

## Regulação e predição de consumo de matéria seca

*José Augusto Gomes Azevêdo, Sebastião de Campos Valadares Filho, Luiz Fernando Costa e Silva, Alana Batista dos Santos, Lígia Lins Souza, Polyana Pizzi Rotta, Luciana Navajas Rennó, Ivanor Nunes do Prado*

### INTRODUÇÃO

O consumo de matéria seca (CMS) é a variável mais importante que afeta o desempenho animal (Waldo e Jorgensen, 1981), pois garante ao organismo, nutrientes adequados e substratos energéticos para as reações bioquímicas que contribuem nas oscilações do metabolismo celular, especialmente em bovinos para produção de carne, tendo em vista a importância econômica e o complexo sistema digestivo com suas funções metabólicas peculiares (Forbes, 2007).

Em bovinos para produção de carne, variações no consumo de alimentos ocorrem durante seu ciclo de crescimento para manter um equilíbrio dinâmico do meio interno frente aos constantes desafios apresentados pelas necessidades metabólicas e ambientais.

Limitações no consumo de alimentos podem impedir que as exigências nutricionais sejam supridas. Como a maior parte dos nutrientes da dieta de bovinos de corte é utilizada para suprir as exigências de manutenção, pequena alteração no consumo de alimentos pode ocasionar limitações na eficiência dos processos produtivos, e conseqüentemente, a taxa de crescimento irá diminuir. Com isso, o potencial genético para ganho de peso não será alcançado e a lucratividade da atividade pecuária estará comprometida. Além disso, poderão surgir problemas associados com estresse alimentar, sanidade e distúrbios digestivos.

### REGULAÇÃO DO CONSUMO DE ALIMENTOS POR BOVINOS

#### *Fatores neuro-hormonais*

O cérebro é o órgão que coordena o comportamento alimentar. Segundo Konturek et al. (2005), há indicação de que o núcleo do trato solitário (NTS), no tronco cerebral, serve como porta de entrada para sinais neurais vindos do trato gastrointestinal até o centro

regulador de consumo no hipotálamo. Estes autores sugerem também, que o corpo amigdaloide, a córtex pré-frontal, bem como a área postrema (zona de disparo quimiorreceptora ou "centro do vômito") têm sido considerados responsáveis por distúrbios alimentares e armazenamento ou conservação inadequada de energia. Além disso, tanto o núcleo arqueado (ARC) como o núcleo paraventricular (PVN) são importantes centros no controle da ingestão de alimentos, pois são os locais onde vários hormônios, liberados a partir do trato gastrointestinal e tecido adiposo, convergem para regular o consumo alimentar e o gasto energético (Crespo et al., 2014).

Hetherington e Ranson (1940) e Anand e Brobeck (1951) foram os primeiros a propor o modelo constituído do centro da fome no hipotálamo lateral (LHA) e da saciedade na região ventromedial hipotalâmica. No hipotálamo, a sua área lateral possui neurônios que induzem o animal a iniciar um novo ciclo de alimentação, enquanto estímulos na sua área ventromedial induzem a saciedade (Mayer e Thomas, 1967). Há indícios de que a região do hipotálamo lateral, conhecida como "centro da fome", estaria sempre apta para induzir a fome, isto é, esta região seria cronicamente ativa, e sua atividade estaria transitoriamente inibida pelo "centro da saciedade", no hipotálamo ventromedial (Konturek et al., 2005). Assim, o consumo de alimentos seria estimulado por ausências de sinais de saciedade (Allen et al., 2005).

Acredita-se que ao invés de cada núcleo hipotalâmico atuar sobre o controle da homeostase energética, estes atuam de forma sistêmica, onde os sinais entre os mesmos são transmitidos por neuropeptídios específicos. O ARC desempenha papel importante na integração dos sinais que regulam o consumo (Stanley et al., 2005).

Uma série de sistemas complexos mantém a homeostase energética a fim de manter o peso corporal e disponibilizar energia suficiente para todos os processos metabólicos (Dietrich e Horvath, 2009). Segundo Forbes e Provenza (2000), os animais regulam o seu consumo diário de maneira que não proporcione um desconforto metabólico ou físico.

Após o consumo de alimentos, os sinais dos receptores localizados na faringe e nas vias orogástricas são encaminhados para o sistema nervoso central (SNC), no tronco cerebral. Posteriormente, mecanismos de distensão gástrica, estimulação química de receptores na mucosa gastrintestinal e vários hormônios são liberados a partir da mucosa gastrintestinal (Konturek et al., 2005). Adicionalmente, na parede da região anterior dorsal do rúmen-retículo existem receptores capazes de enviar informações, via fibras aferentes, projetadas para os centros de controle do consumo alimentar no NTS (Leek, 1986).

Desta forma, o SNC recebe (através do NTS) inúmeros impulsos neurais e de hormônios de órgãos periféricos, especialmente a partir da mucosa do trato gastrintestinal, do tecido adiposo e do pâncreas que estão envolvidos no controle alimentar a curto e longo prazos, além de informações sobre o gasto de energia em resposta às constantes alterações no balanço energético (Konturek et al., 2005).

Os peptídeos intestinais sinalizam para o hipotálamo através do ARC para mediar estímulos de apetite (+), que não são ativados pelos neurônios que secretam neuropeptídeo Y (NPY) e peptídeo agouti-associado (AgRP), ou efeitos inibidores do apetite (-) através de neurônios que contêm a pró-opiomelanocortina (POMC) precursora do hormônio estimulante de  $\alpha$ -melanócito ( $\alpha$ -MSH) e do peptídeo da produção do transcrito regulado pela cocaína e anfetamina (CART) para o centro da fome no LHA e centro de saciedade no PVN no hipotálamo medial (Currie et al., 2005).

Em um dos trabalhos específicos sobre o centro de controle do consumo em ruminantes, Miner (1992) sugere que o NPY

é um neurotransmissor envolvido na regulação do consumo pelo SNC. O NPY / AgRP e a POMC / CART no núcleo arqueado do hipotálamo têm papéis chaves na regulação do balanço energético. A ativação dos neurônios NPY/AgRP tem um efeito orexigênico, promovendo o consumo de alimentos, enquanto que os neurônios POMC/CART têm efeito contrário, ou seja, anorexigênico. POMC é ativado através de modificação pós-transcricional ao  $\alpha$ -MSH. Estes dois circuitos de neurônios recebem sinais de hormônios circulantes.

O resumo do controle neuro-hormonal sobre o controle de alimentos descrito por Bell et al. (2005) sugere que:

- Leptina é secretada pelo tecido adiposo, e seus níveis circulatórios são proporcionais à reserva adiposa do corpo, seus efeitos são exercidos através do receptor da leptina (LEPR), inibindo os neurônios NPY/AgRP e estimulando os neurônios POMC/CART;
- O pâncreas secreta insulina, que tem uma influência anorexigênica sobre o ARC, contudo o aumento dos níveis plasmáticos de insulina é estimulado pelo NPY;
- Grelina, em sua maioria (60%) é produzida pelo estômago, e estimula os neurônios NPY/AgRP através dos receptores que secretam o hormônio do crescimento (GH);
- O peptídeo YY 3-36 (PYY3-36) é secretado no trato gastrintestinal distal, tendo afinidade e se ligando a receptores Y2 (Y2Rs), produz efeitos inibitórios nos neurônios NPY/AgRP, portanto, constitui potente sinal anorexigênico periférico;
- Os neurônios NPY/AgRP também têm um efeito inibitório nos neurônios POMC/CART através da liberação de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), que pode ser estimulado pela ligação da grelina ao GH;
- Os sinais orexigênicos e anorexigênicos, que são produzidos pelos neurônios NPY/AgRP e POMC/CART, respectivamente, são então enviados para neurônios efetores de fluxo de segunda ordem, que também recebem modificações aferentes de sinais de dopamina, serotonina e endocabinóides; e
- Estes neurônios efetores expressam receptores que incluem o receptor Y1 (Y1R) e o receptor de melanocortina 4 (MC4R).

Entre os peptídeos anorexígenos, o primeiro reconhecido inibidor da ingestão alimentar foi a colecistocinina (CCK), o produto das células endócrinas I do duodeno-jejuno. A CCK é um hormônio mediador fisiológico da inibição do consumo de alimentos a curto prazo. Ela colabora com os sinais provenientes de mecanorreceptores do trato gastrointestinal que são gerados pela distensão do trato digestivo, sendo transmitido ao cérebro através do nervo vago aferente (Konturek et al., 2005).

Porém, em ruminantes existe um tempo maior entre o consumo e a chegada dos alimentos ao duodeno, local onde é produzido a CCK. Assim, CCK é menos importante nestes animais do que em animais que apresentam estômago simples. No entanto, observou-se aumento das concentrações plasmáticas de CCK em vacas 3 horas após a alimentação (Choi e Palmquist, 1996), indicando que a CCK também tem alguma função no controle do consumo alimentar em ruminantes.

Todos estes moduladores estão interagindo e juntos estabelecem um balanço total entre consumo de alimentos e o gasto energético e dessa forma provocam estímulos ao animal de começar ou não um novo ciclo alimentar.

### ***Fatores psicogênicos***

A regulação psicogênica sobre o consumo de alimentos, como percepção e aprendizagem, envolve o comportamento animal em resposta a fatores inibidores ou estimuladores no alimento, ou no manejo alimentar, que não estão relacionados ao valor energético do alimento, nem ao efeito de enchimento. Os fatores psicogênicos que alteram o consumo de alimentos consistem em sabor, odor e textura do alimento; visão; estado emocional; interações sociais e aprendizagem animal, sendo que a de maior impacto na modulação psicogênica da ingestão de alimentos é a palatabilidade (Mertens, 1994).

### ***Fatores relacionados ao animal***

#### ***a) Peso corporal***

O peso corporal (PC) é um fator determinante no CMS de bovinos. Galyean e

Hubbert (1992) observaram que o PC inicial representou 59,8% da variação do CMS em dietas com concentrações de ELM que variaram de 1 a 2,4 Mcal / kg MS. Em uma ampla discussão sobre modelos de predição de CMS, Pittroff e Kothmann (2001) avaliaram 12 diferentes equações e independente do grau de complexidade e sofisticação matemática das mesmas, 10 dessas levaram em consideração o peso corporal, denotando a grande importância da inclusão dessa variável nas equações de predição do CMS.

#### ***b) Grupo genético***

Segundo o NRC (1987), a seleção genética para desempenho produziu animais com maior potencial de CMS e sugeriu que fatores de ajuste na predição do CMS sejam realizados. Allen (1992) afirmou que raças continentais podem consumir 10% a mais do que as raças britânicas e, com base nesta informação, o AFRC (1993) propôs fatores de ajuste na predição de CMS para várias raças puras.

O NRC (2000), no seu modelo de predição de CMS, adotou os ajustes para raça propostos por Fox et al. (1988). Eles propuseram que a predição de CMS deve ser aumentada em 8% para raça Holandesa e 4% para animais cruzados das raças Holandesa e britânicas. O NRC (2000) não sugere alteração no CMS para raças zebuínas.

#### ***c) Composição corporal***

A composição corporal dos bovinos em confinamento não é constante e muda ao longo do tempo de confinamento e com aumento no PC. A composição corporal, especificamente a porcentagem de gordura corporal, parece ser o principal componente a afetar o CMS (NRC, 1987). Segundo Grant e Helferich (1991), isto se deve à desaceleração do crescimento muscular e ao desenvolvimento mais rápido do tecido adiposo, com a elevação do PC. Fox et al. (1988) sugeriram alteração no CMS, quando os bovinos apresentarem percentual de gordura do corpo vazio superior a 21,3%. Jorge et al. (1997) observaram maior percentual de gordura corporal (24,41) para animais Nelore em relação à cruzados de

corte (21,62%) e cruzados leiteiros (19,50%). Fox et al. (1988) sugeriram redução de 3, 10, 18 e 27% no CMS, quando o percentual de gordura do corpo vazio estiver, respectivamente, com 23,8; 26,5; 29,0 e 31,5%.

