

Capítulo 3

Predição do consumo de matéria seca em sistemas confinados de bovinos de leite

André Soares de Oliveira¹, Fernando César Ferraz Lopes², Flavio Junior Gonçalves Vieira¹, Mariana Magalhães Campos², Luiz Gustavo Ribeiro Pereira², Fernanda Samarini Machado², Alexandre Lima Ferreira², Thierry Ribeiro Tomich²

A predição do consumo total de matéria seca tem importante aplicação no cálculo das exigências nutricionais dietéticas, na formulação de dietas, e no planejamento e manejo alimentar dos rebanhos. A regulação do consumo de alimentos é complexa e afetada por diversos fatores associados ao estágio fisiológico do animal, à dieta, ao manejo e ao ambiente. Por essa razão, ainda é desafiadora a predição adequada do consumo de alimentos e com a simplicidade necessária para ser utilizada pelos técnicos e produtores. Neste capítulo estão descritos o conjunto de dados e equações adotadas pelo comitê do BR- Leite para predição do consumo total de matéria seca de vacas em lactação e novilhas leiteiras em confinamento, contendo ainda avaliações da qualidade de predição em comparação com a de outros sistemas nutricionais.

1.1. INTRODUÇÃO

A predição do consumo total de matéria seca (CMS) pelos animais apresenta diversas aplicações na nutrição e alimentação animal, entre as quais destacam-se:

a) *Cálculo das exigências dietéticas de energia e nutrientes:* As exigências de energia e nutrientes dos animais são obtidas e expressas em termos absolutos, tais como Mcal/dia, MJ/dia e unidade de massa/dia (mg, g ou kg/

dia). Todavia, para formular e avaliar a adequação de dietas faz-se necessário também conhecer as exigências dietéticas, as quais são expressas com base na matéria seca (MS) (exemplos: Mcal/kg de MS; % da MS; g/kg da MS). As exigências dietéticas são obtidas pela divisão entre as exigências nutricionais absolutas e o CMS predito. Portanto, a predição acurada e precisa do CMS faz-se necessária para calcular adequadamente as exigências dietéticas de energia e nutrientes;

b) *Balanceamento de dietas:* O CMS é uma informação útil para cálculos de balanço entre suprimento e exigência de energia e nutrientes, e para calcular o consumo necessário de forragens e alimentos concentrados;

c) *Impacto na produtividade dos rebanhos:* o CMS talvez seja a principal variável nutricional responsável pelas variações no desempenho produtivo (Crampton et al., 1960). Com base nos dados apresentados na Tabela 2, avaliou-se a contribuição do CMS, da digestibilidade da dieta e da eficiência do animal em converter os nutrientes digestíveis ingeridos em produção de leite, sobre a produção de leite. Verificou-se que as variações no CMS responderam por 80% da variação na produção de leite, enquanto a eficiência de conversão da energia digestível para lactação por 16,6% e a digestibilidade da MS da dieta por apenas 1,3% (Figura 1);

¹ Dairy Cattle Research Lab, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop. andresoli@ufmt.br

² Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora/MG.

- d) *Planejamento alimentar e econômico dos rebanhos*: A alimentação representa o principal componente do custo de produção de leite. Como o consumo de alimentos é uma variável nutricional de elevado impacto na produtividade animal, a predição do CMS é pré-requisito essencial para que respostas produtivas e econômicas sejam adequadamente previstas e implementadas;
- e) *Manejo alimentar dos rebanhos*: O CMS predito pode ser usado como referência no monitoramento da ingestão de dietas em animais confinados, visando minimizar o impacto de fatores dietéticos, de manejo, sanitários e climáticos que podem reduzir o consumo e comprometer a produtividade dos rebanhos;
- f) *Avaliação do impacto ambiental dos sistemas produtivos*. Em diversos modelos de predição da emissão de metano entérico e excreção de nutrientes (por exemplo, nitrogênio e fósforo), o

CMS e os consequentes consumos de energia e componentes da dieta são as variáveis preditoras mais adotadas.

Diversas teorias foram propostas para explicar e prever o consumo voluntário de alimentos: glicostática (Mayer, 1953); lipostática (Kennedy, 1953); regulação fisiológica-física-pisicogênica (Conrad et al., 1964; Mertens, 1987; Allen, 1996); comportamento ingestivo (Allden e Whittaker, 1970); *feedback* metabólico (Illius e Jessop, 1996); consumo de oxigênio (Ketelaars e Tolcamp, 1996); teoria do mínimo desconforto total (Forbes, 2007) e oxidação hepática (Allen et al., 2009). Embora estas teorias forneçam valiosos conhecimentos sobre os processos e sinais envolvidos na regulação do consumo, nenhuma ainda foi capaz de unificar o mecanismo de regulação e predição.

