Through the QMEP and its decomposition, the models that made better predictions of consumption for Nelore heifers were BR-Corte 2010 and BR-Corte 2016 and for the Nelore and Senepol bulls it was the BR-Corte 2016. It was concluded that the BR- Cut 2016 was the most suitable model to estimate the dry matter intake, of these different categories and breeds, for accuracy and accuracy.

Key words: equations, measurement, nutrition, electronic feed systems, Nelore, Senepol.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Controle do consumo de alimentos e fatores que o afetam.....	16
FIGURA 2. Regulação física do consumo em ruminantes.....	18
FIGURA 3. Consumo de matéria seca de bovinos em porcentagem do peso corporal, em função do peso corporal, para diferentes ganhos médios diários.....	20
FIGURA 4. Consumo de matéria seca em função do peso corporal e ganho médio diário de bovinos Nelore.....	21
FIGURA 5. Termorregulação: representação esquemática da temperatura crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS) e zona de conforto térmico.....	23
FIGURA 6 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo NRC (2000) para Novilhas da raça Nelore.....	54
FIGURA 7 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2010) para Novilhas da raça Nelore.....	54
FIGURA 8 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2016) para Novilhas da raça Nelore.....	55
FIGURA 9 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo NRC (2000) para Touros da raça Nelore.....	55
FIGURA 10 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2010) para Touros da raça Nelore.....	55
FIGURA 11 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2016) para Touros da raça Nelore.....	56
FIGURA 12 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo NRC (2000) para Touros da raça Senepol.....	56
FIGURA 13 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2010) para Touros da raça Senepol.....	56
FIGURA 14 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2016) para Touros da raça Senepol.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Fatores de Ajuste para Ingestão de Matéria Seca.....	30
TABELA 2. Composição química percentual das dietas.....	44
TABELA 3. Monitoramento da temperatura ambiente e umidade relativa do ar durante os períodos de teste.....	46
TABELA 4. Consumo de matéria seca mínimo, médio e máximo, observado e preditos (kg.dia ⁻¹) pelos sistemas nutricionais NRC (2000) e BR-Corte (2010 e 2016) em cada categoria animal.....	49
TABELA 5. Dias de mensuração do consumo, peso corporal mensurados no início e no final em jejum de 16 horas e ganho médio diário dos bovinos confinados.....	51
TABELA 6. Análise de regressão dos valores de consumo de matéria seca observados e preditos pelos sistemas NRC (2000) e BR-Corte (2010 e 2016) para Novilhas Nelore, Touros Nelore e Touros Senepol.....	53
TABELA 7. Análise do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição para Novilhas Nelore.....	57
TABELA 8. Análise do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição para Touros Nelore.....	59
TABELA 9. Análise do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição para Touros Senepol.....	60
TABELA 10. Composição de NDT dos alimentos e da dieta estimados pelas equações sugeridas NRC (2000), BR-Corte (2010) e BR-Corte (2016)	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% PC – porcentagem de peso corporal

a - Intercepto

ADTV - Implante Anabólico

AFRC - Agricultural and Food Research Council

B – Inclinação

Cb - Fator de correção do viés

CCC – Coeficiente de correlação e concordância

CD - Coeficiente de determinação do modelo

CMS – Consumo de Matéria Seca

CMSR – Consumo de Matéria Seca requerido

CNCPS - Cornell Net Carbohydrate and Protein System

CNF - Teor de Carboidratos Não Fibrosos

CNFd - Teor de Carboidratos Não Fibrosos digestível

CNFvd - Fração verdadeiramente digestível da Carboidratos não fibrosos

Cr₂O₃ - Óxido crômico

CZ – Cinzas

Dv – Fator de ajuste

EE - Extrato Etéreo

EEd – Extrato Etéreo digestível

EEvd - Fração verdadeiramente digestível do extrato etéreo

Elg - Energia Líquida do Ganho requerido

ELm - Concentração de Energia Líquida de Manutenção da dieta

Emet - Energia Metabolizável

EPM - Erro padrão da média

FAP – Fator de ajuste para processamento físico

FDA - Fibra em Detergente Ácido

FDAi - Fibra em Detergente Ácido indigestível

FDN – Fibra em Detergente Neutro

FDNcp – Fibra em Detergente Neutro ausente de cinzas e proteína

FDNcpD – Fibra em Detergente Neutro ausente de cinzas e proteína digestível

FDNd - Fração digestível da fibra em detergente neutro

FDNi - Fibra em Detergente Neutro indigestível

FDNpd(C) – Fibra em detergente neutro potencialmente digestível de alimentos Concentrados

FDNpd (F) – Fibra em detergente neutro potencialmente digestível de Forrageiras

FDNpd (dieta) – Fibra em detergente neutro potencialmente digestível da Dieta

FMndt – Fração fecal para computo da NDT

g – gramas

g/dia – gramas por dia

GMD - Ganho Médio Diário,

IPCj - Peso Médio em Jejum Inicial.

Kg – kilogramas

Kg/dia – kilograma por dia

L - Lignina

LIPE® - Lignina de madeira moída extraída de *Eucalyptus grandis*

Mcal – Megacalorias

MM – Matéria Mineral

MO - Matéria Orgânica

MS – Matéria seca

N – número

NC – Teor de concentrado na dieta

NDT – Teor de Nutrientes Digestíveis Totais

NRC - National Research Council

PB - Proteína Bruta

PBd - Proteína bruta digestível

PBvd – Fração verdadeiramente digestível da proteína bruta

PC – Peso Corporal

PCF – Peso corporal final

PCI – Peso corporal inicial

PCj^{0,75} - Peso Corporal Metabólico médio em jejum

PIDA - Proteína insolúvel em detergente ácido

PIDN - Proteína insolúvel em detergente neutro

PV – Peso vivo

QMEP – Quadrado médio do erro de predição

R²a - coeficiente de correlação ajustado

SIRF – Sistema de identificação por rádio frequência

TiO₂ - Dióxido de titânio

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – Revisão de literatura.....	13
1.0. Introdução.....	14
2.0. Referencial Teórico.....	15
2.1. Importância de conhecer o consumo de alimentos.....	15
2.2. Principais fatores que afetam o consumo de alimentos em ruminantes.....	16
2.2.1. Fatores que afetam o consumo de alimentos relacionados à dieta.....	17
2.2.2. Fatores que afetam o consumo de alimentos relacionados ao animal.....	19
2.2.3. Fatores relacionados ao ambiente e manejo.....	23
2.3. Mensuração do consumo por bovinos em confinamento.....	25
2.3.1. Baias individuais.....	25
2.3.2. Baias coletivas com uso de indicadores.....	26
2.3.3 Baias coletivas com sistemas de alimentação eletrônicos.....	27
2.4. Sistemas nutricionais e os modelos de predição do consumo de matéria seca por bovinos de corte.....	29
2.4.1. Sistema NRC 2000 e NRC 2016.....	29
2.4.2. Sistema BR-Corte 2010 e BR-Corte 2016.....	32
3.0. Referências Bibliográficas.....	35
CAPÍTULO II – Consumo observado e predito pelo NRC e BR-Corte para bovinos em confinamento.....	41
1.0. Introdução	42
2.0. Matérias e Métodos.....	43
3.0. Resultados e Discussões.....	49
4.0. Conclusão.....	63
5.0. Referências Bibliográficas.....	64

CAPÍTULO I
REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

O consumo de matéria seca (CMS) é a variável mais importante que afeta o desempenho animal. Segundo Mertens (1994), 60 a 90% das variações no desempenho animal são explicadas pelo consumo e somente 10 a 40% por efeitos atribuídos às características de valor nutritivo do alimento, como a digestibilidade. Ou seja, para buscar maximizar o desempenho animal é necessário conhecer o consumo de alimentos pelos animais, uma variável extremamente difícil de estimar através de modelos matemáticos, pois são inúmeros os fatores que a afetam.

Apesar da complexidade de gerar equações empíricas para estimar o consumo, os sistemas nutricionais como National Research Council (NRC), Agricultural and Food Research Council (AFRC), Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) e BR-Corte tem trabalhado no sentido de aprimorar suas equações. Nesse sentido, é importante ressaltar que os sistemas americanos e britânicos desenvolveram equações para prever o consumo utilizando como banco de dados animais predominantemente *Bos taurus*. No Brasil, o grupo genético predominante é de zebuínos, com grande número de animais da raça Nelore, no qual o sistema BR-Corte, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa (UFV), desenvolveu modelos para estimar consumo em animais zebuínos e mestiços.

Algumas pesquisas foram realizadas no Brasil, no sentido de quantificar o consumo de alimentos em animais *Bos taurus*, *Bos indicus* e seus mestiços (MARCONDES et al., 2011; MACHADO NETO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012). Consumo alimentar distinto entre animais taurinos e zebuínos mantidos em confinamento foi evidenciado por Almeida et al. (2003) e Machado Neto et al. (2011), que verificaram consumo de matéria seca inferior em animais zebuínos quando comparados aos taurinos.

Além disso, é importante levar em consideração que muitos modelos de predição de consumo foram desenvolvidos com banco de dados de animais confinados individualmente e é possível que o manejo alimentar em baias individuais possa afetar o consumo do animal, em função do estresse causado pelo manejo de contenção, além do comprometimento do padrão natural de consumo em grupo, uma vez que, os bovinos são influenciados por padrões sociais de comportamento (VALADARES FILHO et al., 2006).

Neste sentido, objetivou-se com esta revisão descrever os principais fatores que afetam o consumo, as diferentes formas de mensuração dessa variável em confinamento e os principais modelos de predição de consumo de matéria seca (CMS) desenvolvidos pelos sistemas nutricionais BR-Corte e NRC.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. IMPORTÂNCIA DE CONHECER O CONSUMO DE ALIMENTOS

A nutrição animal se inicia com a ingestão do alimento, compreender esse consumo é de fundamental importância, pois essa variável afeta diretamente o custo de produção. A quantidade total de nutrientes que o animal recebe para crescimento, saúde e produção são dependentes da relação entre o balanceamento de dietas, manejo nutricional e o consumo voluntário dos alimentos pelos animais (BERCHIELLI et al., 2011).

O conhecimento da ingestão diária de alimentos pelos animais é o primeiro passo na formulação de dietas, pois o consumo de matéria seca constitui o ponto determinante do ingresso de nutrientes, principalmente de energia e proteína, necessários para o atendimento das exigências de manutenção e produção animal (RIBEIRO et al., 2012). Além de que, a quantidade total de nutrientes absorvidos vai depender da sua digestibilidade, que está relacionada com a taxa de digestão e taxa de passagem. Estudo realizado por Dias et al. (2011) mostrou que a digestibilidade diminuiu com o aumento no consumo devido principalmente a maior taxa de passagem da digesta no trato gastrointestinal. Modelos desenvolvidos para estimar taxa de passagem de sólido e líquidos em ruminantes utilizam como principal parâmetro, o consumo de matéria seca (CMS) de forragem e concentrado (SEO et al., 2006; SEO et al., 2007).

Podemos observar também, o uso da mensuração do consumo como ferramenta para seleção de animais de melhor eficiência alimentar, por meio da estimação do consumo alimentar residual (CAR; do inglês RFI, *Residual Feed Intake*), que permite a identificação de animais mais eficientes, que porventura apresentam um menor consumo alimentar a um estimado ganho de peso, melhorando a produtividade e reduzindo os custos de produção sem afetar os índices zootécnicos (MERCADANTE e GRION, 2013). Logo, podemos definir que o animal mais eficiente é aquele que, comparado a outro, apresenta a maior produção ingerindo a mesma quantidade de alimento, ou então, para atingir a mesma produção, necessita de menor quantidade de alimento. Sainz e Paulino (2004) verificaram que bovinos com ganho médio diário semelhante de 1,5 kg, apresentaram variações no consumo de matéria seca de 7,43 e 9,22 kg/dia.

Além da importância de se conhecer o consumo de alimentos para formulação de rações, estimar valores de taxa de passagem em ruminantes e para seleção de animais eficientes, também é relevante a obtenção dessa variável para o planejamento zootécnico do sistema de produção, no qual é possível determinar o tamanho da área de pastagens em

sistemas extensivos e semi-intensivos de criação e para o estabelecimento de culturas tais como, de milho e sorgo para a ensilagem, bem como no controle de estoques de alimentos.

2.2. PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM O CONSUMO DE ALIMENTOS EM RUMINANTES.

Os fatores que interferem no consumo e no desempenho animal são inúmeros e complexos e ainda não estão totalmente compreendidos (SUAREZ, 2014). No entanto, é possível separar os principais elementos que influenciam o consumo em relação aos aspectos relacionados ao alimento, animal, ambiente e/ou manejo, ou seja, as condições de alimentação (Figura 1).

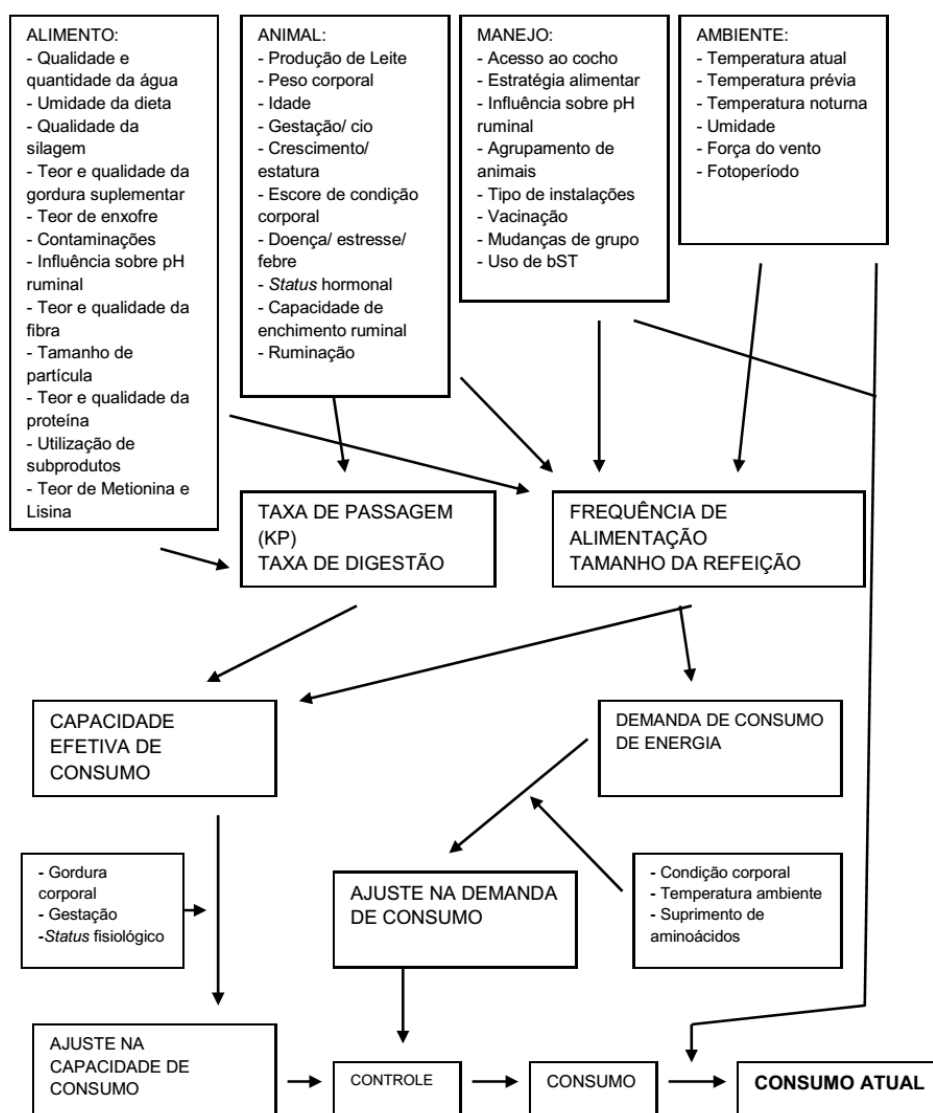


Figura 1. Controle do consumo de alimentos e fatores que o afetam.

Fonte: ROSELER (1998).

Os multifatores que afetam o consumo, de maneira geral, são citados pelas suas interações entre a dieta, o animal, o ambiente e manejo, podendo também ser separados em fatores neuro-hormonais, psicogênicos, ambientais, dietéticos e de manejo (BERCHIELLI et al., 2011). Todos esses fatores em conjunto irão determinar o perfil ingestivo do animal em uma dada situação, o que torna a variável consumo extremamente complexa, e, portanto, muito difícil de ser estimada utilizando modelos empíricos.