#### **d) Classe sexual**

Marcondes et al. (2008), Vêras et al. (2008) e Lage et al. (2012) não verificaram influencia das classes sexuais: fêmeas, machos castrados e machos não castrados para o CMS, porém Paulino et al. (2008) observaram que o CMS foi superior nas fêmeas, em relação aos machos não castrados, sendo que o CMS de machos castrados não diferiu de ambos.

O NRC (1984) sugeriu que a predição de CMS deveria ser diminuída em 10% para novilhas com condição corporal média. A explicação para redução no CMS é porque as novilhas atingem maturidade fisiológica antes dos machos (NRC, 2000), e assim poderá ter maior acúmulo de gordura corporal antes dos machos. Como a gordura exerce influência indireta no CMS, pela secreção de leptina pelos adipócitos, hormônio que tem sido correlacionado às reduções no consumo (Nkrumah et al., 2005), espera-se que a capacidade de CMS das fêmeas diminua com o aumento do PC. Dessa forma o efeito de classe sexual não pode ser considerado isoladamente já que a condição corporal ou o percentual de gordura corporal exerce uma influência direta sobre as classes sexuais. Para Huuskonen et al. (2013), a influência da classe sexual sobre o CMS pode ser confundida com outros efeitos experimentais aleatórios.

#### **Fatores ambientais**

O clima do Brasil é diversificado em consequência de fatores variados, como a fisionomia geográfica, a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar. Este último fator é de suma importância porque atua diretamente tanto na temperatura quanto na pluviosidade, provocando as diferenças climáticas regionais. No entanto, o rebanho bovino do Brasil encontra-se em maior densidade na região tropical com

temperaturas normalmente acima de 25°C, já que a distribuição do rebanho bovino se concentra principalmente nos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás, os quais juntos representam mais de 40% (Alvares et al., 2013; Teixeira e Hespanhol, 2015).

Quanto aos fatores ambientais, Fox et al. (1988) sugeriram que em temperaturas variando entre 25 a 35°C, a predição do CMS fosse reduzida em 10% e acima de 35°C reduzida em 35%.

Ingvartsen et al. (1992), avaliando o efeito do comprimento do dia sobre a capacidade de CMS, observaram que o CMS esperado pode ser 1,5 a 2% maior em dias longos e 1,5 a 2% menor em dias curtos.

#### **Fatores de manejo e dietéticos**

Existe uma relação entre a concentração energética da dieta e o CMS por bovinos para produção de carne, baseado no conceito que em dietas menos digestíveis, ou seja, com baixa energia (alta fibra), o CMS é controlado por fatores conhecidos como enchimento ruminal e impedimento físico da passagem da digesta, enquanto para dietas com alta digestibilidade, alta energia (baixa fibra), o CMS é controlado pela demanda energética do animal e por fatores metabólicos (NRC, 1987).

A forte correlação entre a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e a fase de regulação física do consumo se dá principalmente em virtude do alto volume ocupado pela fração da parede celular das forragens (Mertens, 1994), bem como as suas características de baixa densidade e de degradação mais lenta, quando comparada ao conteúdo celular (Van Soest, 1994; NRC, 2001). A distensão no compartimento rúmen-reticular provocada pelo enchimento estimula receptores na camada muscular localizados, principalmente, em nível de retículo e saco cranial (Allen, 1996, 2000), em que mecanorreceptores são excitados por estímulos mecânicos e químicos e tensorreceptores respondem à distensão em si (Allen, 2000), estimulando o final do período de alimentação.

No entanto, esta abordagem tem sido criticada, porque assume intrinsecamente,

que os mecanismos físicos e metabólicos são independentes um do outro. Tal consideração é fisiologicamente improvável, uma vez que, os sinais reguladores funcionam de forma integrada, para criação de sinal positivo ou negativo sobre a ingestão voluntária de matéria seca (Detmann et al., 2014).

Associam-se ao mecanismo físico, o consumo de FDN ou a sua concentração na dieta (Detmann, 2010), portanto, uma única estimativa do teor de FDN não é suficiente para entender ou prever o consumo voluntário em bovinos (Detmann et al., 2014). Assim, a separação de um total de FDN em FDN indigerida e FDN potencialmente degradável (FDN<sub>pd</sub>) pode melhorar as associações com o consumo voluntário (Huhtanen et al., 2007; Harper e McNeill, 2015). Para condições tropicais, Detmann et al. (2003) sugeriram que a ingestão de FDN acima de 13,53 g/kg PC regularia o consumo por mecanismos físicos, no entanto, Oliveira et al. (2011) relataram que a fonte de forragem deve ser considerada e indicaram valor médio de 13,2 g/kg PC para silagem de milho e 9,4 g/kg PC para cana-de-açúcar e recomendaram a discriminação qualitativa das frações da FDN e lignina para sua utilização eficaz em modelos de predição de CMS.

Para condições tropicais, Detmann et al. (2014) relacionaram o CMS com o teor de matéria orgânica digestível (MOD) e de FDN indigerida e, observaram efeito quadrático:  $CMS (g/kg) = -5,50 + 0,092 \times MOD - 0,00007 \times MOD^2$ , com ponto de máxima de 658 g de MOD/kg de MS e efeito linear decrescente:  $CMS (g/kg) = 27,8 - 0,016 \times FDN \text{ indigerida}$ , respectivamente. Esses autores verificaram que o ponto de equilíbrio entre a regulação física e química de consumo para bovinos de corte ocorreu com CMS de 20,86 g/kg PC, sendo esse valor observado para dietas com teor de MOD de 660 g/kg de MS e de FDN indigerida de 228 g/kg de MS. Isto demonstra que o CMS é simultaneamente regulado por limitações físicas e fisiológicas.

A deficiência de proteína (menor que 7 a 8% PB) é outra característica dietética que pode diminuir o CMS, já que torna-se limitante para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de

utilização dos carboidratos fibrosos da forragem tropical (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2009). Com uma dieta pobre em nitrogênio e rica em fibra oriunda da forragem, o fornecimento de uma suplementação com nitrogênio aumenta o CMS (Galyean e Goetsch, 1993).

Portanto, 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 (Forbes, 2007).

Neste sentido, todos esses fatores deveriam ser levados em consideração, quando se deseja prever matematicamente o real comportamento biológico do consumo de matéria seca por bovinos para produção de carne em condições tropicais. Contudo, nenhum tipo de equação será aplicável se as condições de alimentação (disponibilidade de alimento, taxa de lotação, espaço no cocho, tempo de acesso ao alimento, frequência de alimentação, etc.) estiverem limitando o consumo (Mertens, 1992).

### **PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA POR BOVINOS EM CONFINAMENTO**

Para que possa ser planejado um eficiente programa de alimentação capaz de encontrar o melhor manejo alimentar para atender as exigências nutricionais, é necessário prever com maior precisão e acurácia o nível de consumo voluntário por bovinos em crescimento e terminação sob alimentação *ad libitum*.

Um modelo de predição de CMS é uma representação simplificada do complexo sistema de ingestão voluntária de alimentos (Keady et al., 2004). Considerando que fosse possível incluir todos os fatores fisiológicos, ambientais, dietéticos e de manejo que interferem no CMS, possivelmente o modelo obtido seria difícil de ser interpretado biologicamente.

### **ESTADO DA ARTE SOBRE A PREDIÇÃO DE CONSUMO MATÉRIA SECA**

Durante muito tempo, os modelos de predição de CMS propostos pelo NRC (1984,

2000) foram os mais utilizados no Brasil. No entanto, os modelos propostos pelo NRC (1984, 2000) foram desenvolvidos principalmente com animais *Bos taurus*. Conforme o ANUALPEC (2015), 80% do rebanho brasileiro é composto de gado Zebu, com estimativa de 150 milhões de cabeças de zebuínos. A contribuição das raças zebuínas para a produção de carne e leite no Brasil em um sistema de produção auto-sustentável é devido às características de fertilidade, rusticidade, adaptabilidade ao ambiente tropical e aos sistemas de produção de carne brasileira, sendo a raça Nelore a predominante nos sistemas de produção de carne no Brasil.

Fox et al. (1988) observaram que o grupo genético é reconhecidamente um dos fatores que interfere no CMS. Com base nesse trabalho, o NRC (1987) e o AFRC (1993) passaram a adotar o fator de ajuste relacionado ao grupo genético nas equações de predição de CMS, por identificar raças de bovinos com maior potencial de consumo que outras. Além disso, estimulantes anabolizantes foram usados nos bovinos do banco de dados do modelo de predição de CMS proposto pelo NRC (1984, 2000). No Brasil, a proibição do uso de anabolizantes para qualquer finalidade teve início em 1961 e atualmente vigora a Portaria Ministerial nº 51 (Brasil, 1991) que proíbe a produção, importação, comercialização e o uso de produtos para fins de crescimento e ganho de peso dos animais de abate. Para os compostos não esteroidais com atividade anabolizante, a proibição se estende, inclusive, para fins terapêuticos.

Segundo Neal et al. (1984), os modelos de predição do CMS deveriam ser testados em condições semelhantes àqueles em que se destina serem utilizados. Portanto, não há um único modelo que se aplica em todas as situações, existindo necessidade de desenvolver e validar modelos de predição do CMS em condições tropicais. Por isso, equações para predizer o CMS de bovinos de corte em condições brasileiras e com zebuínos (raça Nelore) foram desenvolvidas e validadas por Valadares Filho et al. (2006a), que aliados às exigências de energia, proteína e minerais resultou na publicação intitulada Exigências nutricionais de Zebuínos e Tabelas de

Composição de Alimentos – BR-CORTE, descrito por Valadares Filho et al. (2006b).

No BR-CORTE (2006), para construir o banco de dados de animais zebuínos (principalmente da raça Nelore) foram utilizadas 15 dissertações e/ou teses. No banco de dados de animais Cruzados de corte, foram utilizadas 10 dissertações e/ou teses gerando um total de 273 unidades experimentais. Assim, foram recomendadas as seguintes equações de predição do CMS:

- Zebuínos:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,4001 + 0,0201 \times \text{PC} + 4,8195 \times \text{GMD} - 1,5176 \times \text{GMD}^2$$

- Cruzados de corte:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,4105 + 0,0171 \times \text{PC} + 5,4125 \times \text{GMD} - 1,8691 \times \text{GMD}^2,$$

em que PC = peso corporal médio (kg) e GMD = ganho de peso médio diário (kg/dia).

Os modelos de CMS propostos indicaram que os valores preditos foram equivalentes aos observados em condições práticas de alimentação de bovinos de corte confinados em condições tropicais.

Ribeiro et al. (2008) avaliaram o CMS por grupos genéticos de zebuínos e compararam os valores observados com os preditos por meio dos sistemas NRC (2000), CNCPS 5.0 e BR-CORTE (2006). Estes autores observaram que o sistema brasileiro (BR-CORTE, 2006) mostrou-se mais eficiente nas predições do CMS por raça e para os zebuínos como um todo.

Valadares Filho et al. (2006a) também observaram falta de ajuste para os modelos propostos pelo NRC (1984, 2000) em predizer o CMS de bovinos de corte em condições tropicais. Nesse sentido, as equações propostas pelo NRC (1984, 2000) seriam incapazes de explicar maior porcentagem da variação observada no CMS, quando comparadas às equações adotadas pelo BR-CORTE (2006).

Os pesquisadores coletam os dados a partir de múltiplos estudos publicados e tentam estabelecer um modelo quantitativo que melhor explica as observações.