A regulação da ingestão de alimentos é complexa (Lowell, 2019) e pode ser afetada por diversos fatores associados ao estágio fisiológico do animal, à dieta, ao manejo e ao clima (Mertens, 1994; Allen, 2014). De maneira geral, a regulação do consumo de alimentos pode ser explicada por mecanismos de curto e longo prazos. Regulação de curto prazo do consumo refere-se a eventos diários que afetam a quantidade, a frequência e o padrão das refeições (Mertens, 1987). A ingestão regulada por mecanismos de curto prazo é afetada por características físicas e químicas da dieta, além de estímulos endócrinos, neurais e humorais que desencadeiam sinais de fome ou saciedade (Mertens, 1987; Allen, 2000; Ingvarlsen e Andersen, 2000). O consumo representa então o produto da frequência e do tamanho das refeições, os quais são afetados pelos sinais de fome e saciedade, respectivamente. O mecanismo de longo prazo refere-se à regulação do consumo diário ao longo do tempo, durante o qual as exigências de manutenção e de produção são atendidas (Mertens, 1987). É reflexo direto do potencial genético do animal e engloba direcionamentos homeostáticos e homeorréticos (Bauman e

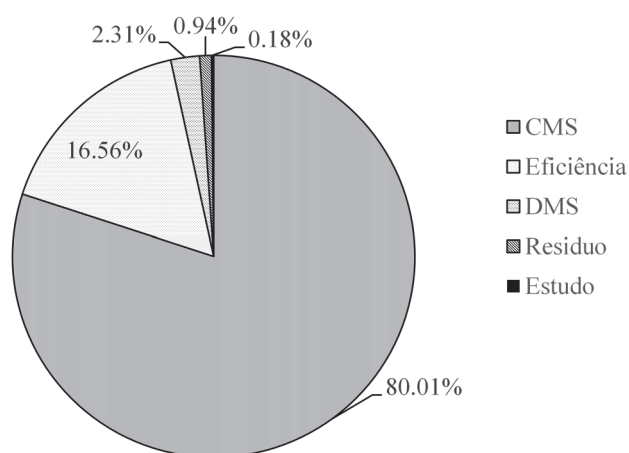


Figura 1. Componentes da variância total da produção de leite explicado pelo seguinte modelo teórico: produção de leite (kg/dia) = consumo de matéria seca (CMS; kg/dia) + digestibilidade da matéria seca da dieta (DMS) + eficiência de conversão da energia digestível ingerida em produção de leite (eficiência). Utilizou-se os dados descritos na Tabela 2. Avaliou-se por meio de um modelo linear misto, incluindo estudo como efeito aleatório, e CMS, DMS e eficiência como efeitos fixos

Fonte: Próprios autores.

Currie, 1980) que visam à manutenção do *status* nutricional e energético (Mertens, 1987).

Embora os mecanismos de curto prazo forneçam valiosos conhecimentos sobre os processos e sinais envolvidos na regulação do consumo, estas informações ainda não têm sido utilizadas para prever o consumo alimentar nos principais sistemas nutricionais. A dificuldade de transformar este conhecimento em um ferramental quantitativo acurado e de fácil adoção apresenta-se como principal limitação para uso de modelos de regulação de CMS de curto prazo na formulação e avaliação de dietas (Oliveira, 2014).

Assim, alguns dos mais usuais modelos de predição do CMS em bovinos leiteiros (Vadiveloo e Holmes, 1979; Quigley et al., 1986; NRC, 2001; Hoffman et al., 2008; Souza et al., 2014; Van Amburgh et al., 2015; Oliveira e Ferreira, 2016; Souza et al., 2019) são baseados em mecanismos de regulação de longo prazo. As variáveis preditoras mais comuns são aquelas relacionadas com as exigências para **manutenção** e **produção**, e aquelas mais facilmente obtidas, tais como massa corporal, escore de condição corporal, produção de leite, composição do leite e ganho de peso vivo. Ajustes para efeitos de dieta, clima, estágio fisiológico e grupos genéticos são também adotados, mas com menor frequência.