2.2.1. FATORES QUE AFETAM O CONSUMO DE ALIMENTOS RELACIONADOS À DIETA

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta é um dos principais determinantes da regulação física do consumo, tornando-se possivelmente o fator que mais afeta o consumo de matéria seca à medida que o requerimento energético do animal e/ou o efeito de enchimento pela dieta são estabelecidos (ALLEN, 2000). Para animais que têm altas exigências energéticas e alimentados com dietas ricas em fibra, a distensão ruminal tem grande efeito sobre o consumo de alimentos, pois o animal precisa ingerir grande quantidade de nutrientes para atender às suas necessidades, não podendo assim, atingir o nível de consumo necessário em função da limitação na capacidade volumétrica do rúmen. A ingestão de alimento de baixa digestibilidade afeta negativamente o consumo em razão da menor taxa de passagem pelo trato digestivo (BERCHIELLI et al., 2011). O rúmen-retículo e o abomaso possuem receptores que regulam o consumo de matéria seca em relação ao volume e peso do alimento neles retido. Assim a baixa taxa de digestão da fração FDN, é o principal fator associado ao efeito de enchimento (saciedade) ou regulação física do consumo e é influenciada pelo avanço do desenvolvimento das plantas (Figura 2).

Por outro lado, o uso de dietas que possuem alta digestibilidade, como os concentrados, a regulação do consumo de matéria seca é em função dos requerimentos de energia do animal, regulado por mecanismos fisiológico, até o ponto que o consumo de energia se fará constante e o consumo de matéria seca começar a decrescer (BERCHIELLI et al., 2011; NRC, 2000). Segundo Mertens (1992), em ruminantes o limite mais baixo de consumo é definido pela ração de densidade energética mais alta, desde que não prejudique a fermentação ruminal, não cause acidose ou anorexia, nem ocorra uma queda significativa na gordura do leite.

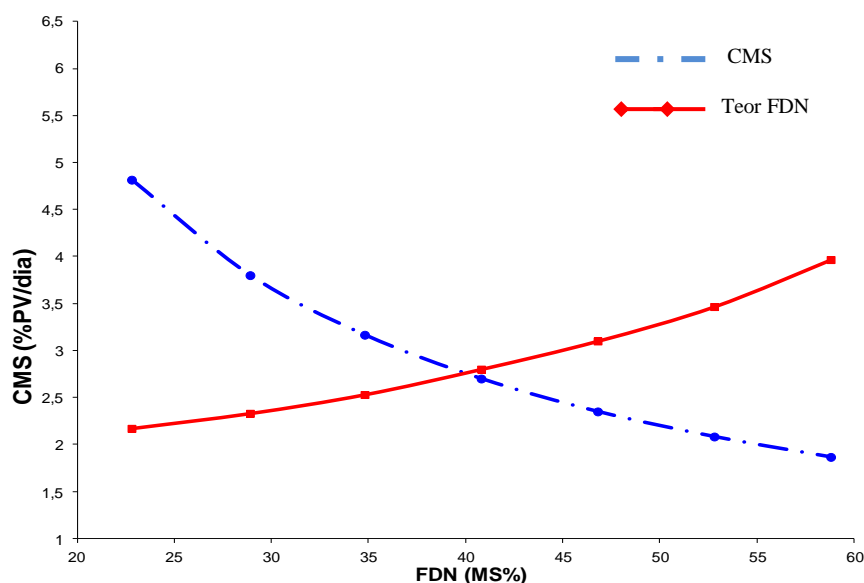


Figura 2. Regulação física do consumo em ruminantes.

Fonte: Adaptado de MERTENS (1992).

A aplicação prática desse conceito de regulação de consumo proposto por Mertens (1992), consiste em oferecer dietas ao ruminante em que se possa introduzir o máximo de fibra sem causar repleção, mas que seja suficiente para atender a demanda energética do animal. Sendo que, em sistemas de produção de bovinos de corte em confinamento o desafio é manter alto o consumo de energia, sem causar distúrbios digestivos, principalmente acidose ruminal, pela falta de fibra no rúmen. Por outro lado, na produção de bovinos de corte a pasto, o desafio é tentar aumentar o consumo de energia, buscando reduzir o teor de fibra na dieta.

Outros fatores relacionados ao alimento como o uso de gordura e teor de proteína bruta também podem afetar o consumo pelos animais. Segundo Berchielli et al. (2011) o uso de gordura como fonte de energia, facilita a mistura e apresentação dos alimentos, porém possui certo limite, próximo de 7% na dieta de ruminantes, pois altera negativamente a fermentação e digestibilidade da fibra, uma vez que, ocasiona impedimento físico nas partículas alimentares e dificulta o acesso dos microrganismos. Além de que, os lipídeos principalmente os constituídos por ácidos graxos insaturados são tóxicos aos microrganismos ruminais. Bassi et al. (2012), analisaram grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos e constataram que o consumo de matéria seca e ganho médio diário foram menores quando se utilizou dietas contendo caroço de algodão moído, onde a inclusão disponibilizou alto nível de gordura afetando a digestibilidade da fibra.

Com relação ao teor de proteína bruta da dieta afetar o consumo, dietas deficientes em proteína (inferior a 7 - 8%) aos ruminantes ocorre alteração da atividade microbiana do rúmen por déficit de nitrogênio, que é necessário para as bactérias ruminais e, consequentemente, redução na taxa de digestão da fibra e diminuição no consumo de alimentos (VALADARES FILHO et al., 2016). O efeito da suplementação com nitrogênio proteico ou não proteico (ureia) é positivo sobre a utilização e consumo de forrageiras de baixa qualidade como descreveram Silva et al. (2016) e Cardozo (2016), porém níveis elevados de nitrogênio não proteico podem induzir à toxidez pelo excesso de liberação de amônia, reduzindo também o consumo (BERCHIELLI et al., 2011).

Outro fator a ser considerado é o comportamento do animal em recusar certos tipos de alimento pelo seu odor, sabor e textura. A aceitabilidade reforça o conceito de que os ruminantes aprendem a associar as consequências após comerem determinado alimento e os animais utilizam essas preferências e aversões no momento de selecionar a dieta (FORBES e PROVENZA, 2000).

2.2.2. FATORES QUE AFETAM O CONSUMO DE ALIMENTOS RELACIONADOS AO ANIMAL

A aceitabilidade da dieta que muitos pensavam ser uma característica do alimento é visto como uma função individual do animal, através da associação pós-ingestiva do alimento com suas propriedades sensoriais (BERCHIELLI et al., 2011), onde as porções mais palatáveis são frequentemente ingeridas primeiro, variando entre as diferentes espécies e disponibilidade do alimento, de modo que, animais famintos são menos seletivos.

Com o avanço das tecnologias e a seleção genética dos animais observaram-se a influência do potencial genético no consumo de matéria seca (CMS), expresso pela especialização desses animais para alta produção, apontando diferenças entre as raças e seus cruzamentos. Alguns trabalhos desenvolvidos no Brasil verificaram essas diferenças entre animais *Bos taurus*, *Bos indicus* e seus mestiços (RIBEIRO, 2008; MACHADO NETO, 2008) com valores inferiores de CMS em animais zebuínos, comparados aos taurinos. Estudo realizado por Marcondes et al. (2011) com bovinos de corte Nelore e mestiço (Nelore-Angus e Nelore-Simental), em dietas isoprotéicas, compostas de silagem de milho e concentrado, à base de milho moído, farelo de soja, caroço de algodão, casca de soja, uréia/sulfato de amônio, bicarbonato de sódio, óxido de magnésio, sal e mistura mineral, oferecidos em 1 e 2% com base no peso corporal, verificaram que o CMS e o consumo de demais nutrientes, exceto fibra em detergente neutro, foi maior nas dietas com nível de 2% concentrado e

consumo superior em animais mestiços em relação aos animais puros, o que possivelmente pode ser explicado pelo desempenho dos mestiços e taurinos para ganho de peso e a maior capacidade do trato gastrointestinal, conseqüentemente, maiores exigências de manutenção em relação a animais zebuínos.

A idade dos animais também influencia o consumo, para animais de mesma idade a quantidade de matéria seca ingerida por dia ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$) eleva-se com o aumento do peso corporal (CHIZZOTTI et al., 2013). Essa elevação no consumo resulta do aumento das necessidades energéticas, que por sua vez é devido ao aumento da capacidade ruminal. Entretanto, Chizzotti et al. (2013) afirma que o consumo em relação ao peso corporal (%PC) diminui, isso porque animais menores têm maior taxa metabólica e necessitam de maior consumo de nutrientes para atender sua maior exigência (Figura 3).

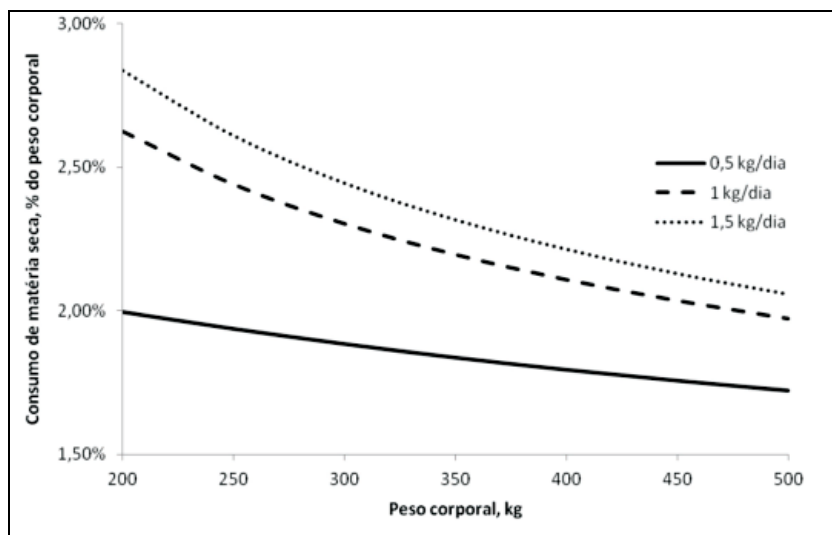


Figura 3. Consumo de matéria seca de bovinos em porcentagem do peso corporal, em função do peso corporal, para diferentes ganhos médios diários

Fonte: CHIZZOTTI et al., 2013.

Os principais componentes do peso corporal do animal são órgãos, vísceras, ossos, músculos e gordura (intermuscular, interna, subcutânea e intramuscular), respectivamente nessa sequência de desenvolvimento, no qual a musculatura é o componente de maior importância econômica, ao passo que o peso dos órgãos e vísceras é de grande importância fisiológica. O CMS em dietas de baixa digestibilidade é diretamente proporcional à capacidade do rúmen e, portanto, ao tamanho do animal. Animais em crescimento apresentam CMS estreitamente ligada ao peso corporal, a taxa de ganho de peso e a composição da dieta (SUAREZ, 2014).

Segundo Chizzotti et al. (2013), animais em crescimento, o desempenho animal afeta o consumo de matéria seca de forma quadrática (Figura 4), quanto maior a produção, maior é a demanda por nutrientes e, conseqüentemente, a ingestão de matéria seca aumenta. Porém, para possibilitar esse desempenho elevado (acima de 1,5 kg de ganho médio diário para bovinos de corte, por exemplo), é necessário o aumento da concentração de nutrientes e energia na matéria seca dietética, ou seja, maior participação de alimentos concentrados, o que resulta na redução gradual do consumo de matéria seca total, mas, como a dieta apresenta maior digestibilidade, a ingestão total de nutrientes digestíveis aumenta para o atendimento das exigências nutricionais.

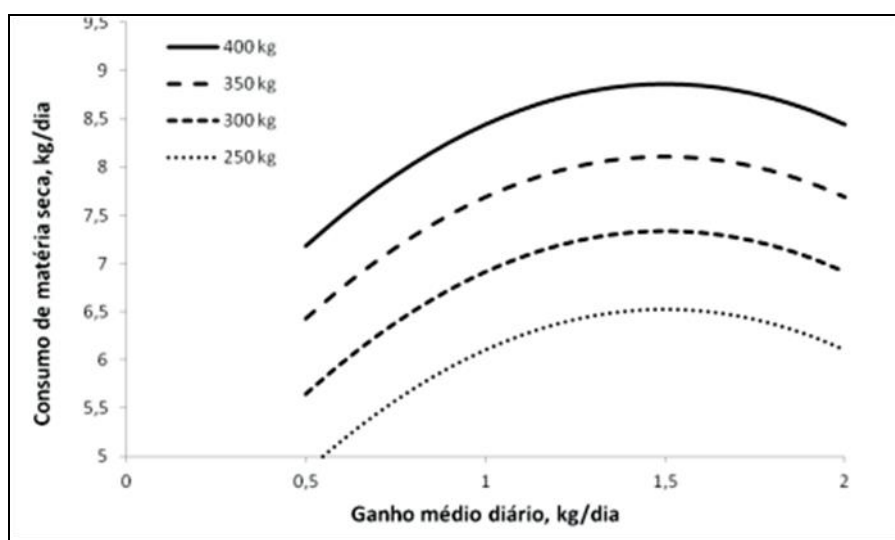


Figura 4. Consumo de matéria seca em função do peso corporal e ganho médio diário de bovinos Nelore.

Fonte: CHIZZOTTI et al., 2013.

A composição corporal, especialmente a porcentagem de gordura também afeta o consumo de alimentos pelos ruminantes (NRC, 1987). O ruminante apresenta ao nascimento menos de 5% de gordura corporal, a qual posteriormente aumenta com o incremento do peso, até atingir, em animais adultos, entre 20 e 30% do peso de carcaça (DI MARCO, 1993). A partir do aumento na proporção de gordura na carcaça o consumo de matéria seca começa a declinar, o NRC (1987) sugere que o consumo de matéria seca diminui cerca de 2,7% para cada 1% de aumento na gordura corporal. Segundo Allen (2000), a gordura é um potente estimulador de liberação da leptina (produzida pelo tecido adiposo) e colecistoquinina (produzida pelo intestino), componentes que chegam ao cérebro e contribuem à saciedade,

capazes de suprimir o consumo de matéria seca pela inibição do esvaziamento do trato gastrointestinal.

Diferenças no consumo entre classes sexuais distintas também são evidentes. Machos não castrados, castrados e fêmeas possuem exigências nutricionais diferentes (NRC, 1987). Além disso, apresentam curvas de crescimentos modificadas por ação de hormônios relacionados ao sexo, que podem acarretar diferenças nos níveis de consumo, sendo a testosterona, o principal hormônio, responsável pelo aumento de retenção de nutrientes fornecidos pela alimentação, principalmente a retenção de nitrogênio proteico e não proteico e consequente transformação em proteína, resultando em aumento de peso e de massa muscular (BERCHIELLI et al., 2011). De forma geral, machos inteiros apresentam maior consumo absoluto de matéria seca do que machos castrados e fêmeas, justamente para sustentar seu maior ganho de peso (BAILEY et al., 2008).

Ainda segundo os fatores relacionados aos animais que afetam o consumo de matéria seca, diferenças entre raças também são perceptíveis. Bovinos de raças distintas possuem couro, pêlos e quantidade de gordura subcutânea particulares, que são características que o animal desenvolve para sobreviver em determinadas regiões com suas condições climáticas. Animais não adaptados ao frio têm menor capacidade de gerar calor do que os adaptados, consequentemente aumentam o consumo de alimentos, e inversamente, raças que possuem dificuldades de dissipar calor tendem a reduzir o consumo de matéria seca, quando em ambientes secos e de altas temperaturas (BERCHIELLI et al., 2011).

Segundo Chizzotti et al. (2013) ao comparar o consumo observado de animais confinados com os valores preditos pelas equações do NRC (2000), CNCPS (2004) e BR-CORTE (2010), de novilhos não castrados, da raça Nelore e Angus, sob diferentes temperaturas do ar em câmaras climáticas por 2 períodos de 13 dias (1º - temperatura ambiente diurna média de 25°C e noturna em equilíbrio com o ambiente; 2º - temperaturas medias diurnas próximas a 28°C e 31°C em cada câmara e a temperatura noturna em equilíbrio com ambiente), somente o BR-CORTE (2010) foi capaz de predizer o consumo de forma eficaz, apresentando similaridade entre o predito e o observado para os Nelores em ambiente com temperaturas elevadas, devido o banco de dados do BR-CORTE (2010) ser formado principalmente por animais em condições de produção em ambiente tropical, sujeitos a estresse térmico.

2.2.3. FATORES RELACIONADOS AO AMBIENTE E MANEJO

Segundo o NRC (1981) todos os animais homeotérmicos apresentam consumo de alimento inversamente proporcional à temperatura do ambiente, como mecanismo regulador de sua temperatura corporal (Figura 5). Assim, o animal diminui o consumo de alimento, quando a temperatura do ambiente está muito alta, e aumenta o consumo e o requerimento energético da dieta, quando a temperatura do ambiente é muito baixa. Segundo o NRC (2000) a faixa em que não há impacto sobre o consumo para animais é entre 15 e 25°C. Já animais zebuínos suportam um pouco mais, no qual a temperatura máxima de conforto é 35° C (SILVA, 2008).