Geralmente, existem diferenças entre os estudos devido aos objetivos e ignorando estas diferenças numa análise conjunta dos dados, tem-se como consequência que a estimativa dos parâmetros (intercepto e inclinação) dos modelos de regressão pode ser tendenciosa. Neste sentido, foi proposto no BR-CORTE (2010) descrito por Valadares Filho et al. (2010), o uso da meta-análise para integrar o efeito de estudo e efeitos aleatórios das interações como componentes de um modelo misto (St-Pierre, 2001) e gerar modelos de predição de CMS mais precisos e acurados. Então, na segunda edição das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados, BR-CORTE (2010), o banco de dados sobre CMS foi ampliado; e os modelos mais utilizados pelo NRC foram avaliados, bem como novas equações para prever o CMS, usando a meta-análise, foram desenvolvidas e validadas.

Os dados incluíam 561 observações a partir de 27 teses e/ou dissertações (estudos) que foram publicados na Universidade Federal de Viçosa e na Universidade de São Paulo. No BR-CORTE (2010), observou-se que as equações propostas pelo NRC não foram adequadas para prever o CMS para bovinos em condições tropicais e sugeriu-se o uso das seguintes equações de predição do CMS:

- Zebuínos:

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

- Cruzados:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,6098 + 0,08844 \times \text{PC}^{0,75} + 4,4672 \times \text{GMD} - 1,3579 \times \text{GMD}^2,$$

em que  $\text{PC}^{0,75}$  = peso corporal médio metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ) e  $\text{GMD}$  = ganho de peso médio diário (kg/dia).

O principal grupo que atuou nas mudanças em relação à predição de CMS por bovinos para produção de carne na 8ª edição das Exigências Nutricionais de Bovinos de Corte do BCNRM (2016) foi liderado pelo Professor e Pesquisador Michael L. Galyean, da *Texas Tech University, Department of Animal and Food Sciences*.

Seu grupo publicou recentemente 4 artigos sobre esse tema. O primeiro, “Avaliação das equações de predição do consumo de matéria seca e do desempenho do NRC (1996) de bovinos confinados”, por McMeniman et al. (2009). Nesse artigo objetivou-se avaliar os modelos de predição do CMS do NRC (1996). Eles utilizaram um banco de dados contendo 3.363 registros de baias coletivas, representando 632.306 bovinos em 3 confinamentos comerciais coletados por um período de 4 anos (2003 a 2006), e concluíram que as equações propostas pelo NRC (1996) não foram úteis para prever o CMS de bovinos em confinamento comercial e sugeriram a necessidade de desenvolvimento de novas equações com maior exatidão e precisão.

O segundo artigo foi sobre “Desenvolvimento e avaliação de equações de consumo de matéria seca em períodos médios de dados baseados em confinamento comercial”, por McMeniman et al. (2010). Esses autores propuseram modelos de predição de CMS que levaram em consideração a classe sexual e informação previa do CMS no início do confinamento.

No terceiro artigo, Galyean et al. (2011) publicaram “Previsibilidade do desempenho de bovinos confinados em crescimento”. Esses autores validaram as equações propostas por McMeniman et al. (2010) e sugeriram equações que fossem utilizadas para predição de CMS por bovinos de corte em confinamento alimentados em dietas com alto concentrado.

No quarto artigo, “Avaliação dos modelos atuais e desenvolvimento de equação”, por Anele et al. (2014), foram desenvolvidas novas equações, porém, segundo Anele et al. (2014), estas equações forneceram apenas melhorias modestas na melhor das hipóteses e, em alguns casos, não ofereceram nenhuma vantagem real em relação às equações propostas pelo NRC (1996) para prever o CMS de bovinos de corte em crescimento ou terminação.

Anele et al. (2014) relataram que foi decepcionante saber que sua pesquisa pouco conseguiu melhorar a capacidade preditiva do CMS, e reconheceram a dificuldade no desenvolvimento de predições precisas sobre o CMS por bovinos de corte em crescimento e terminação. Isto, sem dúvida, é a influência dos complexos fatores que controlam o CMS que tornam difícil explicar, adequadamente, o

comportamento biológico do CMS, utilizando modelos matemáticos e algumas variáveis independentes.

De acordo com os resultados apresentados por Anele et al. (2014), o BCNRM (2016) recomendou a continuidade do uso da equação proposta pelo NRC (2000) para prever o consumo de energia líquida de manutenção (CELM, Mcal/dia) e posteriormente estimar o CMS, que pode ser obtido dividindo o CELM pela concentração de energia líquida de manutenção da dieta (ELm):

- Para animais sobreano (*Yearlings*):

$$\text{CELM (Mcal/dia)} = \text{PC}^{0,75} \times (0,2435 \times \text{ELm} - 0,0466 \times \text{ELm}^2 - 0,0869),$$

em que  $\text{PC}^{0,75}$  = o peso corporal médio metabólico para o período de alimentação. Para dietas com concentração de  $\text{ELm} \leq 0,95$  Mcal/kg MS, o BCNRM (2016) recomendou a divisão do resultado dessa equação do consumo de ELm por 0,95.

No entanto, devido aos resultados dessa equação sub ou superestimarem o CMS dependendo das condições dietéticas e do animal conforme relatado por Anele et al. (2016), o BCNRM (2016) recomenda que a equação de CMS em função do peso corporal descrita por Anele et al. (2014) também seja usada para prever o CMS de bovinos de corte em crescimento ou terminação:  $\text{CMS (\% PCm)} = 1,2425 + 1,9218 \times \text{ELm} - 0,7259 \times \text{ELm}^2$  ( $R^2 = 0,6188$ ), em que PCm = peso corporal médio (kg). O BCNRM sugere que não há nenhuma razão para recomendar uma única equação para estimar o CMS.

Baseado no trabalho de validação relatado por Galyean et al. (2011), o comitê do BCNRM (2016) recomenda usar as equações descritas por McMeniman et al. (2010), com ajustes para classe sexual, para estimar o CMS de bovinos em confinamento alimentados com dietas de alto grão ( $\geq 2,06$  Mcal de Elm e  $\geq 1,4$  Mcal/kg de Elg):

- Novilhos:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 3,83 + 0,0143 \times \text{PCJi};$$

- Novilhas:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 3,184 + 0,01536 \times \text{PCJi},$$

em que PCJi, o peso médio em jejum inicial.

No NRC (2000) já se considerou que os métodos descritos para prever o CMS foram planejados para fornecer uma orientação geral. Não existe uma equação capaz de ser aplicada em todas as situações de produção. O correto seria desenvolver modelos de predição do CMS específicos para determinada situação de produção. Assim, tais modelos seriam capazes de explicar maior porcentagem da variação observada no CMS, quando comparado a um modelo generalizado.

Apesar de o Brasil possuir um rebanho de corte de tamanho praticamente estagnado, a melhoria das condições produtivas tem aumentado os índices de produtividade. Para que esses índices possam continuar aumentando de forma a reduzir os custos produtivos e tornar o produto final mais acessível ao consumidor, é necessária a constante atualização e validação dos conhecimentos gerados na pesquisa. Isso faz com que o maior número de fontes de variação possa ser conhecido e considerado. Da mesma forma, o aumento no número de dados de consumo individual de bovinos, oriundos de pesquisa em condições tropicais, faz com que os procedimentos estatísticos para estimar o CMS fiquem mais sensíveis às variações provenientes dos diversos fatores de produção.

## DESCRIÇÃO DOS DADOS UTILIZADOS NA PREDIÇÃO DE NOVOS MODELOS PARA BOVINOS CONFINADOS

O Brasil é um país com dimensões continentais, que possui uma ampla diversificação climática e possibilita a criação de bovinos predominantemente de raças zebuínas, mas também, a utilização de grupos genéticos distintos e especializados na produção de carne, em cruzamentos, visando os benefícios do vigor híbrido para aumentar a produtividade do rebanho.

Além disso, no Brasil, uma parcela significativa da carne produzida é oriunda dos machos provenientes de rebanhos leiteiros, os quais são utilizados para recria e engorda como gado de corte. Diante dessa diversidade genética existente entre os bovinos criados no Brasil e sabendo que fisiologicamente existem diferenças no potencial de crescimento e nas exigências nutricionais, separou-se o banco de dados em três grupos genéticos para predição



de novos modelos para estimar o CMS por bovinos em condições tropicais: Zebuínos (animais predominantemente Nelore), Cruzados de Corte (animais oriundos de cruzamentos com raças especializadas para produção de carne, com predominância de Angus x Nelore) e Cruzados de Leite (animais oriundos de cruzamentos de zebuínos com raças especializadas para produção de leite, principalmente a raça Holandesa).

Para gerar os modelos de predição do CMS capazes de serem representativos biologicamente e explicar a maior porcentagem da variação observada no CMS de bovinos em condições tropicais é preciso ter um banco de dados atualizado. Para isso, o banco de dados que foi utilizado para predição do CMS do BR-CORTE (2010) foi ampliado, passando de 360 para 649 unidades experimentais (UE) com zebuínos e de 201 para 679 UE com bovinos cruzados de corte ou de leite (Tabela 2.1). O banco de dados passou para 1.328 UE, oriundas de pesquisa com bovinos em crescimento ou terminação, com registro de consumo individual e que foram respeitados um período de adaptação para minimizar o impacto do crescimento compensatório sobre CMS. As referências completas da origem do banco de dados utilizados para desenvolvimento das equações, podem ser acessadas no Apêndice 2.1 em [www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br).

Procedeu-se à análise descritiva (Triola, 1999) dos dados (Tabela 2.1), com o propósito de obter o perfil do conjunto de dados pelas medidas de tendência central e de dispersão. De forma geral, as amplitudes totais das diferentes variáveis presentes no banco de dados utilizado para desenvolvimento das equações de predição do

CMS (Tabela 2.1) representam amplamente as características brasileiras dos sistemas de produção de bovinos de corte em confinamento, possibilitando variações de baixo a alto PC inicial, PC final, GMD, CMS e com variações nos consumos de FDN e PB. Dessa forma, permitem projeções representativas, face ao universo de dietas empregadas para bovinos destinados à produção de carne em condições tropicais e suas possíveis interações com grupo genético e interferência nos padrões de regulação de CMS.

Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para medir a intensidade da relação linear entre o CMS e as demais variáveis quantitativas. A análise de correlação revelou que, dentre os maiores coeficientes encontrados, destacam-se aqueles que explicam a relação linear entre o CMS e aqueles relacionados aos pesos dos bovinos e ao desempenho, apresentando coeficientes positivos e significativos ( $P < 0,05$ ). As variáveis relacionadas às dietas (FDN e PB, g/kg), além de apresentarem baixos coeficientes de correlação, independente do grupo genético avaliado, a FDN não apresentou coeficientes significativos ( $P > 0,05$ ) e a PB só apresentou significância para os grupos genéticos dos zebuínos e cruzados de leite. Diante dos resultados da correlação de Pearson adotou-se como variáveis para serem utilizadas nos modelos de predição de CMS, o  $PC^{0,75}$  e o GMD.

Seguindo as recomendações de St-Pierre (2001), verificou-se inicialmente a existência do efeito de estudo no banco de dados. Observou-se efeito de estudo ( $P < 0,0001$ ) e esse foi considerado nas análises posteriores.