Uma outra característica desses modelos é que são de base empírica, ou seja, construídos a partir de ajustes do CMS observado com potenciais variáveis preditoras relacionadas ao animal, à dieta e/ou ao ambiente. Embora tais modelos sejam mais simples de serem adotados que os modelos mais teóricos, a robustez da qualidade da predição depende do tamanho e amplitude do conjunto de dados.

A seguir, serão apresentados o conjunto de dados e equações adotadas para predição do CMS para vacas em lactação e novilhas em recria para sistemas em confinamento.

1.2. PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA VACAS EM LACTAÇÃO

1.2.1. Construção das equações

As equações de predição do CMS para vacas em lactação confinadas foram desenvolvidas com base em Vieira (2017), desenvolvido na UFMT-Sinop.

a) Conjunto de dados

O conjunto de dados utilizado para construir os modelos de predição do CMS foi obtido a partir de 2.234 observações de unidades experimentais oriundas de 22 experimentos de alimentação realizados na Embrapa Gado de Leite (Tabela 1; referência no Anexo 1). As vacas foram alimentadas com dieta total ou dieta total parcial. No sistema de alimentação com dieta total parcial, os animais receberam suplementação com forragens e concentrados entre as ordenhas da manhã e da tarde, e tiveram acesso à pastagem somente após a ordenha da tarde. Salienta-se que este sistema de alimentação se refere aquele amplamente adotado por produtores de leite no Brasil no período seco do ano.

As principais forragens utilizadas foram (% das observações): mistura de capim elefante e cana de açúcar (68,6%), silagem de milho (18,7%), cana de açúcar (6,6%), capim-elefante (4,1%) e outras gramíneas forrageiras (2%). O grupo genético Holandês × Gir (animais com fração $\leq 7/8$ Holandês × Gir) representou 78% das observações e Holandês (animais com fração $> 7/8$ Holandês) 22%.

b) Equações de predição do consumo de matéria seca

As equações de predição foram ajustadas por meio de modelo não linear misto (Littell et al., 2006), incluindo o experimento como efeito aleatório e os fatores associados ao animal, dieta e/ou ambiente como efeitos fixos, conforme descrito em Souza et al. (2014). Utilizou-se um componente exponencial para ajuste de dias em lactação (Souza et al., 2014). Para

Tabela 1. Conjunto de dados utilizados para desenvolver as equações de predição do consumo de matéria seca (CMS) de vacas em lactação em confinamento

Item ¹	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP ²	n ³
Animal						
CMS, kg/dia	13,96	13,25	6,59	26,60	3,58	2.234
CMS, % peso vivo/dia	2,83	2,78	4,78	1,50	0,67	2.234
Produção de leite, kg/dia	11,35	8,80	3,10	35,07	5,89	2.208
Gordura no leite, %	4,15	4,06	2,00	7,47	0,83	2.206
LCG4%, kg/dia	11,29	9,18	3,06	32,93	5,58	2.206
Proteína no leite, %	3,34	3,34	2,07	5,18	0,40	2.073
Peso vivo, kg	495	489	351	767	64	2.234
Dias em lactação	196	238	7	381	107	2.234
Dieta						
Forragem na dieta, % MS	84,83	87,90	44,72	100,00	14,78	2.140
FDN, % MS	55,61	57,72	30,71	70,16	8,96	1.870
Proteína bruta, % MS	11,89	11,79	7,05	17,75	2,21	2.117
Extrato etéreo, % MS	2,84	2,67	1,05	5,91	1,05	357
Amido, % MS	24,63	25,61	12,36	38,78	7,44	237
Digestibilidade da MS, %	60,44	60,81	36,53	82,08	6,60	1.823
Ambiente						
Temperatura média do ar, °C	23,08	23,06	17,82	26,00	2,03	366
Temperatura máxima do ar, °C	27,60	28,60	21,30	33,90	3,39	992
Temperatura mínima do ar, °C	14,41	14,04	7,20	22,90	3,20	1.006
Umidade relativa do ar, %	80,63	80,90	57,00	91,75	7,38	1.148
ITU ⁴	71,04	71,11	63,46	76,01	7,38	319

¹ LCG4% = produção de leite corrigida para 4% de gordura (Gaines, 1928); MS = matéria seca; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro.

² Desvio padrão.

³ Observações de unidades experimentais oriundas de 22 experimentos conduzidos na Embrapa Gado de Leite (referências no Anexo 1).