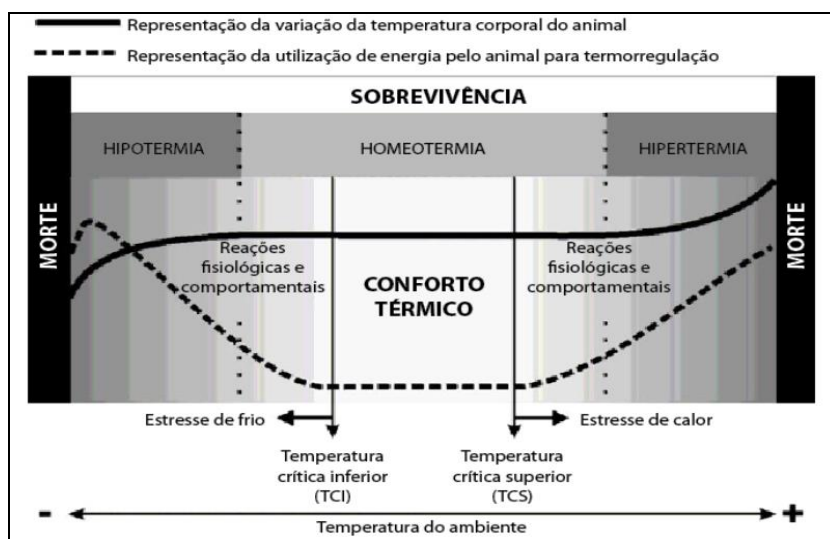


Figura 5. Termorregulação: representação esquemática da temperatura crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS) e zona de conforto térmico.

Fonte: Matarazzo, 2004.

Em regiões onde o estresse térmico é predominante, o uso de sombrites em confinamentos ou de árvores em áreas abertas pode influenciar positivamente o consumo de matéria seca pelos animais. Segundo estudo desenvolvido por Marques et al. (2006), machos inteiros mestiços em área sombreada apresentaram maior CMS em relação aos animais em área não sombreada, com maior ingestão no período da manhã e atividade de ruminação no período da tarde.

A ocorrência de alguns elementos climáticos, como vento e chuva, afeta o CMS pelos ruminantes. A chuva pode ocasionar o aparecimento de lama nos animais em confinamento e isso gerar desconforto, podendo inibir o consumo. Em casos de acúmulo de lama leve (10 a 20 cm de espessura de lama) ou grave (30 a 60 cm de espessura de lama) a redução no

consumo varia de 15% a 30%, respectivamente (NRC, 2000). Conforme o NRC (2000), eventos de chuva esporádicos podem diminuir o CMS entre 10 a 30%, sendo que, quando combinada com altas temperaturas, pode ocasionar aumento de deterioração do alimento em função do crescimento de fungos o que pode diminuir a palatabilidade da ração e acarretar em maior queda no consumo.

Outros fatores de manejo tais como disponibilidade de água e alimento, espaçamento do cocho, entre outros, também exercem influência sobre o consumo. A qualidade e a quantidade de água adequada regulam o consumo de ração, facilitando a mastigação e deglutição de alimentos secos, além de ser percussor das reações energéticas nas células corporais. Se a ingestão de água for limitada, o consumo de matéria seca e o ganho de peso diminuem (BERCHIELLI et al., 2011).

Para a maximização do consumo de matéria seca também deve ser levada em consideração a disponibilidade e acesso a dieta fornecida, evitando competição dos animais por alimento. Geralmente animais adultos possuem a tendência de exercer dominância sobre os animais mais jovens, o que pode gerar competição por espaço nos cochos. Assim é importante assegurar adequado espaço na linha de cocho (aproximadamente 50 a 70 cm/cabeça) reduzindo a possibilidade de competição e estresse nos animais mais submissos (SANTOS e SANTOS, 1998).

Além de todos os fatores relacionados ao ambiente e manejo descritos anteriormente que afetam o consumo pelos animais é importante ressaltar o efeito que existe sobre o consumo em animais que passaram por algum período de restrição alimentar, sendo que após esse período, os ruminantes tendem a apresentar maior consumo de alimento durante a fase de alimentação posterior. Segundo o NRC (2000) para bovinos de corte este aumento do consumo pode chegar a 30%, sendo uma das explicações para o ganho compensatório observado após um período de redução alimentar.

Owens et al. (1993) definiram o ganho compensatório como o aumento na taxa de crescimento e na eficiência alimentar dos animais após terem sofrido alguma restrição alimentar. Durante o ganho compensatório os índices de crescimento aumentam significativamente devido a energia excedente, proveniente de dietas com altos teores de concentrados energéticos e inferior exigência nutricional de manutenção do animal, permitindo que o animal alcance tamanho ou peso corporal similar ao de animais que não tenham sofrido nenhuma restrição alimentar (ALVES, 2003).

Segundo Barbosa et al. (2016), ao avaliarem o efeito do ganho compensatório no desempenho produtivo de novilhos submetidos a diferentes estratégias de suplementação

alimentar na fase de recria e engorda, concluíram que os animais que receberam suplementação com ingestão de 0,1% do peso corporal (PC) no período anterior, apresentaram ganho médio diário adicional no período das águas de 42 g e um peso corporal final de 11,12 kg superior aos animais que receberam suplementação com ingestão de 0,2% do PC no período seco anterior. Afirmando que ao cessar a restrição alimentar, o animal cresce normalmente a uma taxa mais acelerada, podendo apresentar compensação parcial ou até mesmo total do ganho em peso.

Ryan (1990) afirma que a duração do ganho compensatório está diretamente relacionada com a extensão do período de restrição alimentar, ou seja, animais expostos severamente à restrição por maior tempo tendem a recuperar o peso mais lentamente. Segundo Aferri (2007) o ganho compensatório possui rápida duração, cerca de três ou quatro semanas após o fim da restrição alimentar e pode variar conforme a fisiologia dos animais, como por exemplo, idade, categoria, sexo e outros fatores que influencia diretamente no tamanho do trato gastrointestinal, metabolização do fígado e absorção dos nutrientes.

Apesar de existir diversos estudos avaliando crescimento compensatório, ainda pouco se conhece sobre todos os elementos que lhe interferem, sendo necessários mais ensaios a fim de se incorporar fatores relacionados ao ganho e consumo compensatório, aos modelos matemáticos de predição da ingestão.

2.3. MENSURAÇÃO DO CONSUMO POR BOVINOS EM CONFINAMENTO

As mensurações do consumo individual por bovinos em confinamento podem ser realizadas através do confinamento dos animais em baias individuais ou em baias coletivas com utilização de indicadores ou através de sistemas de alimentação eletrônicos como o *Calan Gates*®, *GrowSafe*® e *Intergado*®.

2.3.1. BAIAS INDIVIDUAIS

O consumo de matéria seca em bovinos confinados em baias individuais é avaliado diariamente através da diferença na mensuração do alimento fornecido (volumoso e concentrado) e sobras encontradas no cocho, aproximadamente 24 horas depois do fornecimento. Através do uso de baias individuais é possível retirar amostras dos alimentos e das sobras para realização de análises química bromatológicas, que permite conhecer sobre a composição da dieta e a capacidade de seleção dos animais.

O confinamento de bovinos em baias individuais retira os efeitos de competição entre os animais, favorecendo a correta mensuração do consumo de matéria seca de um indivíduo,

no entanto, os bovinos são animais sociais e formam classes de dominância hierárquica, mesmo em situações com disponibilidade de alimento irrestrita. Alguns autores questionam a utilização de animais confinados individualmente devido os bovinos serem animais gregários, ou seja, em ambiente natural, andam sempre em grupo, fator que pode ocasionar aumento do estresse animal, e consequente redução no consumo de matéria seca e na produtividade em bovinos confinados em baias individuais (MARCONDES et al., 2008). Outro fator está relacionado ao temperamento de algumas raças, como a Nelore, em que os animais possuem geralmente temperamento mais reativo em relação a outras raças, o que pode dificultar a condução do experimento em baias individuais, favorecendo o aumento do estresse e consequentemente influenciando o consumo dos animais.

Segundo Marcondes et al. (2008) não foram observadas diferenças significativas entre as estimativas de consumo individualmente ou em grupo de machos não-castrados, castrados e fêmeas da raça Nelore, alimentados à vontade, duas vezes por dia, com dois níveis de oferta de concentrado (1 ou 1,25% do peso vivo), devido ausência de coletas ao longo do experimento, que contribuiu para que o estresse não influenciasse no desempenho desses animais. Em situações de manejos com a utilização de troncos de contenção é evidente o aumento do nível de estresse, o que pode alterar o consumo. Os efeitos do tipo de baia parecem ser mais evidentes quando os animais são alimentados apenas uma vez por dia, mostrando que a utilização de baias individuais não prejudica o desempenho dos animais, desde que eles sejam estimulados ao consumo pelo menos duas vezes por dia (Cruz et al., 2014).

Com a utilização de baias coletivas é permitido aos bovinos exercer seu comportamento natural de viver em grupos, no entanto, para obtenção de estimativas de CMS individual somente será possível através do uso de indicadores ou em sistemas de alimentação eletrônicos.

2.3.2. BAIAS COLETIVAS COM USO DE INDICADORES

A determinação do consumo individual por animais em baias coletivas pelo método dos indicadores baseia-se no emprego de uma substância de referência que mesmo ingerida na dieta é recuperada totalmente nas fezes (VALADARES FILHO et al., 2006). Entre os indicadores existentes, o óxido crômico tem sido o mais amplamente empregado na determinação do consumo individual de concentrado, pelo seu custo relativamente baixo e facilidade de análise laboratorial, seguido pela utilização de indicadores de compostos orgânicos naturais (lignina, fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e fibra em

detergente neutro indigestível (FDNi)) ou a LIPE® (lignina de madeira moída extraída de *Eucalyptus grandis*), desenvolvida pela Universidade Federal de Minas Gerais, para a determinação de excreção fecal (digestibilidade) e consumo de volumoso (VALADARES FILHO et al., 2006; MARCONDES et al., 2008).

Segundo Valadares Filho et al., (2006) os indicadores para estimar consumo de volumoso mais usados são FDAi e FDNi, obtidos após incubação ruminal por 288 horas e subsequente análise com detergente ácido/neutro (VALENTE et al., 2011), sendo esses indicadores denominados de indicadores internos, pois, diferente do óxido crômico e da LIPE®, são encontrados naturalmente nos alimentos.

Os indicadores devem possuir como características ser inerte ao animal e microbiota ruminal, não sofrer absorção no trato digestivo, ser de fácil mistura ao alimento, não interferir no metabolismo animal e ser economicamente viável (VALADARES FILHO et al., 2006). Além disso, para utilização de indicadores é necessário promover aos animais período de adaptação (5 a 7 dias), antes do início das coletas fecais, a fim de se alcançar estabilização da concentração do indicador nas fezes.

Marcondes et al. (2008) avaliaram o uso de dois indicadores para estimar o consumo de concentrado (óxido crômico (Cr_2O_3) e dióxido de titânio (TiO_2)), dois indicadores para estimar o consumo de volumoso (FDNi e FDAi) e LIPE® para estimar a produção fecal em animais Nelore, e concluíram a eficiência do uso associado de três indicadores para estimar o consumo de animais alimentados em grupo, o qual nenhuma das estimativas utilizadas (Cr_2O_3 e FDNi; Cr_2O_3 e FDAi; TiO_2 e FDNi; TiO_2 e FDAi) diferiu dos dados observados, mensurados em baias individuais ($P > 0,05$). Denominando essa metodologia como o método dos três indicadores, sendo atualmente muito utilizado em estudos de nutrição de ruminantes.

O uso de indicadores é uma ótima ferramenta para estimar consumo de alimentos em bovinos confinados em baias coletivas ou criados a pasto, pois apresentam custo relativamente baixo quando comparado ao uso de sistemas de alimentação eletrônicos.

2.3.3. BAIAS COLETIVAS COM SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO ELETRÔNICOS

Com o avanço da tecnologia através do uso dos sistemas eletrônicos, a mensuração do consumo individual de alimento pelos animais se tornou uma prática rápida e confiável, porém de maior custo. Dentre os sistemas eletrônicos disponíveis em baias coletivas podemos citar o *Calan Gates*®, *GrowSafe*® e o *Intergado*®.

O *Calan Gates*® é um sistema criado pela empresa americana American Calan, onde os animais com colares magnetizados (*transponders*) abrem cochos exclusivos, através de um

sistema de reconhecimento eletrônico que permite aos pesquisadores distribuir dietas individuais a animais alojados em grupo. Porém, existe a necessidade de pesagem das sobras e do alimento fornecido e de treinamento inicial dos animais, sendo que em casos de problemas elétricos o animal fica impossibilitado de acessar os cochos, devido o travamento das portas de entrada (COLE,1995). Além desses problemas é muito comum que animais dominantes consigam ter acesso ao cocho dos animais subordinados (BALDASSINI et al., 2016).

O *GrowSafe*[®], sistema de fabricação canadense, mede o consumo de alimento individual e permite identificar a duração e frequência de alimentação do animal. Os componentes do sistema de alimentação *GrowSafe*[®] detectam a presença ou ausência do animal no cocho por meio de uma antena de leitura, estrategicamente instalada dentro do cocho, que identifica o *transponder* pela tecnologia SIRF (sistema de identificação por rádio frequência), geralmente colocado nos brincos (BALDASSINI et al., 2016; GROWSAFE SYSTEMS LTD., [200-]).

Ambos os sistemas de alimentação eletrônicos *Calan Gate*[®] e *Growsafe*[®] são produzidos no exterior e isso acarreta em aumento no custo de produção desses produtos. Para buscar reduzir os custos para implementação desses sistemas, no Brasil começou-se a comercializar o *Intergado*[®] que tem funcionalidades semelhantes ao *GrowSafe*[®], registrando dados de consumo diário (kg.dia^{-1}), consumo por visitas ao cocho, taxa de consumo ($\text{gramas.minuto}^{-1}$) e frequência de visitas ao cocho.

O *Intergado*[®] possui versões com cochos e bebedouros, apoiados sobre células de carga que possibilitam o registro automático da quantidade de alimento e água ingeridos, sendo que uma das versões possui plataformas estrategicamente instaladas em conjunto com os bebedouros, permitindo a pesagem corporal voluntária dos animais (INTERGADO, [200-]).

Ambas as soluções tecnológicas permitem a realização da mensuração do consumo alimentar de forma rápida, acurada e individual, auxiliando na seleção de animais de maior eficiência alimentar e consequentemente favorecendo os estudos na nutrição e produção animal. Porém, ambas são dependentes de instalações elétricas estáveis, uso de baterias, nobreaks ou geradores, e manutenção contínua, de forma a garantir seu correto funcionamento.

2.4. SISTEMAS NUTRICIONAIS E OS MODELOS DE PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA POR BOVINOS DE CORTE

O entendimento dos fatores que regulam a ingestão de matéria seca, discutidos anteriormente, podem gerar informações importantes para serem utilizadas nos modelos de predição de consumo, possibilitando formular dietas mais eficientes. A predição do consumo voluntário dos animais chama atenção, não somente pelo impacto no desempenho, nos requerimentos nutricionais, na economia e produção, mas também pela redução na emissão de contaminantes ao meio ambiente (VALADARES FILHO et al., 2016).

Um modelo de predição de consumo de matéria seca é uma representação simplificada do complexo sistema de ingestão voluntária de alimentos (KEADY et al., 2004). Como os fatores que regulam o consumo em ruminantes não estão completamente entendidos, modelos para prever o consumo são empíricos por natureza (NRC, 2000) e devem ser utilizados como uma referência, que pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada sistema de produção.

Os modelos de predição de consumo de matéria seca para bovinos citados pelo NRC, por exemplo, são eficientes quando consideramos raça, sexo, taxa de ganho de peso e condições ambiente semelhante à base de dados utilizada nesse sistema, entretanto, ainda é necessário gerar dados para reajustar modelos a determinadas condições, principalmente em condições tropicais, utilizando-se da mensuração do consumo individual do animal para validação dessas equações. Valadares Filho et al. (2016) afirmaram que as equações do NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC são inadequadas para prever o consumo de matéria seca de bovinos de corte em confinamento quando alimentados em condições tropicais por ser um sistema apropriado a condições de clima temperado e animais *Bos taurus*. Nesse sentido, o sistema BR-Corte foi desenvolvido e validado por Valadares Filho et al. (2006; 2010; 2016), podendo ser mais apropriado para bovinos de corte (animais *Bos indicus* e mestiços) criados em condições tropicais.

2.4.1. SISTEMA NRC 2000 E NRC 2016

As equações de predição de consumo de matéria seca (CMS) para bovinos em confinamento presentes no NRC (2000) relacionam o consumo de alimentos com o peso corporal inicial e a concentração energética da dieta, através de duas equações:

$$\text{CMS (kg.dia}^{-1}\text{)} = 4,54 + 0,0125 * \text{PC}$$

$$\text{CMS (Mcal.dia}^{-1}\text{)} = \text{PCj}^{0,75} * (0,2435 * \text{ELm}_{(\text{dieta})} - (0,0466 * \text{ELm}_{(\text{dieta})}^2) - 0,1128)$$

onde PC: peso corporal inicial; $\text{PCj}^{0,75}$: peso corporal metabólico médio em jejum; $\text{ELm}_{(\text{dieta})}$: concentração de energia líquida de manutenção da dieta (Mcal.Kg^{-1} MS da dieta).