Tabela 2.1 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para predição do consumo de matéria seca e variáveis relacionadas ao consumo de nutrientes para zebuínos, e cruzados de corte e de leite

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Duração, dias	649	106	45,1	42,0	271
Peso corporal inicial, kg	649	308	72,8	110	475
Peso corporal final, kg	649	400	84,4	125	580
GMD, kg/dia	649	0,92	0,42	-0,36	1,84
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	649	7,39	2,12	1,29	13,2
FDN, kg/dia	472	3,17	1,17	0,79	7,61
FDNi, kg/dia	388	1,24	0,55	0,13	2,43
Proteína bruta, kg/dia	472	0,98	0,28	0,29	1,74
NDT, kg/dia	470	4,84	1,56	1,00	10,2
<b>Cruzados de corte</b>					
Duração, dias	270	112	35,6	55,0	232
Peso corporal inicial, kg	270	352	55,3	215	580
Peso corporal final, kg	270	455	78,6	220	607
GMD, kg/dia	270	1,22	0,48	-0,19	2,37
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	270	8,57	1,94	2,46	12,5
FDN, kg/dia	188	3,25	1,24	0,83	6,97
FDNi, kg/dia	30	0,81	0,16	0,50	1,09
Proteína bruta, kg/dia	163	1,15	0,28	0,30	1,67
NDT, kg/dia	141	5,52	1,50	1,74	9,22
<b>Cruzados de leite</b>					
Duração, dias	409	107	53,7	30,0	242
Peso corporal inicial, kg	409	323	77,3	139	494
Peso corporal final, kg	409	429	87,5	206	661
GMD, kg/dia	409	1,06	0,52	-0,13	2,64
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	409	8,03	2,41	2,18	15,1
FDN, kg/dia	265	2,86	1,17	0,65	6,14
FDNi, kg/dia	30	0,98	0,26	0,42	1,44
Proteína bruta, kg/dia	264	0,99	0,35	0,18	2,01
NDT, kg/dia	138	5,64	1,63	2,53	9,45

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão; GMD: ganho de peso médio diário; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDNi: FDN indigestível; NDT: nutrientes digestíveis totais.

Foram desenvolvidas equações para predição do CMS em função dos grupos genéticos:

#### Zebuínos

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,7824 + 0,07765 \times \text{PC}^{0,75} + 4,0415 \times \text{GMD} - 0,8973 \times \text{GMD}^2$$

( $R^2 = 0,821$ ) (Equação 2.1)

#### Cruzados de corte

$$\text{CMS (kg/dia)} = -0,6273 + 0,06453 \times \text{PC}^{0,75} + 3,871 \times \text{GMD} - 0,614 \times \text{GMD}^2$$

( $R^2 = 0,626$ ) (Equação 2.2)

#### Cruzados de leite

$$\text{CMS (kg/dia)} = -2,8836 + 0,08435 \times \text{PC}^{0,75} + 4,5145 \times \text{GMD} - 0,9631 \times \text{GMD}^2$$

( $R^2 = 0,788$ ) (Equação 2.3)

O coeficiente negativo para a variável  $\text{GMD}^2$  (kg/dia) 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 a ingestão de energia proposta por Mertens (1994).

Considerando a importância desse efeito, o NRC (2000) propôs equações que incluíram as variáveis ELM e  $\text{ELM}^2$ . No entanto, devido às dificuldades práticas de se determinar a ELM antes de saber quais os alimentos irão compor a dieta, Thornton et al. (1985) desenvolveram um modelo para prever CMS, que incluiu peso corporal inicial e dias de confinamento (DC). Para esses autores, o CMS é representado na forma de uma curva em que o CMS inicial aumenta gradativamente em função dos DC até atingir um platô e posteriormente, decresce nos últimos DC devido ao aumento do conteúdo de gordura corporal dos animais confinados. A concentração de gordura na carcaça começa em ritmo lento no início do período de alimentação, mas acumula-se em ritmo rápido no final do período de alimentação (Simpfendorfer, 1974).

## VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Os resultados de pesquisa provenientes de valores médios (experimentos independentes) publicados entre 2005 até outubro de 2014 na Revista Brasileira de Zootecnia, Boletim da Indústria Animal e Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (referências completas podem ser acessadas no apêndice 2.2 em [www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br)), foram compilados e utilizados para compor o banco de dados para a validação das equações de predição do CMS por zebuínos, e cruzados de corte e de leite terminados em confinamento nas condições tropicais (Tabela 2.2).

Na Tabela 2.2 é possível observar dispersão das variáveis utilizadas no banco de dados para validação das equações de predição do CMS e os valores mínimos e máximos para os PC, GMD e CMS indicam que ampla quantidade de dietas foi utilizada. Pode-se observar que o critério de seleção empregado foi eficaz, permitindo boa representatividade, pois não interferiu nos valores médios das variáveis utilizadas para o desenvolvimento das equações de predição do CMS. É importante destacar que, neste banco de dados da validação, existem informações de diferentes estados do Brasil, possibilitando maior representatividade do rebanho nacional.

Com base nas relações observadas entre os valores observados e os preditos pelas equações em função dos grupos genéticos: zebuínos, cruzados de corte e de leite (Tabela 2.3) pode-se observar que os valores de probabilidade tanto para o intercepto, quanto para inclinação não diferiram ( $P > 0,05$ ) de zero e 1, respectivamente, isto é, os valores de CMS preditos (Tabela 2.3) pelas equações desenvolvidas são equivalentes aos CMS observados em condições práticas de alimentação de bovinos de corte, confinados em condições tropicais. Os consumos de matéria seca estimados para zebuínos, e cruzados de corte corporais e ganhos de peso encontram-se na Tabela 2.4.

Tabela 2.2 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para validação das equações desenvolvidas para predição do consumo de matéria seca para zebuínos, e cruzados de corte e de leite

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Duração, dias	78	95,4	27,5	56,0	194
Peso corporal inicial, kg	78	364	43,5	251	438
Peso corporal final, kg	78	479	37,2	404	583
GMD, kg/dia	78	1,20	0,24	0,63	1,75
Consumo de matéria seca, kg/dia	78	8,79	1,06	6,04	10,8
<b>Cruzados de corte</b>					
Duração, dias	111	103	29,6	21,0	199
Peso corporal inicial, kg	111	326	62,8	18	463
Peso corporal final, kg	111	464	48,2	340	579
GMD, kg/dia	111	1,38	0,25	0,76	2,15
Consumo de matéria seca, kg/dia	111	8,83	1,44	6,11	12,7
<b>Cruzados de leite</b>					
Duração, dias	48	81,8	12,3	56,0	102
Peso corporal inicial, kg	48	259	94,4	67,9	380
Peso corporal final, kg	48	336	116	151	499
GMD, kg/dia	48	0,95	0,38	0,14	1,72
Consumo de matéria seca, kg/dia	48	6,69	2,24	2,80	11,1

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão; GMD: ganho de peso médio diário.

Tabela 2.3 - Estatística para relação entre os valores observados e os preditos pelas equações para zebuínos, e cruzados de corte e de leite

Variável	Zebuínos	Cruzados de corte	Cruzados de leite
Intercepto	-0,8375	-1,5386	0,6697
Valor P <sup>1</sup> (Ho: a = 0)	0,5313	0,2022	0,0710
Inclinação	1,0759	1,1316	0,9449
Valor P <sup>2</sup> (Ho: b = 1)	0,6108	0,3150	0,3112
r <sup>2</sup>	0,4085	0,4087	0,8704
Viés médio	-0,1586	-0,3329	0,3189
CCC	0,5522	0,5262	0,9234
QMEP	0,6874	1,3306	0,7557
<b>Decomposição do QMEP</b>			
Quadrado do vício	0,0252 (3,66%)	0,1108 (8,33%)	0,1017 (13,46%)
Magnitude de flutuação aleatória	0,0023 (0,33%)	0,0113 (0,85%)	0,0146 (1,93%)
Modelo de flutuação aleatória	0,6600 (96,01%)	1,2085 (90,82%)	0,6395 (84,62%)

CCC: coeficiente de correlação concordante; QMEP: quadrado médio do erro de predição. <sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996). <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996).

Tabela 2.4 - Consumos de matéria seca estimados para zebuínos, e cruzados de corte e de leite terminados em confinamento, obtidas para diferentes pesos corporais e ganhos de peso

Peso corporal (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	Consumo de matéria seca (kg)		
		Zebuínos (Equação 2.1)	Cruzados de corte (Equação 2.2)	Cruzados de leite (Equação 2.3)
200	0,75	4,87	5,36	4,45
	1,00	5,49	6,06	5,15
	1,25	6,00	6,68	5,74
	1,50	6,39	7,23	6,21
	1,75	6,67	7,70	6,55
250	0,75	5,63	5,99	5,26
	1,00	6,24	6,69	5,97
	1,25	6,75	7,31	6,56
	1,50	7,14	7,85	7,02
	1,75	7,42	8,32	7,37
300	0,75	6,34	6,58	6,04
	1,00	6,96	7,28	6,75
	1,25	7,46	7,90	7,33
	1,50	7,86	8,45	7,80
	1,75	8,14	8,92	8,15
350	0,75	7,03	7,15	6,79
	1,00	7,65	7,85	7,49
	1,25	8,15	8,47	8,08
	1,50	8,54	9,02	8,55
	1,75	8,83	9,49	8,89
400	0,75	7,69	7,70	7,51
	1,00	8,31	8,40	8,21
	1,25	8,81	9,02	8,80
	1,50	9,21	9,57	9,27
	1,75	9,49	10,0	9,61
450	0,75	8,33	8,24	8,20
	1,00	8,95	8,93	8,91
	1,25	9,45	9,56	9,50
	1,50	9,85	10,10	9,96
	1,75	10,1	10,6	10,3
500	0,75	8,95	8,75	8,88
	1,00	9,57	9,45	9,59
	1,25	10,08	10,08	10,17
	1,50	10,5	10,6	10,6
	1,75	10,8	11,1	11,0

***Predição e validação do consumo de matéria seca em dietas com relação volumoso: concentrado definida***

Dietas com alto teor de concentrado tornaram-se economicamente viáveis nos últimos anos em função da elevação no custo de produção de volumosos, redução temporária no preço dos concentrados e ao aumento da

oferta de coprodutos da indústria (Cervieri et al., 2009). Com o crescente uso de dietas de alto teor de concentrado para bovinos confinados no Brasil, torna-se necessário manejo nutricional adequado e para que isto aconteça é fundamental predizer o CMS.

Para seleção dos dados, foram considerados válidos aqueles que possuíam informações sobre: classe sexual, pesos corporais (PC) inicial e final, consumo de matéria seca

(CMS), ganho médio diário (GMD) e concentração de concentrado ou volumoso na dieta total. As referências completas da origem do banco de dados utilizados para desenvolvimento das equações podem ser acessadas no Apêndice 2.3 em [www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br).

A estatística descritiva das variáveis utilizadas para a validação da predição do consumo de matéria seca de bovinos alimentados com teores de concentrado conhecido encontra-se na Tabela 2.5). Foram obtidas as seguintes equações para os grupos genéticos:

#### Zebuínos:

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

( $R^2 = 0,797$ ) (Equação 2.4)

#### Cruzados de corte:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -4,8196 + 0,0081 \times \text{NC} - 0,00011 \times \text{NC}^2 + 0,1239 \times \text{PC}^{0,75} + 2,8189 \times \text{GMD} - 0,775 \times \text{GMD}^2$$

( $R^2 = 0,717$ ) (Equação 2.5)

em que NC, é o teor de concentrado na dieta (% da MS total da dieta);  $\text{PC}^{0,75}$ , peso corporal médio metabólico, em kg; GMD, ganho de peso médio diário, em kg/dia.