⁴ ITU = índice de temperatura e umidade relativa do ar = $(1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times \text{Umidade relativa do ar (\%)}) \times (1,8 \times T - 26,8)]$, em que T = temperatura média do ar em °C (NRC, 1971).

Fonte: Vieira (2017)

as demais variáveis preditoras utilizou-se um parâmetro linear simples no modelo. Para avaliar a contribuição de cada variável preditora na variação total de efeito fixo do CMS, realizou-se análise de componente de variância para cada equação ajustada, utilizando-se modelo linear misto, incluindo o experimento como efeito aleatório e os fatores associados ao animal, à dieta ou ao ambiente como efeitos fixos (Littell et al., 2006). Adotou-se nível crítico de probabilidade de 0,05.

Foram construídas quatro equações para predição do CMS para vacas em lactação em confinamento, cujos parâmetros estão descritos na Tabela 2:

Equação 1: É a mais simples, sendo utilizadas como variáveis preditoras a produção de leite corrigida para 4% de

gordura (LCG4%; Gaines, 1928), o peso metabólico (peso vivo elevado a 0,75) e um fator de ajustamento para início da lactação. É baseada no mecanismo de regulação de longo prazo da ingestão, descrito anteriormente. Pressupõe-se que a produção de leite corrigida para 4% de gordura e o peso metabólico aumentam o CMS, devido à correlação positiva com as exigências de energia para lactação e manutenção, respectivamente. O ajustamento para dias em lactação foi necessário pois, tipicamente, o incremento no CMS após o parto é menor que o aumento na produção de leite, em resposta às adaptações metabólicas e à repleção do trato gastrointestinal no início da lactação (Souza et al., 2014). Não foi observado efeito de interação entre grupo genético

(Holandês × Gir ou Holandês) com LCG4% ($P = 0,53$), peso metabólico ($P = 0,42$) e dias em lactação ($P = 0,62$) sobre o CMS. Dessa forma, ajustou-se uma única equação aplicada para os dois grupos genéticos. O peso metabólico e a LCG4% foram as principais fontes de variação de efeito fixo e responderam por 65,2 e 34,7% da variação total de efeito fixo no CMS;

Equação 1.2: Utilizaram-se as mesmas variáveis da equação 1.1 acrescidas do efeito do uso da cana-de-açúcar na dieta. A cana-de-açúcar foi utilizada como variável *dummy* (dietas com cana-de-açúcar = 1; dietas sem cana-de-açúcar = zero), pois observou-se efeito de interação do uso da cana-de-açúcar com LCG4% ($P \leq 0,01$) e peso metabólico ($P = 0,05$) sobre o CMS. A inclusão do efeito do uso de cana-de-açúcar foi baseada em evidências de menor CMS de dietas à base de cana-de-açúcar em relação à silagem de milho, devido à maior proporção de fibra indigestível (Oliveira et al., 2011). À semelhança da equação 1.1, o peso metabólico e a LCG4% foram as principais fontes de variação da equação 1.2, e responderam por 57,1 e 30,5% da variação total de efeito fixo no CMS. Os efeitos da interação do uso de cana-de-açúcar com LCG4% e peso metabólico

responderam, em conjunto, por apenas 12,4% da variação total de efeito fixo;

Equação 1.3: Utilizam-se as mesmas variáveis da equação 1.1, mais o efeito da digestibilidade da matéria seca da dieta. O peso metabólico e LCG4% também foram as principais fontes de variação, e responderam por 41,1% e 44,9% da variação total de efeito fixo no CMS. A digestibilidade da matéria seca da dieta contribuiu com apenas 13,8% da variação de efeito fixo no CMS;

Equação 1.4: Utilizam-se as mesmas variáveis da equação 1.3, mais o efeito do clima sobre o CMS. Adotou-se o índice de temperatura e umidade relativa do ar (NRC, 1971; Dikmen e Hansen, 2009) como variável climática. Embora seja conhecido que o efeito do clima sobre o CMS depende do grupo genético, não foi observado efeito de interação entre grupo genético (Holandês × Gir ou Holandês) sobre o CMS ($P = 0,59$), provavelmente em razão da predominância de animais Holandês × Gir no conjunto de dados e do baixo número de observações da equação 1.4 ($n = 130$) em comparação com as demais equações ($n = 1.816$ a 2.206). O peso metabólico e LCG4% também foram as principais fontes de variação, e responderam por 57,4