Ajustando, pelo tamanho médio, para animais ao sobreano (novilhos/novilhas) na segunda equação, usando-se - 0,0869 ao em vez de - 0,1128:

$$\text{CMS (Novilho(a))} = \text{PCj}^{0,75} * (0,2435 * \text{ELm}_{(\text{dieta})} - (0,0466 * \text{ELm}_{(\text{dieta})}^2) - 0,0869)$$

Sendo necessário acrescentar multiplicadores para ajustes no CMS em relação à raça, peso corporal, uso de anabolizantes, temperatura e presença de lama no animal (Tabela 1).

Tabela 1. Fatores de ajuste para Ingestão de Matéria Seca.

Fator de ajuste	Multiplicador
Raça: Holandês	1,08
Cruzado	1,04
Gordura Corporal:	
21,3 (350 kg)	1,00
23,8 (400 kg)	0,97
26,5 (450 kg)	0,90
29,0 (500 kg)	0,82
31,5 (550 kg)	0,73
Implante anabólico (ADTV)	1,00
Nenhum estimulante anabólico	0,94
Temperatura, °C	
> 35, sem refrigeração noturna	0,65
> 35, com refrigeração noturna	0,90
25 to 35	0,90
15 to 25	1,00
5 to 15	1,03
- 5 to 5	1,05
- 15 to - 5	1,07
< -15	1,16
Lama: Nenhum	1,00
Suave (10-20 cm)	0,85
Grave (30-60 cm)	0,70

Fonte: Adaptado do NRC (2000).

As equações presentes no NRC (2000) foram relatadas por alguns estudos por subestimar ou superestimar o CMS, dependendo das condições dietéticas e dos animais.

Patterson et al. (2000) avaliaram a capacidade dessas equações para prever consumo usando dados de sete estudos e cinquenta e quatro dietas, e observaram que o modelo superestimou o consumo quando bovinos foram alimentados com dietas de baixa qualidade e apresentou consumo imprevisível com dietas de alta qualidade. McMeniman et al. (2009) também observaram superpredição do consumo pelo modelo do NRC (2000) ao avaliarem o banco de dados de confinamentos comerciais (3.363 informações), ao longo de quatro anos.

A partir da conclusão desses e outros estudos, Anele et al. (2014) desenvolveram novas equações para prever o CMS de bovinos de corte em crescimento e terminação para um período de alimentação a partir das mesmas variáveis independentes usadas no NRC (2000), peso corporal e concentração de energia líquida da dieta. Esses autores também consideraram a abordagem alternativa de calcular o CMS requerido (CMSR) para atingir um nível especificado de desempenho, método este semelhante ao utilizado por Tedeschi et al. (2004), que usaram as equações do NRC (2000) para determinar em Mcal a energia líquida da manutenção requerida (Elm requerida) e energia líquida do ganho requerido (Elg requerida) para um dado peso corporal e ganho médio diário, sendo necessário dividir a energia líquida requerida pelo animal pela concentração da energia da dieta (NRC, 2016):

$$\text{CMS (\%PC)} = 1,2425 + 1,9218 * \text{ELm}_{(\text{dieta})} - 0,7259 * \text{ELm}_{(\text{dieta})}^2$$

$$\text{CMSR (kg.dia}^{-1}\text{)} = (\text{ELm requerida (Mcal.dia}^{-1}\text{)} / \text{ELm dieta (Mcal.kg}^{-1}\text{ MS dieta)}) + \text{ELg requerida (Mcal.dia}^{-1}\text{)} / \text{ELg dieta (Mcal.kg}^{-1}\text{ MS dieta)}$$

onde $\text{ELm requerida} = 0,0077 * \text{PCj}^{0,75}$; $\text{ELg requerida} = 0,0635 * \text{EBW}^{0,75} * \text{EBG}^{1,097}$
(onde $\text{EBW} = 0,891 * \text{PCj}$ e $\text{EBG} = 0,956 * \text{GMD}$).

A primeira equação estima o CMS como percentagem do peso corporal (%PC) e a segunda equação estima consumo em kg.dia⁻¹. Sendo importante realizar os ajustes para predições com uso de dietas com $\text{ELm} \leq 0,95 \text{ Mcal.kg}^{-1}$ de MS para o divisor 0,95; uso de monensina diminui em 3% CMS e o uso de promotores de crescimento diminui em 6% CMS. Além de levar em consideração os fatores de ajustes propostos pelo NRC (2000) presentes na Tabela 1.

Como as equações por Anele et al. (2014) não continham nenhum ajuste para classe sexual, o comitê recomenda o uso das equações descritas por McMeniman et al. (2010), para

estimar o CMS de bovinos em confinamento alimentados com dietas de alto grão ($\geq 2,06$ NEm e ≥ 1.4 NEd):

$$\text{Novilhos: CMS (kg/d)} = 3,830 + 0,0143 * \text{IPCj}$$

$$\text{Novilhas: CMS (kg/d)} = 3,184 + 0,01536 * \text{IPCj}$$

onde IPCj = peso médio em jejum inicial.

O comitê do NRC (2016), com base nos resultados por Anele et al. (2014), recomenda que as equações do NRC (2000) continuem sendo utilizadas para bovinos de corte em crescimento e terminação, uma vez que as várias equações e abordagens sugerem que não existem razões convincentes para escolher uma única equação.

O NRC (2016) ainda afirma que as equações do NRC (2000) podem refletir ajustes parciais para muitos fatores (raça, gordura corporal, uso de anabólico, temperatura ambiente e presença de lama), concebidos para responder por mudanças de curto prazo no consumo. Já as equações de predição recomendadas na edição 2016 são projetadas para prever a média do consumo de matéria seca sobre um período de alimentação estendido, e à incertezas da aplicação de fatores de ajustes. Assim, o sistema recomenda ao usuário a avaliar as várias equações em seus sistemas produtivos para determinar qual modelo pode fornecer melhor ajuste consistentemente superior aos dados observados (NRC, 2016).

2.4.2. SISTEMA BR-CORTE 2010 E BR-CORTE 2016

No Brasil os bovinos de corte predominantemente criados são zebuínos, o BR-Corte, idealizado e criado por Valadares Filho et al. (2006, 2010 e 2016), desenvolveram equações para estimar o CMS de bovinos confinados em condições tropicais, baseadas no ganho médio diário e no peso corporal médio como sugerido por Thornton et al. (1985), variáveis estas mais fáceis de serem obtidas em condições práticas.

O BR-Corte em sua segunda edição (2010) utilizou-se da meta-análise para interagir o estudo e efeitos aleatórios das interações gerando modelos de predição mais precisos e acurados para animais Nelore e Mestiços (VALADARES FILHO et al., 2010):

Zebuínos puros (Nelore):

$$\text{CMS} = -2,7878 + 0,08789 * \text{PC}^{0,75} + 5,0487 * \text{GMD} - 1,6835 * \text{GMD}^2$$

Zebuínos cruzados com taurinos de corte:

$$\text{CMS} = -2,6098 + 0,08844 * \text{PC}^{0,75} + 4,4672 * \text{GMD} - 1,3579 * \text{GMD}^2$$

onde $\text{PC}^{0,75}$ = peso corporal médio metabólico ($\text{kg}^{0,75}$); GMD = ganho de peso médio diário (kg.dia^{-1}).

A partir da significância da carne brasileira ser oriunda de bovinos machos provenientes de rebanhos leiteiros, criados como gado de corte, houve a necessidade de atualizar o banco de dados separando três grupos genéticos, gerando novos modelos para estimar CMS, descrita no BR-Corte 2016 (VALADARES FILHO et al., 2016):

Zebuínos puros (Nelore):

$$\text{CMS} = -1,7824 + 0,07765 * \text{PC}^{0,75} + 4,0415 * \text{GMD} - 0,8973 * \text{GMD}^2$$

Cruzados com taurinos de corte:

$$\text{CMS} = -0,6273 + 0,06453 * \text{PC}^{0,75} + 3,871 * \text{GMD} - 0,614 * \text{GMD}^2$$

Cruzados com taurinos de leite:

$$\text{CMS} = -2,8836 + 0,08435 * \text{PC}^{0,75} + 4,5145 * \text{GMD} - 0,9631 * \text{GMD}^2$$

onde $\text{PC}^{0,75}$ = peso corporal médio metabólico ($\text{kg}^{0,75}$); GMD = ganho de peso médio diário (kg.dia^{-1}).

O coeficiente negativo para a variável GMD^2 (kg.dia^{-1}) para todas as equações ajustadas indicou que as estimativas para CMS apresentam um platô. A explicação para este fato pode estar diretamente relacionada com a concentração de energia das dietas utilizadas. Partindo do princípio de que para alcançar GMD máximo, a concentração energética da dieta deverá estar alta, inibindo o CMS, como sugere a teoria da regulação para ingestão de energia proposta por Mertens (1994). Considerando a importância desse efeito o NRC (2000) propôs equações que incluíram as variáveis ELm e Elm^2 , no entanto há dificuldade de se determinar a ELm antes de saber quais os alimentos irão compor a dieta.

Alternativamente, o BR-Corte (2016) sugeriu as equações abaixo, quando se conhece o teor de concentrado a ser usado na formulação da dieta:

Zebuínos:

$$\text{CMS} = -1,303 + 0,0029 * \text{NC} - 0,00005 * \text{NC}^2 + 0,0843 * \text{PC}^{0,75} + 2,243 * \text{GMD} - 0,271 * \text{GMD}^2$$

Cruzados de corte:

$$\text{CMS} = -4,8196 + 0,0081 * \text{NC} - 0,00011 * \text{NC}^2 + 0,1239 * \text{PC}^{0,75} + 2,8189 * \text{GMD} - 0,775 * \text{GMD}^2$$

onde NC = teor de concentrado na dieta (% da MS total da dieta).

De forma geral, as amplitudes totais das diferentes variáveis presentes no banco de dados utilizado para o desenvolvimento das equações de predição do CMS no BR-Corte (2010, 2016) representaram amplamente as características brasileiras dos sistemas de produção de bovinos de corte em confinamento, possibilitando variações de baixo a alto peso corporal inicial, peso corporal final, ganho médio diário, consumo de matéria seca e variações nos consumos de fibra em detergente neutro e proteína bruta (VALADARES FILHO et al., 2016). Ressaltando que os métodos descritos para predizer o CMS são planejados para fornecer uma orientação geral, não existindo uma equação capaz de ser aplicada em todas as situações de produção (NRC, 2000). Assim essas equações apresentadas podem responder por maior porcentagem da variação no CMS que for possível, quando comparado a uma equação generalizada (SUAREZ, 2014).

3. REFERÊNCIAS

AFERRI, G. Exigências de energia e proteína e composição do ganho em peso compensatório de novilhos Nelore por meio do indicador óxido de deutério. 2007. 98f. **Tese** (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-08022008.../DO1051340.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2018.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.7, p.1598-1624, July 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)>. Acesso em: 28 mar. 2017.

ALMEIDA, R. et al. Influence of genotype on performance and dry matter intake by feedlot steers in Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003. Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Latino Americana de Produção Animal, 2003. p. 84.

ALVES, D. D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98 (546), p.61-67, 2003. Disponível em: <http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6__2003/546_61_67.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

AMERICAN CALAN. [200-]. Disponível em: <<http://americancalan.com/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

ANELE, U. Y.; DOMBY, E. M.; GALYEAN, M. L. Predicting dry matter intake by growing and finishing beef cattle: Evaluation of current methods and equation development. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2660-2667, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24867938>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

BAILEY, C. R.; DUFF, G. C.; SANDERS, S. R.; TREICHEL, J. L.; BAUMGARD, L. H.; MARCHELLO, J. A.; SCHAFER, D. W.; MCMURPHY, C. P. Effects of increasing crude protein concentrations on performance and carcass characteristics of growing and finishing steers and heifers. **Animal Feed Science and Technology**. v. 142, p. 111-120. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.08.001>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

BALDASSINI, W. A.; SANTOS, A. C. R.; FELTRIN, G. B.; COUTINHO, M. A. S.; GUIMARÃES, A. L.; MERCADANTE, M. E. Z.; CHAVEZ, A. S.; LANNA, D. P. D. Equipamentos, instalações e protocolos de mensuração de consumo de matéria seca em bovinos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n.1, p.5-14, 2016. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/SAP/v15n01/v15n01a02.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BARBOSA, F. A.; BICALHO, F. L.; GRAÇA, D. S.; MAIA FILHO, G. H. B.; AZEVEDO, H. O.; LEÃO, J. M.; ANDRADE JÚNIOR, J. M. C. Ganho compensatório no desempenho e eficiência econômica de novilhos Nelore submetidos a diferentes regimes alimentares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 1, p.182-190, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8212>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

BASSI, M. S.; LADEIRA, M. M.; CHIZZOTTI, M. L.; CHIZZOTTI, F. H. M.; OLIVEIRA, D. M.; MACHADO NETO, O. R.; CARVALHO, J. R. R.; NOGUEIRA NETO, A. A. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 2, p.353-359, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000200018>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2ª Edição. Jaboticabal - SP: FUNEP – Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2011. 616 p.

CARDOZO, M. A. Avaliação da forragem tropical *in vitro* em função da suplementação com compostos nitrogenados e ou amido. 2016. 44 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2016. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/handle/123456789/9805>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

CHIZOTTI, M. L.; VALENTE, E. E. L.; GOMES, R. A.; CHIZOTTI, F. H. M.; LADEIRA, M. M.; RODRIGUES, R. T. S. Modelagem para a predição de consumo pelos ruminantes. In: II Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado. Universidade Federal de Uberlândia, 18 a 20 de abril de 2013. **Anais...** Uberlândia – MG: FAMEV - UFU. 2013. p. 259 -292.

COLE, N. A. **Intake Control Systems**. 1995. Disponível em: <http://beefextension.com/proceedings/feed_intake95/feed_intake95_21.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2007.

CRUZ, G. D.; RODRÍGUEZ- SÁNCHEZ, J. A.; OLTJEN, J. W.; SAINZ, R. D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, v.88, p.324-329, 2014. Disponível em: <<https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/88/1/324>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

DI MARCO, O. N. **Crecimiento y repuesta animal**. Mar del Plata: Asociación Argentina de Producción Animal, 1993. 129 p.

DIAS, R. S., PATINO, H. O., LÓPEZ, S., PRATES, E., SWANSON, K. C. AND FRANCE, J. Relationships between chewing behavior, digestibility and digesta passage kinetics in steers fed restricted and *ad libitum* levels of oat hay. **Journal of Animal Science**, published online February, 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21297056>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

FORBES, J. M.; PROVENZA, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: CRONJÉ, P. et al. **Ruminant Physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. CAB International, 2000. p. 3–19.

GROWSAFE SYSTEMS LTD. [200-]. Disponível em: <<http://www.growsafe.com/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

INTERGADO. [200-]. Disponível em: <<http://intergado.com.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

KEADY, T.; MAYNE, C.; KILPATRICK, D. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. **Livestock Production Science**, v. 89, p.129-

138, September 2004. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.02.009>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

MACHADO NETO, O. R. Consumo, desempenho e características de carcaça de novilhos nelore e Red Norte terminados em confinamento e avaliação de sistemas de exigências nutricionais. 2008. 76 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3521>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MACHADO NETO, O. R.; LADEIRA, M. M.; GONÇALVES, T. M.; LOPES, L.S.; OLIVEIRA, D. M.; LIMA, R. R. Performance and carcass traits of Nelore and Red Norte steers finished in feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.5, p.1080-1087. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000500020>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, I. M.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES, R. F. D.; DETMANN, E. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1313-1324, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n6/21.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; DINIZ, L. L.; SANTOS, T. R. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p-2243-2250, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n12/23.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MARQUES, J. A.; CALDAS NETO, S. F.; GROFF, A. M.; SIMONELLI, S. M.; CORASA, J.; ROMERO, L.; ZAWADSKI, P. F. A. Comportamento de bovinos mestiços em confinamento com e sem acesso a sombra durante o período de verão. **Campo digital**, Campo Mourão, v. 1, n. 1, p. 54-59, 2006. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/297/138>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MATARAZZO, S. V. Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo *Freestall* para vacas em lactação. 2004. 156f. **Tese** (Doutor em Agronomia - Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MCMENIMAN, J. P., DEFOOR, P. J.; GALYEAN, M. L. Evaluation of the National Research Council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, p.1138-1146, 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18952723>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MCMENIMAN, J. P.; TEDESCHI, L. O.; DEFOOR, P. J.; GALYEAN, M. L. Development and evaluation of feeding-period average dry matter intake prediction equations from a commercial feedlot data base. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 3009-3017, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20453082>> Acesso em: 26 de mar. 2017.

MERCADANTE, M. E. Z.; GRION, A. L. Perspectivas de inclusão da eficiência alimentar em programas de melhoramento genético de bovinos de corte. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2013, Uberaba, MG, 2013. **Anais...** Uberaba: SBMA, 2013. p.1-14. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/x/palestras/pdfs/MariaEugeniaV2.pdf>>. Acesso em: 28 de nov. 2018.

MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1992. p.188-219.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G. C.; COLLINS, M.; MERTENS, D. R.; MOSER, L. E. **Forage Quality, Evaluation and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science of America, 1994, p. 450-493.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. Washington: National Academy of Science, 1981. 152 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: D.C., 1987. 85 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. rev. Washington: D.C., 2000. 234 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8.ed. Washington: Eighth Revised Edition., 2016. 494 p.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p.3138-3150, 1993. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8270538>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

PATTERSON, T.; KLOPFENSTEIN, T. J.; MILTON, T.; BRINK, D. R. 2000. **Evaluation of the 1996 beef cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets**. In: NEBRASKA BEEF CATTLE REPORT, Paper 362, 2000, Lincoln: University of Nebraska. p.26-29.

RIBEIRO, J. S. Consumo e desempenho de grupos genéticos zebuínos confinados. 2008. 92 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2814>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

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, out-dez 2012. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1768/764>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

ROSELER, D. K. Dry matter intake of dairy cattle: prediction, performance and profit. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1998, Fort Wayne, Indiana. **Proceedings...** Fort Wayne, IN: T-SNC, 1998. p.97-121.

RYAN, W. J. Compensatory growth in cattle and sheep. In: Nutrition abstracts and reviews (Series B), **Livestock Feeds and Feeding**. v. 60, 653-664.1990.

SAINZ, R. D.; PAULINO, P. V. R. Residual feed intake in beef cattle. In: SAINZ, R. D. (Org.). **Proceedings of the sierra foothill research & extension center: beef & range field day**. Browns Valley: UCDAVIS, 2004. v. 1, p. 5-8.

SANTOS, J. E. P.; SANTOS, F. A. P. **Novas Estratégias no Manejo e Alimentação de Vacas Pré-Parto**. 1998. Disponível em <<http://www.nupel.uem.br/pos-ppz/eduardopreparto.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

SEO, S.; LANZAS, C.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of liquid flow out of the rumen and to predict the rate of passage of liquid in dairy cattle. **Jornal Dairy Science**. v. 90, p. 840-855, 2007.

SEO, S.; TEDESCHI, L. O.; SCHWAB, C. G.; GARTHWAITE, B. D.; FOX, D. G. Evaluation of the passage rate equations in the 2001 dairy NRC model. **Jornal Dairy Science**. v. 89, p. 2327-2342, 2006.

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental. Os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: Funep. 2008. 393 p.

SILVA, V. L.; BORGES, I.; ARAÚJO, A. R.; COSTA, H. H. A.; ALVES FILHO, F. M.; FRUTUOSO, F. I. A.; SILVA, R. H. P.; ANCÂNTARA, P. B. X. Efeito do tratamento químico sobre a digestibilidade de volumosos e subprodutos agroindustriais. **Acta Kariri Pesquisa e desenvolvimento**, Crato - CE, v. 1, n. 1, p. 29-37, 2016. Disponível em: <<http://200.129.24.100/~actakariri/index.php/actakariri/article/view/4/5>>. Acesso em 26 mar. 2017.

SUAREZ, S. L. B. Fatores envolvidos no consumo de matéria seca. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufv.br/handle/123456789/5827>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; GUIROY, P. J. A decision support system to improve individual cattle management.1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agricultural Systems**. v. 79, p. 171-204. February 2004. Disponível em: <[http://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00070-2](http://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00070-2)>. Acesso em: 28 mar. 2017.

THORNTON, J. H.; OWENS, E. N.; GILL, D. R. Feed intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight and time on feed. **Oklahoma Agricultural Experiment Station Research Report** MP-117, 320, 1985.

VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; LOPES, S. A. et al. **BR-CORTE 3.0. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. 2016. Disponível em: <www.brcorte.com.br>. Acesso em: 24 mar. 2017.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. 2. ed. Viçosa - MG: UFV, DZO, 2010. 193 p.

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. 2006. 142 p.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN E.; QUEIROZ A. C.; VALADARES FILHO S.C.; GOMES D. I.; FIGUEIRAS J. F. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2565-2573, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011001100039>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

CAPÍTULO II
CONSUMO OBSERVADO E PREDITO PELO NRC E BR-CORTE PARA BOVINOS
EM CONFINAMENTO

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da ingestão diária de alimentos pelos animais é o primeiro passo na formulação de dietas, essencial ao planejamento zootécnico do sistema produtivo, no qual é possível determinar o tamanho da área de pastagens e estabelecimento de culturas para a ensilagem, bem como no controle de estoques de alimentos, além de permitir a identificação e seleção de animais de melhor eficiência alimentar, melhorando a produtividade e reduzindo os custos de produção sem afetar os índices zootécnicos (MERCADANTE e GRION, 2013).

O consumo dos alimentos é afetado por inúmeros fatores, dentre eles podemos destacar aspectos relacionados ao alimento, animal, ambiente e/ou manejo (BERCHIELLI et al., 2011). Fatores que tornam esta variável, extremamente difícil de ser estimada através de modelos matemáticos, mas apesar da complexidade de gerar equações empíricas, os sistemas nutricionais como National Research Council (NRC), Agricultural and Food Research Council (AFRC), Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) e BR-Corte tem trabalhado em adequações dos modelos para estimar o consumo.

Os sistemas mais utilizados no Brasil são o NRC e o BR-Corte, devido repercussão das edições publicadas, no qual o sistema americano desenvolveu equações para prever o consumo utilizando como banco de dados animais predominantemente *Bos taurus* e o sistema brasileiro BR-Corte, desenvolveu modelos para estimar consumo em animais zebuínos e mestiços. Ademais, as equações propostas pelo BR-Corte são mais fáceis de serem utilizadas, pois necessitam apenas das informações de peso corporal (PC), ganho médio diário (GMD) e no caso das equações propostas na edição 2016, inclui também o nível de concentrado (NC) da dieta (VALADARES FILHO et al., 2006; 2010; 2016). Por outro lado, os modelos propostos pelo NRC, utilizam informações de energia líquida da dieta e requerida para o animal (NRC, 2000; 2016), o que demanda maiores esforços para sua obtenção.

Valadares Filho et al. (2006) afirmaram falta de ajuste para os modelos propostos pelo NRC em prever o consumo de matéria seca de bovinos de corte em condições tropicais. Neste sentido, as equações desenvolvidas pelo BR-Corte poderão ser mais adequadas para estimar o consumo de matéria seca em animais zebuínos em confinamento do que as equações desenvolvidas pelo NRC. Segundo Machado Neto et al. (2010) e Ribeiro et al. (2012) ao comparar os valores observados aos preditos por meio dos sistemas NRC (2000), CNCPS 5.0 e BR-CORTE verificaram que todos os sistemas avaliados subestimam o consumo de matéria seca, entretanto houve menores diferenças entre o consumo observado e o predito para animais mestiços. Sendo assim, são necessários estudos no sentido de validar essas equações

com o propósito de identificar quais modelos são capazes de prever com maior acurácia o consumo de bovinos de corte.

Neste sentido, objetivou-se comparar o consumo de matéria seca observado em novilhas da raça Nelore, touros Nelore e touros da raça Senepol em confinamento, com o predito pelos sistemas nutricionais BR-Corte (2010 e 2016) e NRC (2000 e 2016) e encontrar qual modelo faz melhores previsões para essas raças e categorias de bovinos de corte em confinamento.

2. MATERIAIS E METODOS

Três experimentos foram conduzidos de fevereiro a dezembro de 2017, na Fazenda Experimental Capim-branco da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Uberlândia - MG.

No primeiro, período de 16/02 a 27/04/2017, foram utilizados 24 Touros da raça Senepol, não castrados com peso corporal inicial médio 368 kg e 16 meses de idade. No segundo (30/05 a 13/08/2017), 47 Touros da raça Nelore, não castrados com peso corporal inicial médio 413 kg e 19 meses de idade. E no terceiro estudo (2/10 a 22/12/2017) foram utilizados 24 Novilhas da raça Nelore com peso corporal inicial médio de 300 kg e 23 meses de idade. Todos os animais participaram de provas de eficiência alimentar para determinação do consumo alimentar residual – CAR.

Antes do início de cada experimento, os animais foram identificados com brincos, vacinados contra clostridiose e botulismo e preventivamente foi aplicado carrapaticida na forma de *pour on*.

Os animais em cada experimento foram alojados em duas baias parcialmente cobertas, equipadas com sistema eletrônico de alimentação *GrowSafe*[®], para mensuração do consumo individual dos animais (CMS observado). A oferta da dieta foi realizada duas vezes ao dia (8 e 14h), sendo ofertado a mesma quantidade nos dois horários.

Os animais permaneceram por 21 dias em adaptação, as dietas e as instalações do sistema eletrônico *GrowSafe*[®], para todos os experimentos. Sendo as dietas formuladas para atender as necessidades nutricionais dos animais para ganhos de 700g.dia⁻¹ no estudo das Novilhas e 1kg.dia⁻¹ para os estudos em Touros Nelore e Senepol, segundo o NRC (2000).

A dieta fornecida para o grupo Novilhas continha silagem de milho como volumoso (80%) e concentrado à base de fubá de milho (12,65%), farelo de soja (4%), ureia (0,35%) e mistura mineral (3%). A dieta dos Touros Nelore e Senepol incluía 60% silagem de milho, 28% fubá de milho, 8% farelo de soja, 1% ureia e 3 % mistura mineral.

No período de adaptação, os animais Touros Nelore e Senepol receberam dietas na proporção volumoso concentrado 80:20, 70:30 até atingir 60:40. Após esse período os animais eram pesados a cada 14 dias para ajustes nas quantidades fornecidas.

A silagem de milho utilizada em todos os experimentos foi ensilada na própria fazenda, a partir de plantações, em ponto de colheita, cortadas e advindas por terceiros. A composição química bromatológica média da silagem de milho dos experimentos foi 28,61% de matéria seca, 7,53% de proteína bruta, 2,14% de extrato etéreo e 50,51% de fibra em detergente neutro.

As amostras dos ingredientes das dietas totais foram amostradas a cada 14 dias, armazenadas em freezer e ao final do experimento foram descongeladas, secas e moídas em moinho de facas (Tipo Willey), peneira de 1mm, para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro ausente de cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (L), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), segundo metodologia descrita por Detmann et al. (2012). O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi obtido pela seguinte equação: $CNF = 100 - (PB + EE + FDN + MM)$ (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química percentual das dietas

Composição química percentual (%)	Dieta Novilhas	Dieta Touros Nelore e Senepol
	80:20	60:40
Matéria Seca	40,47	52,66
Matéria Mineral	3,77	3,41
Proteína Bruta	9,24	11,20
Extrato Etéreo	2,28	2,52
Fibra em Detergente Neutro	41,24	33,73
Fibra em Detergente Ácido	23,77	18,94
PIDN	1,18	1,32
PIDA	0,89	0,91
Lignina	1,87	1,85
Carboidratos não fibrosos	40,11	45,14

*PIDN = Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = Proteína insolúvel em detergente ácido.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado segundo a equação descrita no NRC (2000):

$$\text{NDT} = \text{PBD} + 2,25 \times \text{EED} + \text{FDNcpD} + \text{CNFD} - 7$$

em que, PBD: proteína bruta digestível (para alimentos volumosos: $\text{PBD} = \text{PB} \times \text{Exp}(-1,2 \times (\text{PIDA}/\text{PB}))$, para alimentos concentrados: $\text{PBD} = \text{PB} \times [1 - (0,4 \times \text{PIDA}/\text{PB})]$); EED: extrato etéreo digestível ($\text{EED} = \text{EE} - 1$); FDNcp: fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína digestível ($\text{FDNcpD} = 0,75(\text{FDNcp} - \text{L}) \times [1 - (\text{L} / \text{FDNcp})^{0,667}]$), CNFD: carboidratos não-fibrosos digestíveis ($\text{CNFD} = 0,98 \times \text{CNF} \times \text{FAP}$; em que FAP = fator de ajuste para processamento físico: Milho=1; Soja=1,04; Silagem=0,94) e 7 se refere ao NDT fecal metabólico.

Na intenção de comparar os valores estimados de NDT pelo NRC e BR-Corte, também foram utilizadas as equações propostas por Valadares Filho et al. (2010 e 2016):

$$\text{NDT} = \text{PBvd} + \text{CNFvd} + \text{FDNd} + 2,25 \times \text{EEvd} - \text{FMndt} \text{ (BR-CORTE, 2010)}$$

Onde:

PBvd é a fração verdadeiramente digestível da proteína bruta: $\text{PBvd} = 0,98 \times (\text{PB} - \text{PIDN}) + \text{Dv PBpc} \times \{\text{PIDN} \times [1 - e^{-(0,8188 + 1,1676 \times \text{PIDA})}]\}$; em que Dv PBpc é um fator de ajuste para proteína, no qual para vacas lactação em manutenção=0,71 e produção=0,67 e para crescimento e terminação em manutenção=0,88 e produção=0,84;

CNFvd é a fração verdadeiramente digestível dos CNF ($\text{CNFvd} = 0,95 \times \text{CNF}$);

FDNd é a fração digestível da FDN: $\text{FDNd} = \text{Dv} \times \{(\text{FDNcp} - \text{L}) \times [1 - (\text{L}/\text{FDNcp})^{0,85}]\}$, onde Dv segue a mesma regra do Dv PBpc ;

EEvd é a fração verdadeiramente digestível do EE: $\text{EEvd} = 0,86 \times \text{EE}$;

FMndt é a fração fecal para computo de NDT (para vacas lactação: manutenção=4,71 e produção=7,16 e para crescimento e terminação 4,72 e =7,13).

Na versão 2016 do BR-CORTE, utiliza-se a mesma fórmula de NDT da versão 2010, porém, com algumas modificações para a digestibilidade da proteína bruta (PBvd) e da Fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd).

Sendo a PBvd calculada da seguinte forma:

$$\text{PBvd} = \text{Dv PBcc} \times (\text{PB} - \text{PIDN}) + \text{Dv PBpc} \times \{\text{PIDN} \times [1 - e^{-(0,8188 + 1,1676 \times \text{PIDA})}]\}$$

no qual: Dv PBcc é 0,95 e Dv PBpc é 0,75 para qualquer categoria.

E a FDNpd com as seguintes equações, descritas abaixo, separando alimentos concentrados de forragem:

$$\text{Forragens FDNpd (F)} = 3,38 + 0,883 \times \text{FDNcp} - 0,834 \times \text{FDA} + 0,065 \times \text{FDA}^2 - 0,197 \times L;$$

Concentrados FDNpd (C) = $-1,19 - 10,16 \times D + 1,012 \times \text{FDNcp} - 0,052 \times \text{FDA}$;
 onde usa-se um fator de ajuste (D), D= 1 para fibra menor degradação (como por exemplo caroço de algodão e girassol) e D=0 para demais alimentos;

$$\text{FDNpd (dieta)} = (\text{FDNpd (F)} \times 0,5) + (\text{FDNpd (C)} \times 0,5)$$

Além de estimar a FDN indigestível da dieta:

$$\text{FDNi (dieta)} = \text{FDNcp (dieta)} - \text{FDNpd (dieta)}$$

Para geração das estimativas de energia líquida de manutenção (ELm) dos alimentos, assumiu-se os valores de NDT determinados pelo NRC (2000), utilizado para as predições de consumo de matéria seca pelo próprio sistema NRC.

A temperatura, umidade relativa do ar e eventos chuvosos, foram monitorados através de um termômetro digital, instalado próximo ao confinamento (Tabela 3). Essas informações do ambiente foram obtidas para o cálculo dos fatores de ajuste para ingestão de matéria seca proposto pelas equações do NRC (2000).

Tabela 3. Monitoramento da temperatura ambiente e umidade relativa do ar durante os períodos de teste.

	Período	Temperatura (° C)			Umidade Relativa do ar (%)		
		Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Touros Senepol	16/02 – 27/04/2017	10	25,09	34	30	64,43	96
Touros Nelore	30/05 – 13/08/2017	10	21,08	33	22	54,82	91
Novilhas Nelore	2/10 – 22/12/2017	18	26,32	36	22	54,92	91

*Mín: mínimo; Méd: médio; Máx: máximo.

As equações de predição do consumo de matéria seca utilizadas foram do NRC (2000), NRC (2016), BR-Corte (2010) e BR-Corte (2016). As variáveis mensuradas foram consumo alimentar individual de matéria seca, ganho médio diário, no qual os animais foram pesados em jejum alimentar de 16 horas no início e final do experimento.

Para determinação do consumo de matéria seca predito pelo sistema NRC (2000) foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{CMS} = ((\text{PCj}^{0,75} * (0,2435 \text{ ELM}_{(\text{dieta})} - 0,0466 \text{ ELM}_{(\text{dieta})}^2 - 0,0869)) / \text{ELM}_{(\text{dieta})} * \text{Fator de Correção (Table 10-4, NRC, 2000)})$$

PCj: peso corporal em jejum; Elm: energia líquida de manutenção da dieta.