Tabela 2.5 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para o desenvolvimento da equação de predição do consumo de matéria seca de bovinos alimentados com teores de concentrado conhecidos

Item	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	983	7,55	2,07	2,05	13,8
Peso corporal, kg	983	362	88,3	133	647
Peso corporal metabólico, kg	983	82,9	15,8	39,2	128,2
Ganho de peso médio diário, kg/dia	983	0,97	0,41	-0,14	2,26
Nível de concentrado, %	983	45,6	24,0	0,00	85,0
<b>Cruzados de corte</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	432	8,22	1,73	2,75	12,9
Peso corporal, kg	432	383	61,8	231	538
Peso corporal metabólico, kg	432	86,4	10,6	59,3	112
Ganho de peso médio diário, kg/dia	432	1,32	0,34	0,48	2,44
Nível de concentrado, %	432	61,9	21,6	25,0	100

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Para a validação dos resultados, utilizou-se banco de dados independente com 106 unidades experimentais para zebuínos e 137 para cruzados de corte (Tabela 2.6). Os dados foram obtidos de publicações entre 2005 e 2015 na Revista Brasileira de Zootecnia, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Semina: Ciências Agrárias, Acta Scientiarum, Animal Sciences, Revista Ciência Agronômica, Journal of Animal Science e Boletim da Indústria

Animal, cujas referências podem ser acessadas no Apêndice 2.4 em [www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br).

Na seleção desse banco de dados não se preocupou em estabelecer seleção para dietas com alto concentrado justamente para verificar a sensibilidade do modelo de predição em diferentes proporções de concentrado na dieta e isto pode ser observado na estatística descritiva do banco de dados da validação (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para a validação da predição do consumo de matéria seca de bovinos alimentados com diferentes teores de concentrado

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Zebuínos</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	106	8,68	1,61	2,96	12,3
Peso corporal, kg	106	416	53,5	223	494
Peso corporal metabólico, kg	106	91,9	9,18	57,7	105
Ganho de peso médio diário, kg/dia	106	1,19	0,30	0,15	1,75
Nível de concentrado, %	106	62,1	20,3	0,00	95,4
<b>Cruzados de corte</b>					
Consumo de matéria seca, kg/dia	137	8,98	1,47	6,11	13,60
Peso corporal, kg	137	394	48,2	265	520
Peso corporal metabólico, kg	137	88,3	8,18	65,6	109
Ganho de peso médio diário, kg/dia	137	1,40	0,27	0,76	2,17
Nível de concentrado, %	137	55,0	17,9	11,0	100

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

O resultado observado na Tabela 2.7 indicou que a equação de predição do CMS com teor de concentrado conhecido pode ser utilizada com segurança. Assim, considerando que o formulador de dietas saiba qual a

concentração de concentrado será utilizada na dieta, ou tenha uma relação de volumoso: concentrado definida, o BR-CORTE sugere que essa equação possa ser utilizada.

Tabela 2.7 - Estatística para relação entre os valores observados e os preditos pelas equações de predição de CMS por bovinos alimentados com diferentes teores de concentrado

Item	Zebuínos	Cruzados de corte
Intercepto	-1,3568	0,9373
Valor P <sup>1</sup> (Ho: a = 0)	0,0623	0,2379
Inclinação	1,1577	0,9390
Valor P <sup>2</sup> (Ho: b = 1)	0,0582	0,5064
r <sup>2</sup>	0,6552	0,4377
Viés médio	0,0105	0,4144
Coefficiente de correlação concordante	0,7602	0,5920
Quadrado médio do erro de predição	0,9254	1,3961
Decomposição do quadrado médio do erro de predição		
Quadrado do vício	0,0001 (0,01%)	0,1717 (12,30%)
Magnitude de flutuação aleatória	0,0315 (3,41%)	0,0040 (0,29%)
Modelo de flutuação aleatória	0,8938 (96,58%)	1,2203 (87,41%)

<sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996). <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996).

Com base nas equações 2.4 e 2.5 são apresentados na Tabela 2.8, os consumos de matéria seca estimados para zebuínos e cruzados de corte terminados em

confinamento obtidos para diferentes pesos corporais e ganhos de peso, considerando três teores de concentrado (30; 60 e 90%) na dieta.

Tabela 2.8 - Consumos estimados de matéria seca para zebuínos e cruzados de corte terminados em confinamento obtidos para diferentes pesos corporais e ganhos de peso, considerando três teores de concentrado (30; 60 e 90%)

Peso corporal (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	Concentrado (%)	Consumo de matéria seca (kg)	
			Zebuínos (Equação 2.4)	Cruzados de corte (Equação 2.5)
200	0,5	30	4,28	3,13
		60	4,23	3,08
		90	4,09	2,82
	1,0	30	5,19	3,96
		60	5,15	3,90
		90	5,01	3,65
	1,5	30	5,98	4,40
		60	5,93	4,34
		90	5,79	4,09
300	0,5	30	5,87	5,47
		60	5,82	5,42
		90	5,68	5,17
	1,0	30	6,79	6,30
		60	6,74	6,25
		90	6,60	5,99
	1,5	30	7,57	6,74
		60	7,52	6,69
		90	7,38	6,43
400	0,5	30	7,33	7,62
		60	7,28	7,57
		90	7,15	7,32
	1,0	30	8,25	8,45
		60	8,20	8,40
		90	8,07	8,14
	1,5	30	9,03	8,89
		60	8,99	8,84
		90	8,85	8,58
500	0,5	30	8,71	9,64
		60	8,66	9,59
		90	8,52	9,33
	1,0	30	9,62	10,47
		60	9,58	10,42
		90	9,44	10,16
	1,5	30	10,41	10,91
		60	10,36	10,86
		90	10,22	10,60

***Predição e validação do consumo de matéria seca por bovinos criados a pasto recebendo níveis moderados de suplementação***

O Brasil é um país de dimensões continentais, sendo o quinto do mundo em extensão territorial, com uma área de 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, sendo que 172,3 milhões de hectares são

destinados à pastagem (IBGE, 2007). Além disso, apresenta uma grande diversidade de clima e vegetação, que aliado à extensão territorial possibilita que os sistemas de produção de carne bovina sejam caracterizados pelo uso de forragem como dieta basal. A grande maioria do sistema de produção de carne bovina brasileiro é produzido com animais sob condição de



pastagem e apenas 11,1% foram terminados em confinamento (ABIEC, 2014) dos 42 milhões de bovinos abatidos no Brasil em 2014 (Anualpec, 2015).

De acordo com Paulino et al. (2005), deve haver grande destaque quanto à utilização sustentável das pastagens para produção de bovinos de corte, uma vez que esses recursos representam a principal e mais econômica fonte de nutrientes para os animais.

Predizer o consumo por bovinos criados a pasto não é uma tarefa fácil. Em sua revisão, Coleman et al. (1999) observaram que o CMS de bovinos em pastejo varia em função tanto da qualidade e das características físicas da forragem e também, devido ao estado fisiológico do animal.

Para Lardy et al. (2004), a principal limitação em estabelecer modelos de predição de CMS para bovinos em pastejo é que as principais pesquisas foram realizadas com estimativas indiretas, utilizando indicadores externos e internos para prever o CMS. Além disso, animais que pastejam têm a capacidade de avaliar a forragem disponível e selecionar uma dieta que atenda as suas necessidades nutricionais (Coleman e Sollenberger, 2007; Launchbaugh e Doherty, 2007). Então, a seletividade acaba interferindo na possibilidade de quantificar a composição química da dieta dos animais em pastejo e desta forma, prever com exatidão quais os nutrientes ingeridos por esses animais.

Portanto, deve ser considerado que as estimativas de predição de CMS por bovinos em pastejo sejam mais complexas do que a dos animais confinados e o bom senso deve prevalecer ao utilizar as equações desenvolvidas. O pasto deve ser entendido como um componente do sistema de produção com elevada complexidade, uma vez que este fornece substratos aos animais e é passível de apresentar uma variação qualitativa e quantitativa ao longo do ano, influenciada principalmente por fatores abióticos (e.g., precipitação, temperatura e radiação solar) (Detmann et al., 2004).

A utilização das gramíneas tropicais como única fonte de proteína e energia é inviável

para o atendimento das exigências nutricionais de bovinos em crescimento ou terminação (Moore, 1999). Isso ocorre porque as pastagens, geralmente, não contêm todos os nutrientes essenciais nas proporções adequadas para atender às exigências nutricionais dos animais. Portanto, sistemas de alimentação combinando forragem basal e suplemento concentrado se fazem necessários a fim de viabilizar o ajuste nutricional e melhorar a produção animal à pasto.

Moore (1980) relatou três efeitos possíveis de serem identificados entre suplementação e consumo de forragem: aditivo; associativo e substitutivo. No primeiro, o consumo de forragem permanece constante, independente do nível de suplementação, mas o consumo total aumenta na mesma proporção do nível suplementado; no efeito associativo, o consumo total também aumenta, mas há redução do consumo de forragem; já no substitutivo, o consumo total permanece constante, porém, há redução no consumo de forragem, que é substituído pelo consumo de suplemento.

O efeito substitutivo obtido com a suplementação é diretamente proporcional à qualidade da forragem, sendo maior com forragens de alta qualidade em comparação a forragens de baixa qualidade (Minson, 1990). Havendo substituição, é desejável que sejam assumidos valores inferiores a 1,0 g/g, observando-se redução do consumo de pasto, mas ampliação do consumo total (Costa et al., 2011).

Diante da importância da estimativa de CMS de bovinos em condições tropicais criados a pasto e recebendo suplementação sugere-se o uso do modelo de predição específico que leve em consideração o CMS do suplemento (CMSs, kg/dia). Para o desenvolvimento desta equação utilizou-se um banco de dados, cujas referências completas podem ser acessadas no apêndice 2.5 em [www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br).

Nas informações referentes à estatística descritiva do banco de dados (Tabela 2.9), observou-se ampla variação das informações para que pudessem ser geradas equações de predição em mais abrangentes situações de campo.

Tabela 2.9 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para predição do consumo de matéria seca para zebuínos criados à pasto

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Peso corporal médio, kg	946	274	86,0	102	568
Peso corporal metabólico, kg	946	66,9	15,5	32,1	116
Ganho de peso médio diário, kg/dia	929	0,49	0,30	-0,39	1,14
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	944	5,20	2,08	1,21	14,6
Suplemento, kg/dia	948	0,78	0,61	0,00	4,42

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Foi possível estabelecer a seguinte equação de predição do CMS para Zebuínos em pastejo, recebendo suplementação, em condições tropicais:

#### Zebuínos suplementados a pasto:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,912 + 0,900 \times \text{CMSs} + 0,094 \times \text{PC}^{0,75} + 1,070 \times \text{GMD} - 1,395 \times \text{GMD}^2 \quad (R^2 = 0,600) \quad (\text{Equação 2.6})$$

em que CMSs, é o consumo de suplemento em kg/dia;  $\text{PC}^{0,75}$ , o peso corporal metabólico, em kg e; GMD, o ganho de peso médio diário, em kg/dia.

Para a validação dessa equação, utilizou-se um banco de dados independente oriundo dos periódicos: Revista Brasileira de Zootecnia, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Semina: Ciências Agrárias, Asian Australasian Journal of Animal Science, Bioscience Journal, Acta Scientiarum. Animal Sciences, Enciclopédia

Biosfera e Pesquisa Agropecuária Brasileira, cujas referências completas podem ser acessadas no apêndice 2.6 em [www.brcorte.com.br](http://www.brcorte.com.br).

De forma geral, as amplitudes totais das variáveis presentes no banco de dados para validação da equação de predição de CMS por Zebuínos à pasto (Tabela 2.10) representam as características brasileiras dos sistemas extensivo de produção de bovinos de corte à pasto e suplementados, sendo representativas para serem utilizadas na validação da equação.

Observou-se que as respostas aos valores observados e preditos confirmam a exatidão e precisão, uma vez que a equação estimou corretamente o CMS representado pela não significância do intercepto e inclinação e pelo baixo valor do quadrado médio do erro de predição (Tabela 2.11), indicando possibilidade de ser aplicada para animais criados a pasto e suplementados.