Tabela 2. Equações ajustadas de predição do consumo de matéria seca (CMS) para vacas em lactação em confinamento

Item	Parâmetros da equação ¹
Equação 1.1	$CMS \text{ (kg/dia)} = (LCG4\% \times 0,3261_{\pm 0,0238} (P < 0,001) + PV^{0,75} \times 0,1114_{\pm 0,0042} (P < 0,001)) \times (1 - e^{-(0,0134 \pm 0,0023 (P = 0,005) \times (DL + 92,4786 \pm 22,6679 (P < 0,001))}))$; $n = 2.206$, AIC = 10.801
Equação 1.2	$CMS \text{ (kg/dia)} = (LCG4\% \times 0,2417_{\pm 0,0373} (P < 0,001) + PV^{0,75} \times 0,1248_{\pm 0,0077} (P < 0,001) + LCG4\% \times Cana \times 0,1517_{\pm 0,0501} (P = 0,005) - PV^{0,75} \times Cana \times 0,0191_{\pm 0,0095} (P = 0,054)) \times (1 - e^{-(0,0140 \pm 0,0022 (P < 0,001) \times (DL + 83,4485 \pm 19,4315 (P < 0,001))}))$; $n = 2.206$, AIC = 10.800
Equação 1.3	$CMS \text{ (kg/dia)} = (LCG4\% \times 0,3693_{\pm 0,0306} (P < 0,001) + PV^{0,75} \times 0,0966_{\pm 0,0075} (P < 0,001) + DMS \times 0,1668_{\pm 0,01234} (P < 0,001) - 9,1293_{\pm 1,2923} (P < 0,001)) \times (1 - e^{-(0,0134 \pm 0,0023 (P = 0,005) \times (DL + 92,4786 \pm 22,6679 (P < 0,001))}))$; $n = 1.816$, AIC = 8.857
Equação 1.4	$CMS \text{ (kg/dia)} = (LCG4\% \times 0,3366_{\pm 0,0475} (P < 0,001) + PV^{0,75} \times 0,1124_{\pm 0,0221} (P < 0,001) + DMS \times 0,1668_{\pm 0,01234} (P < 0,001) - ITU \times 0,1422_{\pm 0,03347} (P < 0,001)) \times (1 - e^{-(0,0134 \pm 0,0023 (P = 0,005) \times (DL + 92,4786 \pm 22,6679 (P < 0,001))}))$; $n = 130$, AIC = 576

¹ LCG4% = produção de leite corrigida para 4% de gordura = produção de leite (kg/dia) x 0,40 + produção de leite (kg/dia) x teor de gordura no leite (%) x 0,15 (Gaines, 1928); PV = peso vivo (kg); e = número de Euler (~2,7183); DL = dias em lactação; Cana = variável categórica sobre o efeito da uso de cana-de-açúcar na dieta, sendo Cana = 1 para dietas contendo cana-de-açúcar e Cana = zero para dietas não contendo cana-de-açúcar; DMS = coeficiente de digestibilidade da matéria seca da dieta (%); ITU = índice de temperatura e umidade relativa do ar = $(1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times \text{Umidade relativa do ar (\%)}) \times (1,8 \times T - 26,8)]$, em que T = temperatura média do ar em oC (NRC, 1971); n = observações, AIC = critério de informação de Akaike.

e 37,1% da variação total de efeito fixo no CMS. O índice de temperatura e umidade relativa do ar contribuiu com apenas 2,4% da variação de efeito fixo, o que reforça a necessidade de ampliar informações do efeito do clima sobre o CMS nas próximas atualizações do BR-Leite.

1.1.2. Avaliação das equações

a) *Conjunto de dados e métodos para avaliação da qualidade da predição*

Um conjunto de dados independente foi construído para avaliar a qualidade da predição do CMS para vacas em lactação em confinamento. As informações representam 221 médias de tratamentos (dietas) oriundas de 47 experimentos em 46 publicações (Anexo 2). O consumo de matéria seca variou de 1,85 até 4,17% do peso vivo por dia, a produção diária de leite de 9,14 até 36,9 kg/dia, o peso vivo de 394 até 693 kg e período de lactação de sete até 292 dias (Tabela 3). As principais forragens utilizadas nas dietas foram (% das observações): silagem de milho (78,3%), cana-de-açúcar (13,6%), silagem

de sorgo (3,2%), palma forrageira (2,7%) e outras forrageiras (2,3%). O grupo genético *Bos taurus* (predomínio > 7/8 Holandês × Gir) representou 80% das observações e o cruzamento de *Bos taurus* × *Bos indicus* 20%.