A obtenção da energia líquida da dieta se deu através do valor de NDT estimado das dietas, partindo do pressuposto que 1 kg NDT equivale a 4,409 Mcal de energia digestível. Para conversão da energia digestível em metabolizável foi utilizado o fator 0,82 (NRC, 2016) e para obtenção da energia líquida de manutenção e ganho foi adotado as equações propostas por FOX et al. (2003) (NRC, 2016):

$$\text{ELm} = 1,37 * \text{Emet} - 0,138 * \text{Emet}^2 + 0,0105 * \text{Emet}^3 - 1,12$$

$$\text{ELg} = 1,42 \text{ Emet} + 0,174 \text{ Emet}^2 + 0,0122 \text{ Emet}^3 - 1,65$$

Elm: energia líquida de manutenção; ELg: energia líquida de ganho; Emet: energia metabolizável.

Para cálculo do consumo de matéria seca requerido pelo sistema NRC (2016) foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{CMSR (kg/dia)} = \text{Elm requerida (Mcal/dia)} / \text{Elm dieta (Mcal/kg MS dieta)} + \text{ELg requerida (Mcal/dia)} / \text{ELg dieta (Mcal/kg MS dieta)}$$

*Elm requerida: $0,0077 * \text{PCj}^{0,75}$; ELg requerida: $0,0635 * \text{EBW}^{0,75} * \text{EBG}^{1,0097}$, onde: $\text{EBW} = 0,891 * \text{PCj}$ e $\text{EBG} = 0,956 * \text{GMD}$.*

Porém, o comitê do NRC (2016), com base nos resultados por Anele et al. (2014), recomenda que as equações do NRC (2000) continuem sendo utilizadas para bovinos de corte em crescimento e terminação, uma vez que as várias equações e abordagens sugerem que não existem razões convincentes para escolher uma única equação. Recomendando ao usuário avaliar as várias equações em seus sistemas produtivos para determinar qual equação pode fornecer um ajuste consistentemente superior aos dados observados (NRC, 2016).

Para determinação do consumo de matéria seca predito pelo sistema BR-Corte (2010) foram adotados os modelos:

Novilhas e touros Nelore:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,7878 + 0,08789\text{PC}^{0,75} + 5,0487\text{GMD} - 1,6835\text{GMD}^2$$

Touros Senepol:

$$\text{CMS} = -2,6098 + 0,08844 * \text{PC}^{0,75} + 4,4672 * \text{GMD} - 1,3579 * \text{GMD}^2$$

PC: peso corporal; GMD: ganho médio diário.

Para cálculo do consumo de matéria seca predito pelo sistema BR-Corte (2016) foram empregados os modelos abaixo:

Novilhas e touros Nelore:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,303 + 0,0029*\text{NC} - 0,00005*\text{NC}^2 + 0,0843*\text{PC}^{0,75} + 2,243*\text{GMD} - 0,271*\text{GMD}^2$$

Touros Senepol:

$$\text{CMS} = -4,8196 + 0,0081 * \text{NC} - 0,00011 * \text{NC}^2 + 0,1239 * \text{PC}^{0,75} + 2,8189 * \text{GMD} - 0,775 * \text{GMD}^2$$

PC: peso corporal; GMD: ganho médio diário; NC: nível de concentrado.

A avaliação da exatidão das estimativas do consumo de matéria seca pelos sistemas nutricionais foi ajustada pelo modelo de regressão linear simples dos valores observados (variável dependente) sobre valores preditos (variável independente) e os testes estatísticos foram conduzidos sob as seguintes hipóteses: $H_0: \beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$ X H_1 : não H_0 .

No caso de não-rejeição da hipótese de nulidade, foi concluído pela similaridade entre valores preditos e observados. Nos quais, os valores preditos foram plotados no eixo X, enquanto que os valores observados no eixo Y, conforme preconizado por Tedeschi (2006). A avaliação comparativa da eficiência de predição entre os sistemas nutricionais foi feita através da avaliação e decomposição do quadrado médio dos erros de predição (QMEP), segundo protocolos descritos por Kobayashi e Salam (2000).

A verificação do QMEP também foi avaliada em caso de rejeição da hipótese de nulidade, possibilitando inferir sobre a proximidade dos valores preditos dos valores observados.

As análises estatísticas de cada categoria animal e sistema nutricional foram realizadas no programa Model Evaluation System (MES) (TEDESCHI, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente estudo, decidimos por utilizar as equações do NRC, somente da sétima edição (NRC, 2000), e não as equações da oitava edição (NRC 2016), uma vez que, o comitê do NRC (2016) recomenda que tanto a equação proposta na publicação 2000, como o método proposto por Anele et al. (2014), no NRC (2016), possam ser utilizados para estimar CMS em bovinos de corte em crescimento e terminação. Sendo que a decisão sobre qual equação usar vai depender de qual equação que melhor se ajuste ao sistema de produção.

Os valores de consumo de matéria seca mínimo, médio e máximo, observado e predito pelos sistemas nutricionais NRC (2000), BR-Corte (2010) e BR-Corte (2016) nos experimentos com novilhas Nelore, touros da raça Nelore e touros da raça Senepol estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo de matéria seca mínimo, médio e máximo, observado e predito ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelos sistemas nutricionais NRC (2000) e BR-Corte (2010 e 2016) em cada categoria animal.

Novilhas Nelore					
	Observado	N	NRC 2000	Predito	
				BR Corte 2010	BR Corte 2016
Mínimo	5,32	24	5,39	4,68	5,05
Médio	8,06	24	6,38	6,44	6,50
Máximo	9,42	24	7,27	7,74	7,63
Touros Nelore					
	Observado	N	NRC 2000	Predito	
				BR Corte 2010	BR Corte 2016
Mínimo	8,80	47	7,22	8,64	8,77
Médio	11,54	47	8,30	9,67	10,18
Máximo	15,54	47	9,50	10,84	11,63
Touros Senepol					
	Observado	N	NRC 2000	Predito	
				BR Corte 2010	BR Corte 2016
Mínimo	7,48	24	6,61	8,49	8,89
Médio	10,33	24	7,27	9,69	10,12
Máximo	12,56	24	9,26	11,99	13,49

N: número de animais analisados.

O consumo de matéria seca médio observado nas novilhas Nelore foi de $8,06 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ (Tabela 4), valor superior aos valores preditos pelos sistemas nutricionais. Os modelos do NRC e BR-Corte (2010 e 2016) subestimaram o CMS em 20,84, 20,09 e 19,35%. Os valores de CMS observado também ficaram acima dos valores encontrados na literatura. Marcondes et al. (2008), verificaram CMS médio de $7,61 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ para novilhas da raça zebuína em

confinamento, com peso corporal inicial médio de 258 kg e dieta com 75% de volumoso, silagem de milho, e concentrado, a base de milho moído, farelo de soja, ureia e minerais. Valadares Filho et al. (2016) também identificaram CMS mais baixo em relação ao presente estudo, sendo verificado CMS médio de 6,56 kg.dia⁻¹ e CMS máximo de 7,22 kg.dia⁻¹ para novilhas de raças zebuínas em confinamento, com peso corporal inicial médio de 305 kg e ganho médio de 0,7 kg.dia⁻¹.

Os maiores valores de CMS observado no corrente estudo podem ter sido ocasionados, devido às novilhas terem apresentado ganho compensatório, uma vez que, estes animais, antes de iniciarem o experimento, estavam sendo alimentadas com pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, na época seca, e suplementação proteica de 0,1% peso corporal (PC), o que pode ter ocasionado restrição alimentar quantitativa e qualitativa, aumentando assim o consumo de matéria seca durante o período do confinamento. De fato, estudos conduzidos por Aferri (2007) e Barbosa et al. (2016) também identificaram maior consumo em animais que apresentaram ganho compensatório, o que pode ser explicado pelo aumento nos índices de crescimento devido a energia excedente, proveniente de dietas energéticas, e inferior exigência nutricional de manutenção do animal, conforme sua idade, categoria, sexo e outros fatores que influenciem diretamente no tamanho do trato gastrointestinal, metabolização do fígado e absorção dos nutrientes, permitindo que o animal alcance tamanho ou peso corporal similar ao de animais que não tenham sofrido nenhuma restrição alimentar.

Apesar de conhecer que os bovinos em ganho compensatório apresentam maior ingestão de matéria seca, nenhum dos sistemas nutricionais (NRC, BR-Corte) inclui nos modelos de predição de consumo, fator de ajuste para incorporar o efeito do crescimento compensatório, sendo necessário serem conduzidos mais estudos no sentido de quantificar esse aumento para que possa ser incorporados aos modelos.

Os touros Nelore tiveram consumo de matéria seca médio observado de 11,54 kg.dia⁻¹ (Tabela 4). Os valores preditos pelo NRC e BR-Corte (2010 e 2016) subestimados o CMS em 28,07 %, 16,20 % e 11,78 %, respectivamente. Marcondes et al. (2008) verificaram consumo de 8,41 kg MS.dia⁻¹ para touros nelores não castrados, corroborando com os valores encontrados por Rubiano et al. (2009). Também, em estudo, Marcondes et al. (2011) avaliando o CMS em tourinhos cruzados Nelore/Angus, Nelore/Simental e Nelore alojados em baias individuais e alimentados com diferentes proporções volumosos:concentrados (59:41 e 25:75) verificaram valores de 10,32, 9,38 e 8,32 kg MS.dia⁻¹, respectivamente.

O consumo de matéria seca médio observado nos touros da raça Senepol foi de 10,33 kg.dia⁻¹, sendo que os sistemas NRC (2000), Br-Corte (2010) e (2016) subestimaram o CMS

em 29,62 %, 6,19% e 2,03 %, respectivamente (Tabela 4). Valores semelhantes de CMS observado no presente estudo, foram encontrados por Guimarães (2016), ao avaliarem associações entre o consumo alimentar residual (CAR) e características de comportamento ingestivo em bovinos Senepol, alimentados com silagem de milho, feno de brachiária, milho moído, farelo de soja e mineral, sendo verificado CMS médio para animais mais eficientes (CAR negativo) de 10,9 kg MS.dia⁻¹ e para os animais menos eficiente (CAR positivo) de 12,3 kg MS.dia⁻¹.

Nos três ensaios experimentais conduzidos com as novilhas Nelore, touros da raça Nelore e da raça Senepol, foi identificado CMS acima dos valores observados na literatura, o que pode ter sido ocasionado pelo fornecimento *ad libitum* das dietas, durante o confinamento. De fato, Berchielli et al. (2011) afirma que o acesso ao alimento, em sistemas de confinamento, altera o consumo, em que o incremento do tempo de acesso ao alimento e a frequência de refeições aumentam o CMS de 20% a 80%, dependendo do tipo de alimento oferecido.

Com relação ao ganho médio diário (GMD), os touros da raça Senepol tiveram desempenho numericamente superior aos touros Nelore (Tabela 5).

Tabela 5: Dias de mensuração do consumo, peso corporal mensurados no início e no final do experimento e ganho médio diário dos bovinos confinados.

Categoria	Dieta	Dias de mensuração	PCI	PCF	GMD
Novilhas Nelore	80:20	66	305	347	0,634
Touros Nelore	60:40	74	403	528	1,68
Touros Senepol	60:40	72	393	526	1,86

*PCI: Peso corporal inicial médio em jejum de 16 horas de sólido; PCF: Peso corporal final médio em jejum de 16 horas de sólido; GMD: Ganho médio diário.

Além de que, tantos os animais Nelore como Senepol foram capazes de ganhar 0,680 kg e 0,860 kg, respectivamente, de peso superior ao estimado (1 kg.dia⁻¹). Fato este, que pode ser explicado pelo potencial genético desses animais, também participantes de prova de desempenho e eficiência alimentar. Já as novilhas, apresentaram ganhos dentro do esperado de 700 g.dia⁻¹. Com efeito, outros estudos desenvolvidos para mensurar GMD em bovinos de corte da raça Nelore identificaram desempenhos inferiores aos obtidos no presente estudo. Fernandes et al. (2004) ao avaliar o desempenho de 36 garrotes da raça Nelore, em dietas com 50% de silagem pré-seca de *coast-cross*, observaram ganhos de peso de 1,12 kg.dia⁻¹. Paulino

et al. (2008) em trabalho com machos e fêmeas da raça Nelore, em dieta composta por silagem de milho, milho moído fino, farelo de algodão 42%, ureia:sulfato de amônio (9:1), calcário calcítico, cloreto de sódio e mistura mineral, em níveis crescentes de concentrado, de forma que ao final do teste foi ofertado 1,2 % PC, os machos inteiros tiveram ganhos de peso de 0,83 kg.dia⁻¹, machos castrados 0,69 kg.dia⁻¹ e fêmeas 0,66 kg.dia⁻¹.

Também, outros estudos realizados para mensurar GMD em bovinos de corte da raça Senepol verificaram desempenhos inferiores aos obtidos no presente trabalho (Tabela 5). Guimarães (2016) ao avaliar touros da raça Senepol, com peso inicial 321 kg, idade média de 16 meses e alimentados com silagem de milho, em proporção volumoso:concentrado 60:40, encontrou ganhos médios diários de 1,37 kg.dia⁻¹.

Segundo Valadares Filho et al. (2016) para que os índices de produtividade do país possam continuar aumentando, é necessária a constante atualização e validação dos conhecimentos gerados na pesquisa, fazendo com que o maior número de fontes de variação possam ser conhecidas e consideradas nos modelos de predição de consumo. Os autores ainda afirmam que, neste sentido, a seleção de indivíduos geneticamente superiores na eficiência alimentar torna-se uma necessidade urgente de ser implementada aos modelos de predição da ingestão. Para Berchielli et al. (2011), quanto maior a produção do animal, maior é a demanda por nutrientes e, conseqüentemente, a ingestão de matéria seca aumenta. Assim, com o avanço das tecnologias e a seleção genética dos animais podemos ressaltar a influência do potencial genético no consumo de matéria seca. Tais informações que podem justificar o consumo observado dos touros Nelore e Senepol superior ao consumo predito pelos sistemas nutricionais (Tabela 4), colaborando para discussões de que possivelmente pode existir falta de ajustes nos modelos para o potencial genético dos animais avaliados, aos quais apresentam aumento no CMS, com objetivo de alcançar ganhos de pesos superiores aos preconizados (Tabela 5), devido sua expressão genética. Sendo necessário assim conduzir maiores estudos para que novos ajustes sejam incorporados aos modelos.

Com objetivo de comparar o consumo de matéria seca observado com o predito pelos sistemas nutricionais BR-Corte e NRC e encontrar qual sistema faz melhores predições de consumo de matéria seca para bovinos de corte da raça Nelore e Senepol, foram testados as hipóteses para o intercepto (a) igual a zero e a inclinação (b) igual a um, segundo Neter et al. (1996) (Tabela 6). Desta forma, as análises de regressão indicaram que a inclinação (B) não foi diferente de um ($P > 0,01$), e o intercepto (a) também não foi diferente de zero ($P > 0,01$), para as diferentes categorias animais, o que indica que, de fato, os modelos tenderam a ser

paralelos às linhas $Y = X$, concluindo que houve similaridade entre os valores preditos e observados.

Tabela 6. Análise de regressão dos valores de consumo de matéria seca observados e preditos pelos sistemas NRC (2000) e BR-Corte (2010 e 2016) para Novilhas Nelore, Touros Nelore e Touros Senepol

Novilhas Nelore							
Sistema	R ² a	a	B	EPM	Valor P ¹ (Ho: a = 0)	Valor P ² (Ho: b = 1)	Valor P ³ (ambas)
NRC 2000	0,269	1,274	1,063	0,854	0,600	0,867	<0,001
BR-Corte 2010	0,347	3,317	0,737	0,763	0,027	0,236	<0,001
BR-Corte 2016	0,338	2,369	0,876	0,774	0,180	0,641	<0,001
Touros Nelore							
NRC 2000	0,180	2,272	1,116	1,641	0,447	0,746	<0,001
BR-Corte 2010	0,076	4,107	0,769	1,847	0,294	0,566	<0,001
BR-Corte 2016	0,266	1,450	0,992	1,468	0,566	0,974	<0,001
Touros Senepol							
NRC 2000	0,057	6,963	0,463	1,232	0,026	0,195	<0,001
BR-Corte 2010	0,064	6,314	0,415	1,223	0,067	0,097	<0,001
BR-Corte 2016	0,066	7,362	0,293	1,221	0,01	0,01	<0,001

R²a = coeficiente de determinação ajustado; a= intercepto; B=inclinação; EPM=erro padrão da média; Valor P= probabilidade de significância a 1%; Valor P³ = probabilidade de significância a 1% de a=0 e B=1, simultaneamente.

Segundo Tedeschi (2006), a estimativa de regressão do coeficiente de determinação (r^2) é um bom indicador de precisão, quanto maior o r^2 , maior a precisão, e as estimativas de regressão do intercepto e da inclinação são bons indicadores de acurácia, em que quanto mais perto de zero e da unidade, respectivamente, maior será a acurácia. Ao observarmos os comportamentos dos resultados podemos inferir que os modelos apresentaram boa acurácia, porém, baixa precisão. Ainda segundo Tedeschi (2006), a acurácia mede quão próximos os valores previstos do modelo são para os valores verdadeiros e a precisão mede quão próximos os valores previstos estão dos valores dos modelos. Em outras palavras, acurácia é a capacidade do modelo de prever os valores e a precisão é a capacidade do modelo para prever valores semelhantes de forma consistente.