Tabela 2.10 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas para validação da equação de predição do consumo de matéria seca para Zebuínos criados à pasto

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Peso corporal médio, kg	135	335	80,3	133	474
Peso corporal metabólico, kg	135	77,9	14,6	39,2	102
Ganho de peso médio diário, kg/dia	135	0,59	0,27	-0,18	1,34
Consumo					
Matéria seca, kg/dia	135	6,93	2,24	1,98	12,3
Suplemento, kg/dia	135	1,25	1,22	0,00	5,32

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Tabela 2.11 -Estatística para relação entre os valores observados e os preditos pela equação de predição de consumo de matéria seca por bovinos criados à pasto

Item	Zebuínos criados à pasto
Intercepto	0,5336
Valor P <sup>1</sup> (Ho: a = 0)	0,1675
Inclinação	0,9699
Valor P <sup>2</sup> (Ho: b = 1)	0,5911
r <sup>2</sup>	0,69
Viés médio	0,3348
Coefficiente de correlação concordante	0,8124
Quadrado médio do erro de predição	1,651
Decomposição do Quadrado médio do erro de predição	
Quadrado do vício	0,1121 (6,79%)
Magnitude de flutuação aleatória	0,0034 (0,20%)
Modelo de flutuação aleatória	1,5355 (93,01%)

<sup>1</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro a = 0 (Neter et al., 1996). <sup>2</sup> Valor da probabilidade para teste de hipótese onde valor do parâmetro b = 1 (Neter et al., 1996).

Ressalta-se que a equação 2.6 deve ser usada para prever o CMS em animais na recria ou que recebem níveis moderados de concentrado (até 4,5 kg/dia), e que apresentem ganhos de peso moderados (até 1,15 kg/dia). Deve-se considerar ainda, que grande parte dos dados usados para construir essa equação foram obtidos em períodos de seca.

Os consumos estimados pela equação 2.6 podem ser observados na Tabela 2.12, onde é possível observar variações de combinações entre peso corporal, ganho de peso diário e consumo de suplemento.

#### **DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES PARA PREDIZER O CONSUMO DE MATÉRIA SECA RESIDUAL E O GANHO DE PESO RESIDUAL DE ZEBUÍNOS NO BRASIL**

O Brasil ocupa posição de destaque como fornecedor de proteína animal para a população mundial, já que nos últimos anos vem sendo o maior ou o segundo maior exportador em quantidade de carne bovina, possuindo o maior rebanho comercial de bovinos do mundo com cerca de 200 milhões de cabeças (Anualpec, 2015).

Paralelo a esse crescimento, a pecuária de corte brasileira tem passado por profundas transformações no mercado interno,

principalmente a partir do momento em que houve aumento de competitividade e das exigências de mercado por produção de carne sustentável, sob todos os aspectos (econômico, social e ambiental) e, também, por produção de carne de baixo custo e de alta qualidade, entendendo-se, agora, como qualidades nutricionais e de segurança alimentar.

Para se adequar a essas mudanças, os empresários do setor agropecuário têm sido cada vez mais exigidos a usar tecnologias coerentes com os ambientes biológicos e sócio-econômicos, garantindo desenvolvimento sustentável, segurança alimentar e conciliação de produção com conservação ambiental.

Para alcançar esse patamar é preciso aumentar a eficiência dos sistemas de produção na pecuária que garanta incrementos na produtividade e redução dos impactos ambientais, ou seja, não há demanda apenas para produção de carne, mas sim, de alimentos com elevado valor agregado, produzido a baixo custo e de forma ambientalmente correta, com baixa emissão de gases de efeito estufa e de resíduos, e sem a necessidade de utilização de áreas atualmente ocupadas com vegetação nativa ou destinadas à produção de grãos.

Tabela 2.12 - Consumos de matéria seca estimados para bovinos terminados a pasto de diferentes pesos corporais, ganhos de peso e consumos de suplemento (CMSs)

Peso corporal (kg)	Ganho de peso (kg/dia)	CMSs (kg/dia)	CMStotal (Eq. 2.6)	
200	0,00	0,00	3,09	
		0,80	3,81	
		1,60	4,53	
	0,50	0,00	3,27	
		0,80	3,99	
		1,60	4,71	
	1,00	0,00	2,76	
		0,80	3,48	
		1,60	4,20	
	300	0,00	0,00	4,86
			1,20	5,94
			2,40	7,02
0,50		0,00	5,05	
		1,20	6,13	
		2,40	7,21	
1,00		0,00	4,54	
		1,20	5,62	
		2,40	6,70	
400		0,00	0,00	6,50
			1,60	7,94
			3,20	9,38
	0,50	0,00	6,68	
		1,60	8,12	
		3,20	9,56	
	1,00	0,00	6,17	
		1,60	7,61	
		3,20	9,05	
	500	0,00	0,00	8,03
			2,00	9,83
			4,00	11,6
0,50		0,00	8,21	
		2,00	10,0	
		4,00	11,8	
1,00		0,00	7,70	
		2,00	9,50	
		4,00	11,3	

Diante dos novos desafios para aumentar a eficiência nos sistemas de produção de carne sustentável, assume-se como papel fundamental a eficiência de utilização dos nutrientes das dietas. O uso eficiente dos nutrientes da dieta é uma das premissas dos sistemas de produção animal sustentáveis, visto que isto pode, potencialmente, minimizar ou mesmo evitar perdas excessivas de nutrientes, prejudiciais

ao meio ambiente, com reflexos na viabilidade econômica da atividade pecuária.

Neste sentido, a seleção de indivíduos geneticamente superiores na eficiência alimentar torna-se uma necessidade urgente de ser implementada. Para isto, o conhecimento do consumo de matéria seca (CMS) e das exigências nutricionais dos bovinos representa a base da Nutrição de Precisão, visto que dietas balanceadas adequadamente, de acordo com as

necessidades diárias de energia, proteína e minerais, proporcionam o uso racional dos alimentos e, conseqüentemente, contribuem para a minimização dos impactos ambientais e dos custos de produção, otimizando a competitividade, lucratividade e sustentabilidade da pecuária de corte. Mas também saber como selecionar os melhores indivíduos, utilizando esta ferramenta, é uma tarefa que vem sendo desenvolvida de forma diferente por muitos pecuaristas.

O uso de informações sobre consumo alimentar residual (CAR) como ferramenta alternativa para a identificação de animais mais eficientes tem sido utilizado nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. No entanto, segundo Berry e Crowley (2012), o CAR não está correlacionado com o GMD, e embora o CAR possa ser um bom indicador da eficiência alimentar, ele pode não ter aceitação por parte dos produtores, pois, ao selecionar os melhores indivíduos pelo CAR, eles podem estar selecionando indivíduos de crescimento lento e que consomem quantidades relativamente pequenas de MS. O ganho de peso corporal residual (GR) (Crowley et al., 2010) é semelhante ao CAR, e com o inconveniente de estar selecionando indivíduos com rápidas taxas de crescimento, porém que consomem grandes quantidades de matéria seca. Pensando nos inconvenientes de

cada um desses fatores, Berry e Crowley (2012) propuseram um índice chamado de consumo e ganho residual (GCAR), onde levaria em consideração a seguinte equação:  $GCAR = -CAR + GR$ .

Para que esta proposta tenha impacto no melhoramento do rebanho nacional, é preciso modelos de predição do CMS e GMD que sejam confiáveis para serem utilizados pelos melhoristas. Com base no banco de dados dos animais zebuínos (Tabela 2.1), desenvolveram-se modelos de predição do CMS e GMD de zebuínos no Brasil:

$$CMS \text{ (kg/dia)} = -1,5187 + 0,07941 \times PC^{0,75} + 2,6519 \times GMD \text{ (R}^2 = 0,813) \quad \text{(Equação 2.7)}$$

$$GMD \text{ (kg/dia)} = 0,3285 - 0,01113 \times PC^{0,75} + 0,2041 \times CMS \text{ (R}^2 = 0,598) \quad \text{(Equação 2.8)}$$

Para verificar a distribuição dos valores de CAR e GR do banco de dados, estabeleceu-se a relação entre o CAR e o ganho de peso (Figura 2.1) e GR e o ganho de peso (Figura 2.2).

Na seleção dos 10% melhores animais presentes nesse banco de dados, observaram-se diferenças entre os valores de CAR, GR e GCAR (Tabela 2.13).

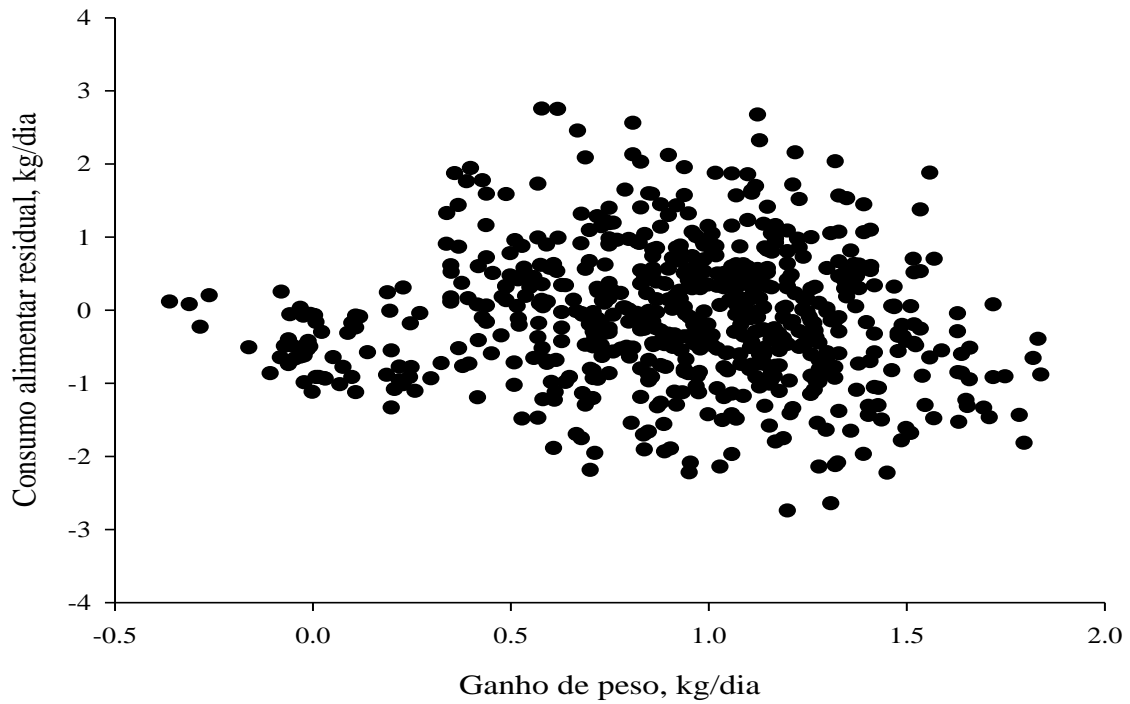


Figura 2.1 - Consumo alimentar residual em função do ganho de peso de bovinos zebuínos.