A avaliação da acurácia e precisão das equações propostas (Tabela 2) em comparação com as de outros modelos (AFRC, 1993; NRC, 2001; Souza et al.; 2014; CNCPS 6.5 - Van Amburgh et al., 2015; Souza et al. 2019) foi realizada por meio da análises de regressão linear simples dos valores observados (Y) com os aqueles preditos (X), utilizando-se os seguintes procedimentos: análise gráfica dos valores observados *versus* preditos; coeficiente de determinação; quadrado médio do erro de predição (QMEP); raiz quadrada do QMEP (RQMEP); decomposição do QMEP em três fontes de erros (erro devido ao desvio médio, erro devido à inclinação da regressão entre valores observados e preditos ser diferente de 1, e erro aleatório; Bibby e Toutenburg, 1977); coeficiente de correlação de concordância (CCC) e sua decomposição em indicadores de precisão

Tabela 3. Conjunto completo de dados utilizado para avaliar a qualidade da predição das equações de consumo de matéria seca (CMS) de vacas em lactação em confinamento

Item ¹	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP ²	n ³
Animal						
CMS, kg/dia	17,74	17,84	9,30	24,27	3,55	221
CMS, % peso vivo/dia	3,18	3,23	1,85	4,17	0,42	221
Produção de leite, kg/dia	23,85	25,22	9,14	36,90	7,36	221
Gordura no leite, %	3,59	3,57	2,30	5,90	0,58	221
LCG4%, kg/dia	22,07	23,94	8,56	33,91	7,36	221
Proteína bruta no leite, %	3,24	3,17	2,52	4,92	0,37	152
Peso vivo, kg	556	571	394	693	66	221
Dias em lactação	137	120	7	292	59	221
Escore condição corporal (1-5)	2,7	2,5	2,5	3,3	0,23	43
Dieta						
Forragem na dieta, % MS	56,80	52,00	37,53	93,50	12,93	221
FDN, % MS	37,55	36,24	24,40	62,53	5,81	214
Proteína bruta, % MS	15,55	16,07	6,39	19,54	2,65	219
Extrato etéreo, % MS	3,33	2,83	1,28	8,90	1,55	204
Digestibilidade da MS, %	64,19	65,35	47,30	76,32	5,88	150

¹ LCG4% = produção de leite corrigida para 4% de gordura (Gaines, 1928); MS = matéria seca; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro.

² Desvio padrão.

³ Médias de tratamentos oriundos de 47 experimentos em 46 publicações (referências no Anexo 2).

(coeficiente de correlação entre valores observados e preditos; ρ) e acurácia (fator de correção do desvio; C_b) (Lin, 1989).

Para comparar a acurácia e precisão entre modelos, estimou-se o intervalo de confiança da RQMEP (em % do CMS observado), conforme Vieira (2017). Assim, em caso de congruência dos intervalos de confiança para RQMEP entre modelos, concluiu-se que houve similaridade ($P > 0,05$) na acurácia e precisão entre os modelos. Com objetivo de verificar o comportamento das equações em diferentes grupos genéticos e condições dietéticas, a análise de intervalo de confiança da RQMEP foi feita utilizando-se o conjunto completo de dados (Tabela 3) e também separados por grupo genético (*Bos taurus* ou *Bos taurus* $\times$ *Bos indicus*; Tabela 4), por dietas contendo cana-de-açúcar (com ou sem uso de cana-de-açúcar; Tabela 5) e por teor de extrato etéreo (EE) na dieta (< 5 ou $\geq 5\%$, base da MS; Tabela 5).

b) Avaliação da qualidade da predição

Conjunto de dados completo:

As equações 1.1 e 1.2 explicaram,

respectivamente, 84 e 82% das variações no CMS, superestimaram, em média 0,75 e 0,46 kg/dia o CMS, com predomínio do erro não associado ao modelo (aleatório) (Tabela 6; Figura 12). Além disso, o ρ e C_b (Tabela 6) e a RQMEP ($9,29 \pm 0,90$ e $9,23 \pm 0,93$ do CMS observado; Figura 3) foram similares entre estas equações. A equação 1.3 explicou 79% da variação no CMS, superestimou o CMS, em média 1,45 kg/dia, e com maior presença de erro devido do desvio médio (Tabela 6), o que pôde ser também verificado na Figura 2. As equações 1.1 e 1.2 estimaram o CMS com menor RQMEP ($P \leq 0,05$) que os modelos nutricionais AFRC (1993) e CNCPS 6.5 (Van Amburgh et al., 2015) e de Souza et al. (2019), mas de maneira similar ($P > 0,05$) ao modelo de Souza et al. (2014) e NRC (2001) (Figura 3).