Ao observarmos os valores de R² (Tabela 6) podemos verificar que os modelos foram capazes de explicar de 5% a 35% das variações entre os valores observados e preditos. No entanto, é errôneo dizer que um R² próximo de zero não indica correlação entre os valores observado e preditos, pois pode ser que essa relação seja curvilínea (TEDESCHI, 2006).

Sendo ideal para esses casos, submeter os dados a decomposição do quadrado médio dos erros de predição (QMEP), segundo protocolos descritos por Kobayashi e Salam (2000).

Portanto, estas análises indicaram que estes modelos foram adequados e poderiam ser usados para prever o consumo de matéria seca, de novilhas e touros da raça Nelore e touros da Raça Senepol, para um determinado desempenho animal, mas é necessário incorporar alguns ajustes aos modelos para estimar os valores verdadeiros.

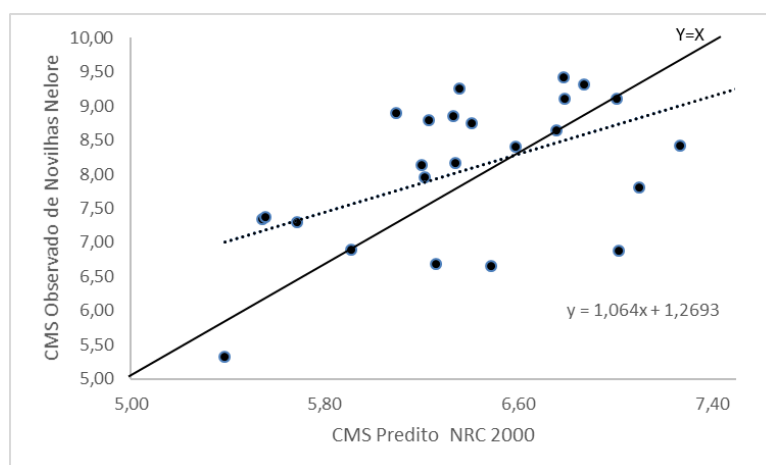


Figura 6 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo NRC (2000) para Novilhas da raça Nelore

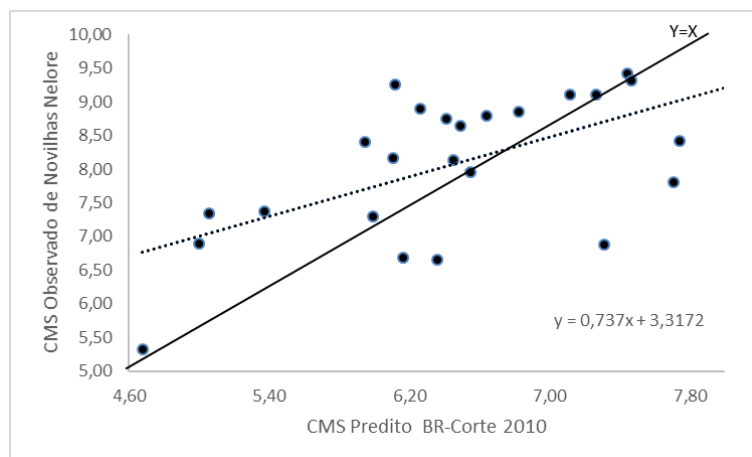


Figura 7 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2010) para Novilhas da raça Nelore

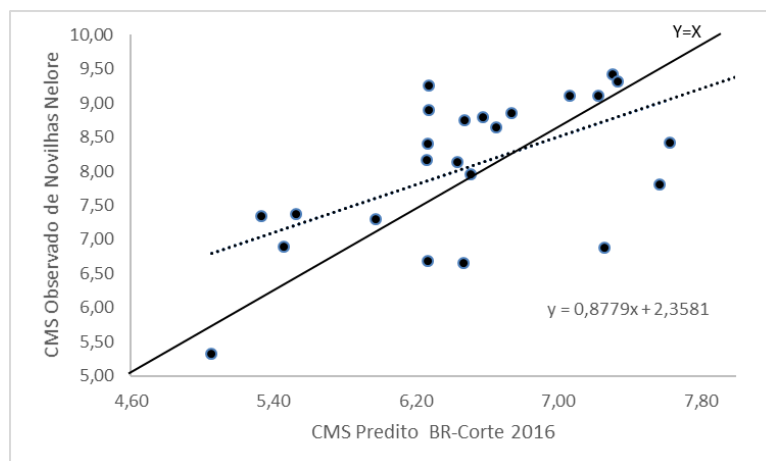


Figura 8 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2016) para Novilhas da raça Nelore

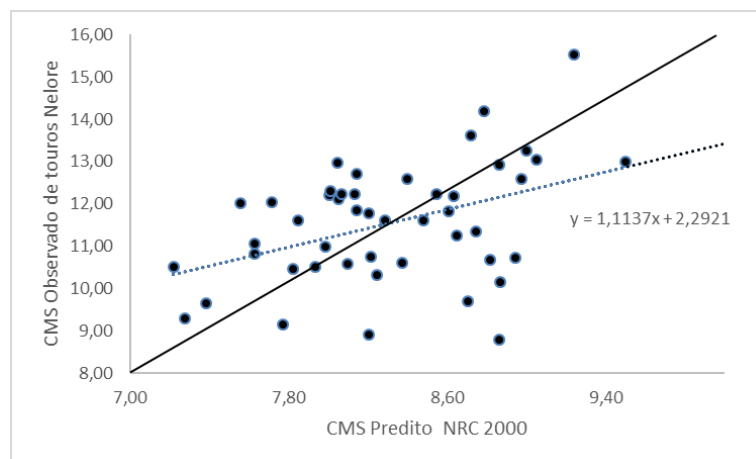


Figura 9 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo NRC (2000) para Touros da raça Nelore

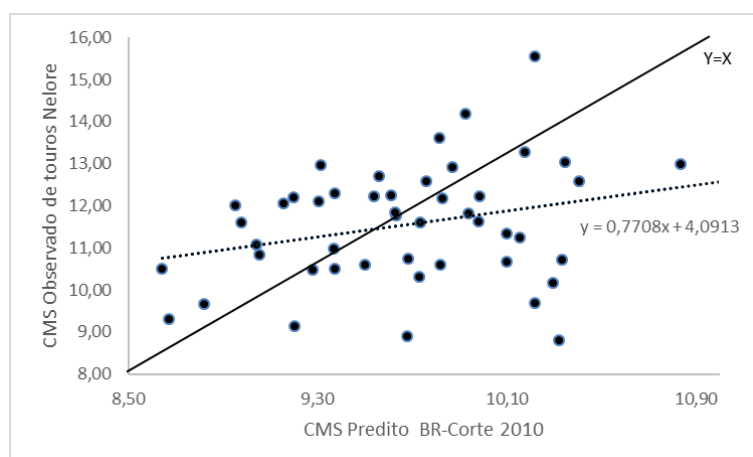


Figura 10 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2010) para Touros da raça Nelore

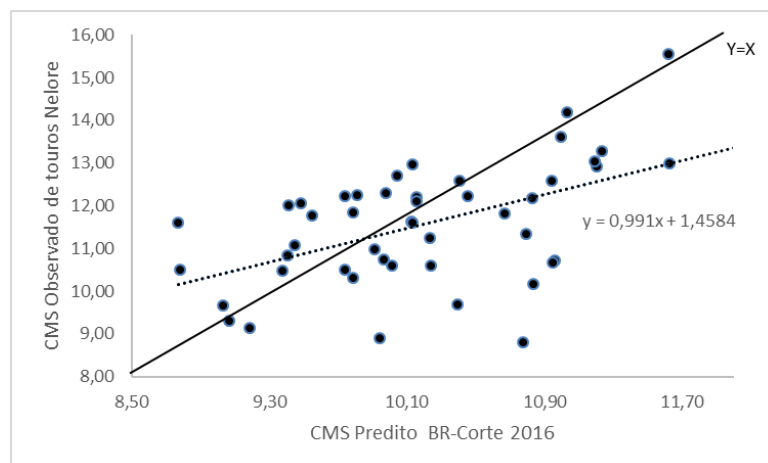


Figura 11 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2016) para Touros da raça Nelore

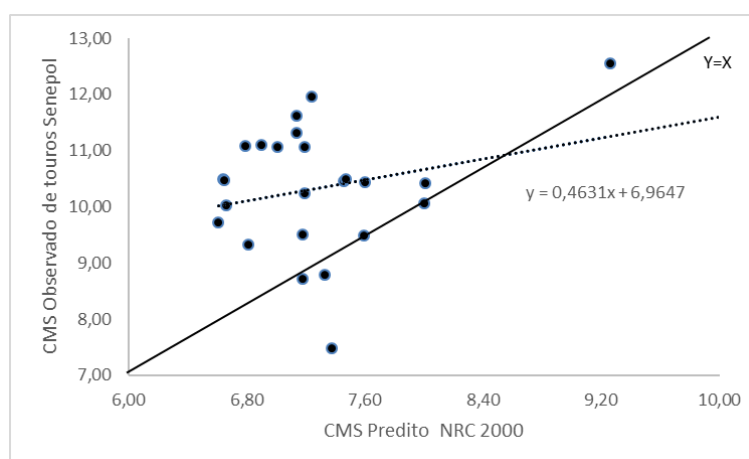


Figura 12 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo NRC (2000) para Touros da raça Senepol

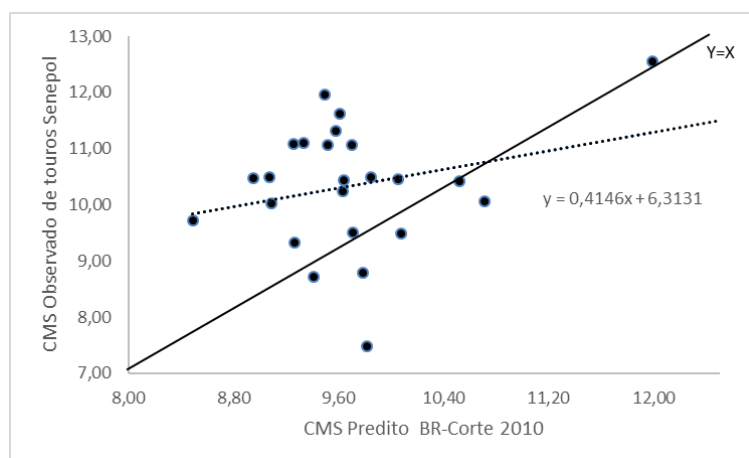


Figura 13 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo BR-Corte (2010) para Touros da raça Senepol

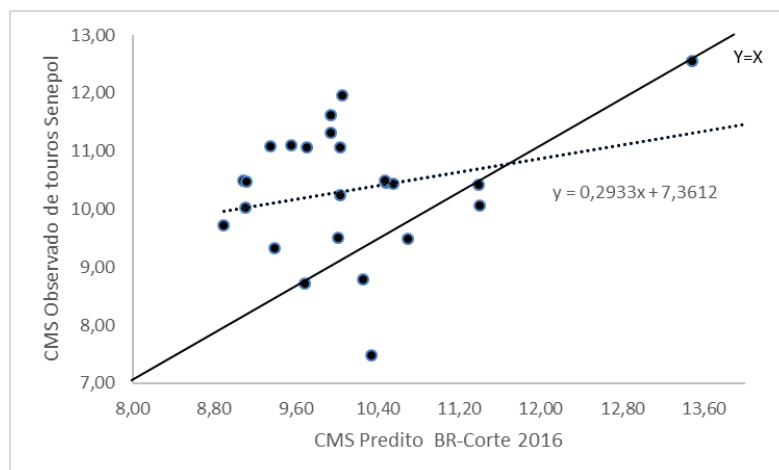


Figura 14 - Relações entre os consumos observados e preditos pelo e BR-Corte (2016) para Touros da raça Senepol

Conforme preconizado por Tedeschi (2006) e Kobayashi e Salam (2000) a verificação do QMEP possibilita inferir sobre a proximidade dos valores preditos dos valores observados, o ideal é que seja verificado menores estimativas do QMEP. Porém, vários outros critérios para comparar os modelos matemáticos foram analisados por diversos autores (COCHRAN e COX, 1957; LOAGUE e GREEN, 1991; NETER et al., 1996; BURNHAM e ANDERSON, 2002), e descritos por Tedeschi (2006), para a avaliação dos modelos, dentre eles decomposição do QMEP, *Mean bias*, coeficiente de determinação resistente, eficiência de modelagem e coeficiente de determinação do modelo.

Tabela 7 - Análise do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição para Novilhas Nelore.

	NRC 2000	BR-Corte 2010	BR-Corte 2016
QMEP	3,59	3,38	3,16
Variância do QMEP	6,7	6,03	5,24
Desvio Padrão do QMEP	2,59	2,45	2,28
Coeficiente de Variação do QMEP (%)	72,04	72,49	72,35
Raiz Quadrada do QMEP	1,89	1,84	1,77
Mean bias	1,67	1,62	1,56
CD	0,35	0,32	0,37
MEF	-2,35	-2,16	-1,95
CCC (rc+-SE)	0,13	0,23	0,21
Cb (bias correction)	0,26	0,40	0,36
Decomposição do QMEP			
Desvio médio (%)	78,19	77,95	77,35
Desvio sistemático (%)	0,03	1,39	0,23
Erros aleatórios (%)	21,77	20,66	22,42

QMEP = Decomposição do quadrado médio dos erros de predição; Mean bias = tendência média entre os dados; CD = Coeficiente de determinação do modelo; MEF = eficiência de modelagem; CCC = Coeficiente de correlação e concordância; Cb = Fator de correção do viés.

Na tabela 7, podemos observar o QMEP e sua decomposição para as Novilhas Nelore. Os valores do QMEP foram baixos, indicando haver aproximação dos valores preditos aos valores observados, para ambos os modelos, sendo preferencialmente o BR-Corte 2016 mais adequado para este critério. Igualmente, o menor desvio médio também foi identificado nos modelos BR-Corte 2010 e 2016, sendo que para o BR-Corte 2016 a maioria dos erros associados ao modelo foram aleatórios, indicando a necessidade de maiores avaliações para garantir que não haja falta de ajuste.

Ao observarmos os valores de *Mean bias* podemos inferir que ambos os valores preditos e observados apresentam-se em espalhamento, porém dentre eles o BR-Corte 2016 possui melhor uniformidade. *Mean bias*, é a tendência média, calculada pela diferença média entre os valores observados e valores preditos pelo modelo (COCHRAN E COX, 1957), no qual um modelo matemático pode apresentar uma estimativa menor de tendência se os pontos de dados estiverem uniformemente espalhados em torno da linha $Y = X$ (TEDESCHI, 2006).

O coeficiente de correlação e concordância (CCC) é a avaliação da validade do modelo e se os valores preditos são precisos e acurados ao mesmo tempo em um intervalo ou ao longo da linha de tendência linear de origem, o ideal é que os valores sejam altos e próximos a 0,9. Onde o componente p (coeficiente de correlação) mensura a precisão do modelo e C_b (fator de correlação de viés) indica até que ponto a linha de regressão se desvia do declive da unidade (45°), variando sempre de 0 a 1, no qual $C_b = 1$, indica nenhum desvio da linha $Y = X$ (TEDESCHI, 2006). Ao observarmos os valores de CCC (Tabela 7) podemos inferir que houve simultaneamente baixa precisão e acurácia dos resultados, em que a linha de regressão se desvia do declive ($C_b < 1$). Concluindo assim, que para Novilhas Nelore os modelos sugeridos pelo BR-Corte 2010 e 2016 são mais adequados que os modelos do NRC.

Na tabela 8, podemos observar os valores de QMEP e sua decomposição para os touros da raça Nelore, em que o modelo BR-Corte 2016 apresentou melhor ajuste em relação ao NRC e ao BR-Corte 2010, uma vez que possui menores valores para QMEP, em relação aos demais.

Ao observarmos a decomposição do QMEP (Tabela 8), o modelo BR-Corte 2016 apresentou também menor desvio sistêmico (0,001), maior erro aleatório (42,91), *Mean bias* (1,36) com valores mais uniformemente espalhados e CCC (0,24) que possibilitou inferir simultaneamente uma baixa precisão e acurácia dos resultados, em que a linha de regressão se desvia do declive, com menor intensidade que os demais modelos ($C_b = 0,46$). A variação total dos dados observados também apresentou melhor previsão ($CD = 0,8$). Concluindo

assim, que para Touros Nelore o modelo sugerido pelo BR-Corte 2016 é mais adequado que os modelos do NRC e BR-Corte 2010.

Tabela 8 - Análise do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição para Touros Nelore.