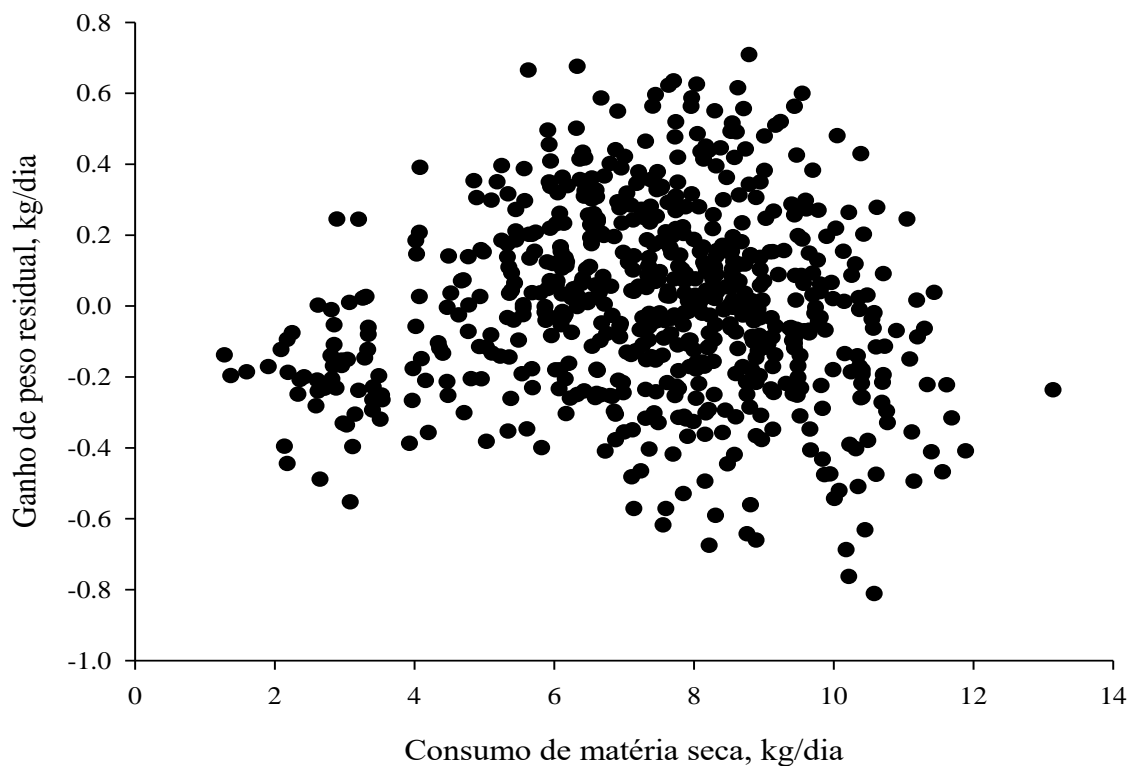


Figura 2.2 - Ganho de peso residual em função do consumo de matéria seca de bovinos zebuínos.

Tabela 2.13 - Estatística descritiva para os valores dos 10% melhores indivíduos do banco de dados de zebuínos para consumo alimentar residual, ganho de peso residual e consumo e ganho residual em conjunto

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Consumo alimentar residual</b>					
Peso corporal inicial, kg	64	327	60,7	199	448
Peso corporal final, kg	64	439	58,4	300	548
Peso corporal médio, kg	64	393	54,7	257	483
Ganho de peso médio diário, kg/d	64	1,12	0,37	0,20	1,80
Consumo de matéria seca, kg/dia	64	6,96	1,25	4,03	9,56
<b>Ganho de peso residual</b>					
Peso corporal inicial, kg	64	308	61,5	158	446
Peso corporal final, kg	64	441	67,5	210	548
Peso corporal médio, kg	64	374	58,6	184	483
Ganho médio diário, kg/d	64	1,41	0,24	0,84	1,84
Consumo de matéria seca, kg/dia	64	7,62	1,32	4,09	10,4
<b>Consumo e ganho residual</b>					
Peso corporal inicial, kg	64	325	60,8	199	448
Peso corporal final, kg	64	444	55,8	300	548
Peso corporal médio, kg	64	390	52,6	257	483
Ganho de peso médio diário, kg/d	64	1,21	0,33	0,53	1,80
Consumo de matéria seca, kg/dia	64	7,11	1,21	4,09	9,56

N: número de unidades experimentais; DP: desvio padrão.

Pode-se observar que, em média, a seleção para CAR seleciona os animais de menor CMS em relação à seleção do ganho de peso residual. Já para o ganho de peso residual houve a seleção dos animais para o maior GMD em relação à seleção para CAR. No entanto, quando a seleção dos 10% melhores foi realizada pelo CGR existiu uma convergência entre os valores de CAR e GR para seleção dos melhores indivíduos com CMS e GMD intermediários entre os valores médios observados para CAR e GR, possibilitando menores variações entre os valores mínimos e máximos.

Com banco de dados independente originado da pesquisa de Zanetti et al. (2016, dados da tese de DS ainda não publicados), onde eles utilizaram tourinhos jovens, com idade contemporânea de oito meses, gerados na mesma estação de monta e sendo confinados *ad libitum* recebendo, em baias

individuais, dieta com 60% de concentrado, com coleta de dados após período de adaptação, para evitar o ganho de peso compensatório, e frutos de trabalho de seleção genética para ganho de peso de animais da raça Nelore, observou-se que se for utilizada a equação 2.7 para obtenção do CAR ou a equação 2.8 para obtenção do GR, observará que 77,5% dos tourinhos teriam CAR negativa, sendo 50% representado com CAR variando de 0 até -0,5 kg/dia. Na seleção para GR, notou-se que 80% deles tinha GR positivo e com variação de 0 até 0,5 kg/dia.

Ao selecionar os animais com os dez maiores valores de GCAR (Tabela 2.14), pode-se verificar a eficácia das equações desenvolvidas para predição do CMS e GMD em programas de melhoramento genético de bovinos de corte, sendo que os mais eficientes encontram-se numa situação intermediária entre os melhores CAR e os melhores GR.

Tabela 2.14 - Valores de ganho e consumo alimentar residual (GCAR), consumo alimentar residual (CAR), ganho de peso residual (GR), consumo de matéria seca (CMS) e ganho de peso médio diário (GMD) dos 10 melhores Zebuínos para GCAR

Animal	GCAR	CAR	GR	GMD	CMS
1	3,47	-0,77	0,33	1,33	7,81
2	3,46	-0,73	0,34	1,35	7,77
3	3,13	-0,85	0,27	1,17	7,37
4	2,80	-0,58	0,32	1,12	7,40
5	2,24	-0,53	0,27	1,35	8,36
6	2,25	-0,68	0,23	1,12	7,10
7	2,09	-0,43	0,29	1,38	8,18
8	1,84	-0,47	0,25	1,15	6,62
9	1,70	-0,59	0,20	1,07	6,92
10	1,24	-0,38	0,21	1,17	7,26

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações para predição do consumo de matéria seca para bovinos confinados em condições tropicais são:

$$\text{Zebuínos: CMS (kg/dia)} = -1,7824 + 0,07765 \times PC^{0,75} + 4,0415 \times GMD - 0,8973 \times GMD^2 \quad (\text{Equação 2.1})$$

$$\text{Cruzados de corte: CMS (kg/dia)} = -0,6273 + 0,06453 \times PC^{0,75} + 3,871 \times GMD - 0,614 \times GMD^2 \quad (\text{Equação 2.2})$$

$$\text{Cruzados de leite: CMS (kg/dia)} = -2,8836 + 0,08435 \times PC^{0,75} + 4,5145 \times GMD - 0,9631 \times GMD^2 \quad (\text{Equação 2.3})$$

Alternativamente, podem-se usar as equações abaixo, quando se conhece o teor de concentrado a ser usado na formulação da dieta:

$$\text{Zebuínos: CMS (kg/dia)} = -1,303 + 0,0029 \times NC - 0,00005 \times NC^2 + 0,0843 \times PC^{0,75} + 2,243 \times GMD - 0,271 \times GMD^2 \quad (\text{Equação 2.4})$$

$$\text{Cruzados de corte: CMS (kg/dia)} = -4,8196 + 0,0081 \times NC - 0,00011 \times NC^2 + 0,1239 \times PC^{0,75} + 2,8189 \times GMD - 0,775 \times GMD^2 \quad (\text{Equação 2.5})$$

Para predizer o consumo de matéria seca por **bovinos em pastejo** é indicada a seguinte equação:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,912 + 0,900 \times CMSs + 0,094 \times PC^{0,75} + 1,070 \times GMD - 1,395 \times GMD^2 \quad (\text{Equação 2.6})$$

Para utilizar em programas de **melhoramento genético de zebuínos**, sugerem-se as seguintes equações de predição:

$$\text{CMS (kg/dia)} = -1,5187 + 0,07941 \times PC^{0,75} + 2,6519 \times GMD \quad (\text{Equação 2.7})$$

$$\text{GMD (kg/dia)} = 0,3285 - 0,01113 \times PC^{0,75} + 0,2041 \times CMS \quad (\text{Equação 2.8})$$



## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Danilo Domingues Millen da Universidade Estadual Paulista – Campus Dracena (UNESP), à professora Telma Berchielli da Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticabal (UNESP), ao professor Ivanor Nunes do Prado

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira das Indústrias exportadoras de Carne – ABIEC. *Exportações Brasileiras de Carne Bovina*. 2014. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>. Acesso em 23 de junho de 2016.
- Agricultural and Food Research Council – AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 159p, 1993.
- Allen, D. Rationing Beef Cattle. Chalcombe Publications, Church Lane, Kingston, UK, 79 p, 1992.
- Allen, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83:1598-1624, 2000.
- Allen, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 74:3063-3075, 1996.
- Allen, M. S.; Bradford, B. J.; Harvatine, K. J. The cow as a model to study food intake regulation. *Annual Review of Nutrition*, 25:523-547, 2005.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; De Moraes, G.; Leonardo, J.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728, 2013.
- Anand, B. K.; Brobeck, J. R. Localization of a "feeding center" in the hypothalamus of the rat. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 77:323-324, 1951.
- Anele, U. Y.; Dobby, 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*, 92:2660-2667, 2014.
- ANUALPEC – *Anuário da Pecuária Brasileira*. 22 Ed. São Paulo: Instituto FNP. 280 p. 2015.
- da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao professor Fabiano Alvim Barbosa da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (EV- UFMG) pela disponibilidade de dados de consumo individual de bovinos provenientes de pesquisas nessas Instituições.
- Bell, C. G.; Walley, A. J.; Froguel, P. The genetics of human obesity. *Nature Reviews Genetics*, 6:221-234, 2005.
- Berry, D. P.; Crowley, J. J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 90:109-115, 2012.
- Beef Cattle Nutrient Requirements Model – BCNRM. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Eighth Revised Edition. Washington, D.C: The National Academies Press, 494 p, 2016.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria 51, de 24 de maio de 1991. Proíbe a produção, importação, comercialização e uso de substâncias naturais ou artificiais, com atividade anabolizante, ou outras, dotadas dessa atividade para fins de crescimento e ganho de peso dos animais de abate. *Diário Oficial*, Brasília, 1991.
- Cervieri, R. C.; Carvalho, J. C. F.; Martins, C. L. Evolução do manejo nutricional nos confinamentos brasileiros: importância da utilização de subprodutos da agroindústria em dietas de maior inclusão de concentrado. In: Simpósio Internacional de Nutrição de Ruminantes – *Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados*, Botucatu, 2009, Anais... Botucatu: Simpósio de Nutrição de Ruminantes, 2-22, 2009.
- Choi, B. R.; Palmquist, D. L. High fat diets increase plasma cholecystokinin and pancreatic polypeptide, and decrease plasma insulin and feed intake in lactating cows. *The Journal of Nutrition*, 126:2913-2919, 1996.
- Coleman S. W.; Sollenberger, L. E. Plant-herbivore interactions. In: Barnes, R. F.; Nelson, C. J.; Lick, C. W. (Ed.) *Forages: The Science of Grassland Agriculture*, Blackwell Publishing, Ames, I.A., 2:123-136, 2007.
- Coleman, S. W.; Lippke, H.; Gill, M. Estimating the nutritive potential of forages. In: Jung, H. G., Fahey Jr., C. G. (Ed.) Nutritional ecology of herbivores: Proc. Vth Int. Symp. Nutr. Herbivores. *Am. Soc. Anim. Sci.*, Savoy, IL, 647-695, 1999.