Salienta-se que se avaliou a equação simplificada de Souza et al. (2019), sem o efeito de ordem de parto (Tabela 6), por duas razões: impossibilidade de discriminar a ordem de parto por médias de tratamento reportados nos estudos;

Tabela 4. Conjunto de dados utilizado para avaliar a qualidade da predição das equações de consumo de matéria seca (CMS) de vacas em lactação em confinamento, separado por grupo genético (*Bos taurus* ou *Bos taurus* $\times$ *Bos indicus*)

Item ¹	Mé- dia	Me- diana	Má- ximo	Míni- mo	DP ²	n ³	Mé- dia	Me- diana	Má- ximo	Míni- mo	DP ²	n ³
	<i>Bos taurus</i>						<i>Bos taurus</i> $\times$ <i>Bos indicus</i>					
CMS, kg/dia	18,68	19,32	10,84	24,27	3,18	177	13,98	14,30	9,30	18,00	2,21	44
CMS, % peso vivo/dia	3,23	3,28	1,85	4,17	0,42	177	2,97	2,98	2,35	3,71	0,36	44
Produção de leite, kg/dia	26,04	27,11	11,60	36,90	6,15	177	15,01	13,35	9,14	26,10	4,72	44
Gordura no leite, %	3,49	3,55	2,30	4,56	0,44	177	4,02	4,10	2,49	5,90	0,83	44
LCG4%, kg/dia	23,89	25,07	10,33	33,91	5,28	177	14,77	14,24	8,56	24,33	3,72	44
Proteína bruta no leite, %	3,17	3,16	2,52	3,93	0,24	115	3,46	3,23	2,61	4,92	0,58	44
Peso vivo, kg	577	582	424	693	50	177	471	466	394	589	52	44
Dias em lactação	129	140	7	292	62	177	117	95	56	216	47	44
Forragem na dieta, % MS	54,55	50,00	37,53	85,30	11,45	177	65,83	63,90	45,00	93,50	14,63	44
FDN dieta, % MS	36,95	36,07	24,40	53,05	5,72	172	40,01	39,72	29,60	62,53	5,57	42
Proteína bruta da dieta, % MS	16,12	16,30	8,50	19,54	2,31	175	13,30	13,55	6,39	17,01	2,74	44
Extrato etéreo da dieta, % MS	3,50	2,85	1,28	8,90	1,51	166	2,62	1,97	1,28	7,54	1,55	38
Digestibilidade da MS dieta, %	65,00	65,70	50,50	76,32	4,71	108	62,09	62,25	47,30	74,60	7,85	42

¹ LCG4% = produção de leite corrigida para 4% de gordura (Gaines, 1928); MS = matéria seca; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro.

² Desvio padrão.

³ Médias de tratamentos oriundos de 47 experimentos em 46 publicações (referências no Anexo 2).

Tabela 5. Conjunto de dados utilizado para avaliar a qualidade da predição das equações de consumo de matéria seca (CMS) de vacas em lactação em confinamento, agrupados por dietas com ou sem uso de cana-de-açúcar e por dietas com teor de extrato etéreo abaixo ou acima de 5% (base da matéria seca).