	NRC 2000	BR-Corte 2010	BR-Corte 2016
QMEP	12,04	5,29	3,27
Variância do QMEP	64,61	29,57	10,07
Desvio Padrão do QMEP	8,03	5,43	3,17
Coeficiente de Variação do QMEP (%)	66,71	102,67	96,92
Raiz Quadrada do QMEP	3,47	2,3	1,8
Mean bias	3,23	1,87	1,36
CD	0,17	0,51	0,8
MEF	-5,29	-1,76	-0,71
CCC (rc+-SE)	0,05	0,07	0,24
Cb (bias correction)	0,12	0,24	0,47
Decomposição do QMEP			
Desvio médio (%)	86,93	66,36	57,09
Desvio sistemático (%)	0,03	0,25	0,001
Erros aleatórios (%)	13,04	33,39	42,91

QMEP = Decomposição do quadrado médio dos erros de predição; Mean bias = tendência média entre os dados; CD = Coeficiente de determinação do modelo; MEF = eficiência de modelagem; CCC = Coeficiente de correlação e concordância; Cb = Fator de correção do viés.

A verificação do QMEP e sua decomposição para Touros da raça Senepol (Tabela 9) possibilitou inferir sobre a proximidade dos valores preditos pelos modelos BR-Corte 2010 e 2016 e os valores observados, os quais apresentaram melhor ajuste em relação ao NRC, uma vez que tiveram menores valores de QMEP. Surpreendentemente os valores preditos pelo NRC, criado a partir de banco de dados com animais *Bos Taurus*, apresentou maior distanciamento dos valores preditos e observados (QMEP = 10,59), sendo que era esperado maior precisão dos modelos NRC para esta categoria e raça animal.

Ao observarmos a decomposição do QMEP para os animais da raça Senepol (Tabela 9), o modelo sugerido pelo BR-Corte 2016 apresentou baixíssimo desvio médio (2,62%), afirmando que os valores estavam dentro de um intervalo conhecido e o modelo apresentou bom ajuste, com a maioria dos erros associados aos erros aleatórios (69,11%). O *Mean bias* (0,2), CCC (0,25) e Cb (0,97) foram capazes de justificar o modelo BR-Corte 2016, como o de melhor precisão em que, os valores ficaram bem uniformes, simultaneamente com maior precisão e acurácia, e houve pouco desvio da linha $Y = X$.

Tabela 9 - Análise do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e sua decomposição para Touros Senepol.

	NRC 2000	BR-Corte 2010	BR-Corte 2016
QMEP	10,59	1,68	1,62
Variância do QMEP	39,18	3,04	3,04
Desvio Padrão do QMEP	6,26	1,74	1,74
Coefficiente de Variação do QMEP (%)	59,05	103,66	107,69
Raiz Quadrada do QMEP	3,25	1,29	1,27
Mean bias	3,06	0,64	0,2
CD	0,12	1,39	1,25
MEF	-7,85	-0,40	-0,35
CCC (rc+-SE)	0,03	0,18	0,25
Cb (bias correction)	0,12	0,72	0,97
Decomposição do QMEP			
Desvio médio (%)	88,48	24,35	2,63
Desvio sistemático (%)	0,86	9,11	28,26
Erros aleatórios (%)	10,65	66,54	69,11

QMEP = Decomposição do quadrado médio dos erros de predição; Mean bias = tendência média entre os dados; CD = Coeficiente de determinação do modelo; MEF = eficiência de modelagem; CCC = Coeficiente de correlação e concordância; Cb = Fator de correção do viés.

O coeficiente de determinação do modelo para touros Senepol indicou superior previsão dos sistemas BR-Corte 2010 e 2016 (CD = 1,39 e 1,25), uma vez que segundo Tedeschi (2006), o ideal é CD = 1. Portanto, a partir de todos os critérios, concluímos que para Touros da raça Senepol o modelo sugerido pelo BR-Corte 2016 é mais adequado que os modelos do NRC e BR-Corte 2010.

Segundo Valadares Filho et al. (2006) as equações do NRC são inadequadas para prever o consumo de matéria seca de bovinos de corte em confinamento quando alimentados em condições tropicais, independentemente do grupo racial, taxa de ganho de peso e sexo. Porém, os fatores que controlam o consumo de alimentos são complexos, verdadeiramente multifatoriais e não existe um consenso de como os ruminantes regulam esta importante atividade (BERCHIELLI et al., 2011). As interações entre esses numerosos fatores são os principais responsáveis pela falta de precisão das equações de predição de CMS (MCMENIMAM et al., 2009). Ainda segundo Tedeschi (2006), os modelos são representações da realidade, eles nunca poderão transmitir totalmente a realidade sob todas as condições.

Assim, para este trabalho, os modelos propostos pelo BR-Corte 2010 e 2016 foram mais adequados para estimar CMS em novilhas e touros da raça Nelore, pois foram desenvolvidos com banco de dados de bovinos *Bos indicus*, e alimentados com forrageiras tropicais. E podemos constatar que os modelos propostos pelo BR- Corte também são mais

adequados para estimar o consumo de touros da raça Senepol, uma vez que, mesmo sendo classificados como *Bos taurus*, são animais bem adaptados as condições climáticas do Brasil.

Ademais, as equações propostas pelo BR-Corte são mais fáceis de serem utilizadas quando comparadas às equações propostas pelo NRC, pois necessitam apenas das informações de peso corporal, ganho médio diário e no caso das equações propostas pelo BR-Corte 2016, incluem também o nível de concentrado (NC) da dieta. Todas essas variáveis são fáceis de serem obtidas. No entanto, os modelos propostos pelo NRC, envolvem a utilização de informações de energia líquida da dieta e requerida para o animal, o que demanda maiores esforços para sua obtenção.

Segundo Ribeiro et al. (2012) ao avaliarem a predição de CMS pelos sistemas CNCPS 5.0, NRC e BR-Corte, de 44 animais das raças Nelore PO (Puro de origem), Nelore LA (livro aberto), Tabapuã PO e Guzerá PO, com peso corporal inicial médio de 394, 348, 346 e 340 kg, respectivamente, idade inicial média de 13 meses e alimentandos com relação volumosos e concentrado 30:70, durante 84 dias, puderam concluir que os sistemas apresentaram subpredição do CMS, não se mostrando adequados para predizer o consumo de matéria seca em tourinhos zebuínos confinados. Apesar dos consumos médios observados ($8,85 \text{ kg.dia}^{-1}$) serem próximo àqueles preditos pelos sistemas (CNCPS: 7,85, NRC: 8,29, Br-Corte 8,58), acreditam que a diferença possa estar relacionada com a elevada dispersão dos dados observados em relação aos dados preditos.

Rezende et al. (2011) ao avaliarem as predições de CMS dos sistemas NRC e CNCPS para mestiços (Holandês/Zebu) concluíram que os todos não foram eficientes na predição da ingestão de matéria seca de bovinos alimentados com 80% de concentrado na dieta. Já Machado Neto et al. (2010) ao avaliarem o CMS de novilhos Nelore e Red Norte e compararem os valores preditos pelos NRC (2000), CNCPS 5.0 e BR-Corte, recebendo 50% de concentrado na dieta, encontraram CMS médio de $10,66$ e $10,44 \text{ kg.dia}^{-1}$, respectivamente, e os sistemas NRC, CNCPS e BR-Corte subestimaram o consumo de matéria seca, entretanto com menores diferenças entre o consumo observado e o predito para animais mestiços. Interpretação esta similar aos resultados encontrados neste estudo para a raça Senepol.

Kleijnen et al. (1998) afirmaram que as suposições rigorosas exigem que um modelo matemático seja válido desde que os valores observados e previstos pelo modelo tiverem meios idênticos, variações idênticas, e estão positivamente correlacionadas. Infelizmente, essas condições raramente conseguem ser contempladas pelos modelos matemáticos usados em condições práticas. Segundo Suarez (2014) o correto seria desenvolver equações de

predição de CMS específicas para cada sistema de produção, as quais deveriam responder pela maior parte da variação no CMS, quando comparadas a uma equação generalizada.

Adicionalmente aos objetivos do estudo, foram feitas comparações dos valores de teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) calculados com as equações do NRC e BR-Corte. Sabemos das dificuldades em se determinar coeficientes de digestibilidade para quantificar o valor energético dos alimentos e dietas, sendo, portanto, utilizado equações propostas por diferentes sistemas nutricionais, sendo as principais do NRC e BR-Corte.

Tabela 10. Composição de NDT dos alimentos e da dieta estimados pelas equações sugeridas NRC (2000), BR-Corte (2010) e BR-Corte (2016).

NDT percentual (%)	Silagem de Milho	Fubá de Milho	Farelo de Soja	*Concentrado 60:40	Dieta 60:40	**Concentrado 80:20	Dieta 80:20
NRC (2000)	67,52	86,88	76,12	77,12	71,36	70,42	68,10
BR-Corte (2010)	76,39	86,57	76,54	75,12	75,76	68,77	74,81
BR-Corte (2016)	69,31	87,49	72,91	81,38	74,20	73,51	69,70

*Percentual de NDT somente em concentrados da dieta 60:40; **Percentual de NDT somente em concentrados da dieta 80:40.

Ao calcularmos o teor de NDT dos alimentos e das dietas, por meio das equações sugeridas pelo NRC (2000) e BR-Corte (2010 e 2016) (Tabela 10), podemos observar uma aproximação dos valores. No entanto, os valores estimados de NDT pelo NRC para as dietas 60:40 e 80:20 foram numericamente inferiores aos do BR-Corte, o que pode ser explicado pela inclusão das correções para alimentos fibrosos nos modelos do BR-Corte 2016, como a separação em equações distintas para cálculo da digestibilidade da FDN_{pd} de concentrados e volumosos, além da estimação do teor de FDN indigestível, através da utilização de valores de lignina e FDA. Tais modificações, podem sugerir melhor ajuste das predições de NDT através das equações do BR-Corte (2016).

Magalhães et al. (2010), Azevêdo et al. (2011), Sampaio et al. (2012) também evidenciaram que o sistema adotado pelo NRC (2000), não tiveram boa eficiência na predição de NDT quando obtidos em condições tropicais, o que compromete sua aplicação efetiva, principalmente com alimentos volumosos.

4. CONCLUSÃO

Os modelos para predição do consumo de matéria seca em bovinos propostos pelos sistemas NRC (2000), BR-Corte 2010 e 2016 foram adequados para estimar o consumo de matéria seca das diferentes categorias e raças de bovinos, porém o BR-Corte (2016) se apresenta mais adequado que os demais modelos pela sua maior precisão e acurácia.

5. REFERÊNCIAS

- AFERRI, G. Exigências de energia e proteína e composição do ganho em peso compensatório de novilhos Nelore por meio do indicador óxido de deutério. 2007. 98f. **Tese** (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-08022008.../DO1051340.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2018.
- ANELE, U. Y.; DOMBY, E. M.; GALYEAN, M. L. Predicting dry matter intake by growing and finishing beef cattle: Evaluation of current methods and equation development. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2660-2667, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24867938>>. Acesso em: 27 mar. 2017.
- AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; OLIVEIRA, K. A. M.; FERNANDES, H. J.; SOUZA, N. K. P. Predição das frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 39, p. 1-402, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n2/22.pdf>>. Acesso 25 de nov. 2018.
- BARBOSA, F. A.; BICALHO, F. L.; GRAÇA, D. S.; MAIA FILHO, G. H. B.; AZEVEDO, H. O.; LEÃO, J. M.; ANDRADE JÚNIOR, J. M. C. Ganho compensatório no desempenho e eficiência econômica de novilhos Nelore submetidos a diferentes regimes alimentares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 1, p.182-190, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8212>>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2ª Edição. Jaboticabal - SP: FUNEP – Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2011. 616 p.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach**. 2ª ed. Springer, New York. 2002. Disponível em <ecologia.ib.usp.br/bie5782/lib/exe/fetch.php?media=bie5782:pdfs:burnham.pdf>. Acesso 23 nov. 2018.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental Design**. John Wiley and Sons, New York. 1957.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para Análise de Alimentos – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012.
- FERNANDES, H. J.; PAULINO, M. F.; MARTINS, R. G. R.; VALADARES FILHO, S. C.; TORRES, R. A.; PAIVA, L. M.; MORAES, G. F. B. K. Ganho de Peso, Conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não castrados de três grupos genéticos em recria e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2403-2411, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n6s3/23445.pdf>>. Acesso 25 de nov. 2018.

FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P.; TEDESCHI, L. O. **Sistema de carboidratos e proteínas líquidos para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0)**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p.

GUIMARÃES, A. L. Associações entre eficiência alimentar, características de comportamento ingestivo, crescimento e carcaça em bovinos Senepol. **Dissertação** (Mestre em Produção Animal Sustentável). Instituto de Zootecnia. Nova Odessa. 2016. Disponível em <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1460393567.pdf>>. Acesso em 18 nov. 2018.

KLEIJNEN, J. P. C.; BETTONVIL, B.; VAN GROENENDALL, W. **Validation of trace-driven simulation models: a novel regression test**. *Management Science* v. 44, p. 812–819. 1998. Disponível em: <[10.1287/mnsc.44.6.812](https://doi.org/10.1287/mnsc.44.6.812)>. Acesso 22 nov. 2018.

KOBAYASHI, K.; SALAM, M. U. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. **Agronomy Journal**, v.92, n.2, p.345-352, 2000. Disponível em: <[10.1007/s100870050043](https://doi.org/10.1007/s100870050043)>. Acesso 20 nov. 2018.

LOAGUE, K.; GREEN, R. E.; Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. **Journal of Contaminant Hydrology**. v. 7, p.51–73. 1991. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0169-7722\(91\)90038-3](https://doi.org/10.1016/0169-7722(91)90038-3)>. Acesso 22 nov. 2018.

MACHADO NETO, O. R.; LADEIRA, M. M.; GONÇALVES, T. M.; LOPES, L.S.; OLIVEIRA, D. M.; BASSI, M. S. Feed intake and prediction assessments using the NRC, CNCPS and BR-CORTE systems in Nelore and Red Norte steers finished in feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.2, p.394-401. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000200024>>. Acesso em 23 nov. 2018.

MAGALHÃES, K. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; DINIZ, L. L.; PINA, D. S.; AZAVEDO, J. A. G.; ARAUJO, F. L.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A.; TEDESCHI, L. O. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. v. 155, p. 44-54, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.10.004>>. Acesso em 8 dez. 2018.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, I. M.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES, R. F. D.; DETMANN, E. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p.1313-1324, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n6/21.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; DINIZ, L. L.; SANTOS, T. R. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2243-2250. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n12/23.pdf>>. Acesso 18 nov. 2018.

MCMENIMAN, J. P.; DEFOOR, P. J.; GALYEAN, M. L. Evaluation of the National Research Council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, p.1138-1146, 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18952723>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MERCADANTE, M. E. Z.; GRION, A. L. Perspectivas de inclusão da eficiência alimentar em programas de melhoramento genético de bovinos de corte. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2013, Uberaba, MG, 2013. **Anais...** Uberaba: SBMA, 2013. p.1-14. Disponível em: <<http://sbmaonline.org.br/anais/x/palestras/pdfs/MariaEugeniaV2.pdf>>. Acesso em: 28 de nov. 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. rev. Washington: D.C., 2000. 234 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: Eighth Revised Edition., 2016. 494 p.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. **Applied Linear Statistical Models**, 1.ed. McGraw-Hill, Boston. 1996. Disponível em: <<https://mysite.science.uottawa.ca/rkulik/mat3378/mat3378-textbook.pdf>>. Acesso 21 nov. 2018.

PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; FONSECA, M. A.; VÉRAS, R. M. L.; OLIVEIRA, D. M. Desempenho produtivo de bovinos nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p.1079-1087, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000600019>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

REZENDE, P. L. P.; NETO, M. D. F.; RESTLE, J.; FERNANDES, J. J. R.; PÁDUA, J. T.; QUEIROZ, G. A. Validação de modelos matemáticos para predição de consumo voluntário e ganho em peso de bovinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 01, p. 2-10, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400009>>. Acesso 23 nov. 2018.

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, out-dez 2012. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1768/764>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

RUBIANO, G. A. G.; ARRIGONI, M. D.B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E; GONÇALVES, H. C.; ANGERAMI, C. N. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.12, p2490-2498, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/14264/S1516-35982009001200027.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 22 nov. 2018.

SAMPAIO, C. B.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; VALENTE, T. N. P.; SILVA, R. R.; SOUZA, M. A.; COSTA, V. A. C. Evaluation of models for prediction of the energy value of diets for growing cattle from chemical composition of feeds. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 41, p. 2110-2123, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982012000900020>.

Acesso em 8 dez. 2018.

SUAREZ, S. L. B. Fatores envolvidos no consumo de matéria seca. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufv.br/handle/123456789/5827>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

TEDESCHI, L. O. **Model evaluation System**, versão 3.1.17. 2017. Disponível em <<http://nutritionmodels.com/mes.html>>. Acesso em 5 out. 2018.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, n. 02/03, p. 225-247. 2006. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.004>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

VALADARES FILHO, S. C., COSTA E SILVA, L. F., LOPES, S. A. et al. **BR-CORTE 3.0. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. 2016. Disponível em: <www.brcorte.com.br>. Acesso em: 24 mar. 2017.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE**. 2.ed. Viçosa - MG: UFV, DZO, 2010. 193 p.

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. 2006. 142 p.