- Costa, V. A. C.; Detmann, E.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Carvalho, I. P. C.; Monteiro, L. P. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 8, p.1788-1798, 2011.
- Crespo, C. S.; Cachero, A. P.; Jiménez, L. P.; Barrios, V.; Ferreira, E. A. Peptides and food intake. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 5:58, 2014.
- Crowley, J. J.; Mcgee, M.; Kenny, D. A.; Crews Jr, D. H.; Evans, R. D.; Berry, D. P. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. *Journal of Animal Science*, 88:885-894, 2010.
- Currie, P. J.; Mirza, A.; Fuld, R.; Park, D.; Vasselli, J. R. Ghrelin is an orexigenic and metabolic signaling peptide in the arcuate and paraventricular nuclei. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289:R353-R358, 2005.
- Detmann, E. Fibra na nutrição de novilhas leiteiras. In: Pereira, E. S., Pimentel, P. G., Queiroz, A. C., Mizubuti, I. Y. (Ed.). *Novilhas leiteiras*. Gráfica: Fortaleza, 253–302, 2010.
- Detmann, E.; Paulino, M. F.; Zervoudakis, J. T.; Cecon, P. R.; Valadares Filho, S. C.; Gonçalves, L. C.; Cabral, L. S.; Melo, A. J. N. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante a época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:169-180, 2004.
- Detmann, E.; Queiroz, A. C. D.; Cecon, P. R.; Zervoudakis, J. T.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Cabral, L. S.; Lana, R. P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:1763-1777, 2003.
- Detmann, E.; Gionbelli, M. P.; Huhtanen, P. A. meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Animal Science*, 92:4632-4641, 2014.
- Dietrich, M. O.; Horvath, T. L. Feeding signals and brain circuitry. *European Journal of Neuroscience*, 30:1688-1696, 2009.
- Forbes, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20:132-146, 2007.
- Forbes, J. M.; Provenza, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: Cronje, P. (Ed.) *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. CAB International, Wallingford, U.K, 3-19, 2000.
- Fox, D. G.; Sniffen, C. J.; O'Conner, J. D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *Journal of Animal Science*, 66:1475-1495, 1988.
- Galyean, M. L.; Dilorenzo, N.; McMeniman, J. P.; Defoor, P. J. Alpha beef cattle nutrition symposium: Predictability of feedlot cattle growth performance. *Journal of Animal Science*, 89:1865-1872, 2011.
- Galyean, M. L.; Hubbert, M. E. Predicting intake by beef cattle—Relationship of dry matter intake to initial weight. *Clayton Livest. Res. Ctr. Prog. Rep*, 80, 1992.
- Galyean, M. L.; Goetsch, A. L. Utilization of forage fiber by ruminants. In: Jung, H. G.; Buxton, D. R.; Hatfield, R. D.; Ralph, J. (Ed.) *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 33-71, 1993.
- Grant, A. L.; Helferich, W. G. An overview of growth. In: Pearson, A. M.; Dutson, T. R. (Eds.). *Growth regulation in farm animals*. London: Elsevier Applied Science, 1-15, 1991.
- Harper, K. J.; McNeill, D. M. The Role of iNDF in the Regulation of Feed Intake and the Importance of Its Assessment in Subtropical Ruminant Systems (the Role of iNDF in the Regulation of Forage Intake). *Agriculture*, 5:778-790, 2015.
- Hetherington, A. W.; Ranson, S. W. Hypothalamic lesions and adiposity in the rat. *The Anatomical Record*, 78:149-172, 1940.
- Huhtanen, P.; Rinne, M.; Nousiainen, J. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: A revision of the relative silage dry matter intake index. *Animal*, 1:758–770, 2007.
- Huuskonen, A.; Huhtanen, P.; Joki-Tokola, E. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. *Livestock Science*, 158:74-83, 2013.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Censo agropecuário 1920/2006*. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO02>. Acesso em 20 Junho 2015.

- Ingvartsen, K. L.; Andersen, H. R.; Foldager, J. Random variation in voluntary dry matter intake and the effect of day length on feed intake capacity in growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica A – Animal Sciences*, 42:121-126, 1992.
- Jorge, A. M.; Fontes, C. A. A.; Soares, J. E., Freitas, J. D.; Rodrigues, L. R. R.; Queiroz, A. C.; Resende, F. D. Características quantitativas da carcaça de bovinos e bubalinos, abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26:1039-1047, 1997.
- Keady, T.; Mayne, C.; Kilpatrick, D. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. *Livestock Production Science*, 89:129-138, 2004.
- Konturek, P. C.; Konturek, J. W.; Czesnikiewicz-Guzik, M.; Brzozowski, T.; Sito, E.; Konturek, S. J. Neuro-hormonal control of food intake: basic mechanisms and clinical implications. *Journal of Physiology and Pharmacology: An Official Journal of the Polish Physiological Society*, 56:5-25, 2005.
- Lage, I. N. K.; Paulino, P. V. R.; Pires, C. V.; Villela, S. D. J.; Duarte, M. S.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Maia, B. A.; Silva, L. H. P.; Teixeira, C. R. V. Intake, digestibility, performance, and carcass traits of beef cattle of different gender. *Tropical Animal Health and Production*, 44:361-367, 2012.
- Lardy, G. P.; Adams, D. C.; Klopfenstein, T. J.; Patterson, H. H. Building beef cow nutritional programs with the 1996 NRC beef cattle requirements model. *Journal of Animal Science*, 82:E83-E92, 2004.
- Launchbaugh, K. L.; Dougherty, C. T. Grazing animal Behavior. In: Barnes, R. F.; Nelson, C. J.; Lick, C. W. (Ed.) *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. v. 2, n.6, Blackwell Publishing, Ames, IA, 675–686, 2007.
- Lazzarini, I.; Detmann, E.; Sampaio, C. B.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.; Souza, M. A.; Oliveira, F. A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária*, 61:635-647, 2009.
- Leek, B.F. Sensory receptors in the ruminant alimentary tract. In: Milligan, L. P.; Grovum, W. L.; Dobson, A. (Eds.) *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Prentice Hall, New Jersey, 3–17, 1986.
- 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*, 37:2243-2250, 2008.
- Mayer, J.; Thomas, D. W. Regulation of food intake and obesity. *Science*, v. 156, n. 3773, p. 328-337, 1967.
- 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*, 87:1138, 2009.
- 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*, 88:3009-3017, 2010.
- 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: SBZ*, 188-219, 1992.
- Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr., G. C.; Collins, M.; Mertens, D. R.; Moser, L. E. (Eds.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science of America, 450-493, 1994.
- Miner, J. L. Recent advances in the central control of intake in ruminants. *Journal of Animal Science*, 70:1283-1289, 1992.
- Minson, D. J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press, 483 p, 1990.
- Moore, J. E. Forage crops. In: Hoveland, C. S. (Ed.) *Crop quality, storage and utilization*. Madison: ASA and CSSA, 61-91, 1980.
- Moore, J. E.; Brant, M. H.; Kunkle, W. E.; Hopkins, D. I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *Journal of Animal Science*, 77:122-135, 1999.
- National Research Council – NRC. Beef cattle. In: *Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals*. Washington, DC, 56-74, 1987.

- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. Updated 7th ed. National Academy Press, Washington, DC, 244 p, 2000.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th. rev. ed. Washington, DC, 244 p, 1996.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6th. ed. Washington: National Academy Press, 90 p, 1984.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th. rev. ed. Washington, D.C: National Academy Press, 381 p, 2001.
- Neal, H. D. C.; Thomas, C.; Cobby, J. M. Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*, 103:1-10, 1984.
- Neter, J.; Kutner, M. H.; Nachtsheim, C. J.; Wasserman, W. *Applied Linear Statistical Models*, 4th Ed. New York: McGraw-Hill. 1996.
- Nkrumah, J. D.; Li, C.; Yu, J.; Hansen, C.; Keisler, D. H.; Moore, S. S. Polymorphisms in the bovine leptin promoter associated with serum leptin concentration, growth, feed intake, feeding behavior, and measures of carcass merit. *Journal of Animal Science*, 83:20-28, 2005.
- Oliveira, A. S. D.; Detmann, E.; Campos, J. M. D. S.; Pina, D. D. S.; Souza, S. M. D.; Costa, M. G. Meta-analysis of the impact of neutral detergent fiber on intake, digestibility and performance of lactating dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:1587-1595, 2011.
- Paulino, M. F.; Moraes, E.; Zervoudakis, J. T.; Alexandrino, E.; Figueiredo, D. Fontes de energia em suplementos múltiplos de auto-regulação de consumo na recria de novilhos mestiços em pastagens de *Brachiaria decumbens* durante o período das águas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:957-962, 2005.
- Paulino, P. V. R.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Fonseca, M. A.; Vêras, 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*, 37:1079-1087, 2008.
- Pittroff, W.; Kothmann, M. M. Quantitative prediction of feed intake in ruminants II. Conceptual and mathematical analysis of models for cattle. *Livestock Production Science*, 71:151-169, 2001.
- Ribeiro, J. S.; Ladeira, M. M.; Gonçalves, T. M.; Whately, M. A.; Bassi, M. S.; Vallone, M. M. Avaliação das predições de consumo de matéria seca obtidas por meio dos sistemas de exigências nutricionais para grupos zebuínos confinados. In: 45ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras. *Anais... 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Lavras, 2008.
- Sampaio, C. B.; Detmann, E.; Lazzarini, I.; Souza, M. A. D.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:560-569, 2009.
- Simpfendorfer, S. *Relationship of body type, size, sex and energy intake to the body composition of cattle*. Dissertation. Cornell University., Ithaca, New York, 1974.
- Stanley, S.; Wynne, K.; McGowan, B.; Bloom, S. Hormonal regulation of food intake. *Physiological reviews*, 85:1131-1158, 2005.
- St-Pierre, N. R. Invited review: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *Journal of Dairy Science*, 84:741-755, 2001.
- Teixeira, J. C.; Hespanhol, A. N. A trajetória da pecuária bovina brasileira. *Caderno Prudentino de Geografia*, 36:26-38, 2015.
- Thornton, J. H.; Owens, F. N.; Gill, D. R. Feed intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight and time on feed. Annual report-Oklahoma *Agricultural Experiment Station* (USA), MP-117, 320, 1985.
- Triola, M. F. *Introdução à estatística*. Tradução Alfredo Alves de Farias. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 133, 1999.
- Valadares Filho, S. C.; Azevêdo, J. A. G.; Pina, D. S.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D. Predição do consumo de matéria seca de bovinos de corte em condições tropicais. In: VIII Congresso Internacional de Zootecnia e X Congresso Nacional de Zootecnia, Recife, 2006a, *Anais... Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco*, 1-26, 2006a.

- Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Magalhães, K. A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR-CORTE*. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, Suprema Gráfica Ltda, 142 p, 2006b.
- 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, Suprema Gráfica Ltda, 193 p, 2010.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.
- Véras, R. M. L.; Valadares Filho, S. C.; Azevêdo, J. A. G.; Detmann, E.; Paulino, P. V. R.; Barbosa, A. M.; Marcondes, M. I. Níveis de concentrado na dieta de bovinos Nelore de três condições sexuais: consumo, digestibilidade total e parcial, produção microbiana e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:951-960, 2008.
- Waldo, D. R.; Jorgensen, N. A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. *Journal of Dairy Science*, 64:1207-1229, 1981.
- Zanetti, D. *Water intake, environmental contaminants, and mineral balance in Nelore cattle* Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 162p., Dados não publicados.