Item ¹	Média	Me- diana	Míni- mo	Máxi- mo	DP ²	n ³	Média	Me- diana	Míni- mo	Máxi- mo	DP ²	n ³
Dietas com uso de cana-de-açúcar							Dietas sem uso de cana-de-açúcar					
CMS, kg/dia	15,48	15,25	9,30	22,68	3,77	30	18,02	18,31	10,80	24,27	3,39	191
CMS, % peso vivo/dia	3,02	3,00	2,35	3,84	0,39	30	3,19	3,25	1,85	4,17	0,42	191
Produção de leite, kg/dia	16,46	17,40	9,14	26,69	5,12	30	24,84	26,10	11,40	36,90	6,98	191
Gordura no leite, %	3,69	3,80	2,90	3,84	0,33	30	3,58	3,57	2,30	5,90	0,59	191
LCG4%, kg/dia	15,73	16,03	8,56	26,45	5,12	30	22,92	24,65	10,79	33,91	5,74	191
Proteína bruta no leite, %	3,30	3,20	2,62	3,84	0,33	29	3,22	3,14	2,52	4,92	0,38	123
Peso vivo, kg	508	520	394	640	76	30	562	574	400	693	61	191
Dias em lactação	151	154	56	292	58	30	123	120	7	292	59	191
Forragem na dieta, % MS	55,18	60,00	37,53	82,00	13,16	30	56,96	52,00	40,00	93,50	12,91	191
FDN da dieta, % MS	34,55	34,16	24,40	46,90	6,27	29	37,91	36,46	25,53	62,53	5,61	185
Proteína bruta da dieta, % MS	14,52	14,62	8,50	18,30	2,67	30	15,67	16,12	6,39	19,54	2,61	189
Extrato etéreo da dieta, % MS	2,58	1,97	1,28	8,90	1,69	29	3,43	2,84	1,28	7,54	1,49	175
Digestibilidade da MS dieta, %	65,80	67,00	51,40	69,39	4,44	19	63,89	65,10	47,30	76,32	6,04	131
Dietas com < 5% de extrato etéreo							Dietas com ≥ 5% de extrato etéreo					
CMS, kg/dia	17,92	18,36	9,30	23,80	3,58	160	17,27	16,96	10,07	24,27	3,46	61
CMS, % peso vivo/dia	3,22	3,28	2,00	4,17	0,40	160	3,06	3,07	1,85	3,96	0,46	61
Produção de leite, kg/dia	22,98	24,39	9,14	36,90	7,52	160	26,11	27,20	10,51	35,55	6,45	61
Gordura no leite, %	3,73	3,68	2,84	5,90	0,52	160	3,24	3,18	2,30	4,56	0,58	61
LCG4%, kg/dia	21,76	22,35	8,56	33,91	6,50	160	22,90	24,75	9,11	30,50	5,25	61
Proteína bruta no leite, %	3,27	3,17	2,52	4,92	0,39	125	3,08	3,11	2,61	3,37	0,21	27
Peso vivo, kg	553	571	394	693	68	160	562	574	418	663	58	61
Dias em lactação	138	140	7	292	55	160	97	84	7	216	60	61
Forragem na dieta, % MS	58,41	55,45	37,53	93,50	13,42	160	52,56	47,02	40,00	85,30	10,50	61
FDN dieta, % MS	37,79	37,33	24,90	53,05	5,86	160	36,84	35,69	24,40	62,53	5,64	54
Proteína bruta da dieta, % MS	15,11	15,50	6,39	19,54	2,65	160	16,74	16,91	10,87	18,72	2,25	59
Extrato etéreo da dieta, % MS	2,65	2,75	1,28	4,97	0,88	160	5,80	5,69	5,10	8,90	0,74	44
Digestibilidade da MS dieta, %	64,36	65,50	47,30	76,32	5,89	126	63,29	63,73	52,52	72,34	5,91	24

¹ LCG4% = produção de leite corrigida para 4% de gordura (Gaines, 1928); MS = matéria seca; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro. ²Desvio padrão. ³Médias de tratamentos de 47 experimentos (Anexo 2).

e devido à similaridade reportada pelos autores da acurácia e precisão entre os modelos com ou sem ordem de parto. Além disso, do total de 221 médias de tratamentos utilizadas para avaliação dos modelos, o escore de condição corporal (ECC) foi reportado em somente 43 observações (Tabela 3). Assim, para poder avaliar o modelo de Souza et al (2019), adotou-se o valor fixo de escore de condição corporal de 2,7 (média observada, n = 43; Tabela 3) nas observações em que o ECC não foi reportado. Contudo, este procedimento pode ter causado um viés na avaliação do modelo de Souza et al. (2019). Portanto, o conjunto de dados com ECC deve ser ampliado nas próximas atualizações do BR Leite para melhor avaliar este e outros modelos que utilizem ECC como variável

preditora do CMS.

A equação 1.4 não pôde ser avaliada devido à ausência de informações climáticas no conjunto de dados. Com base no conjunto completo de dados, as equações 1.1 e 1.2 apresentaram melhor qualidade de predição que a equação 1.3. Contudo, verificou-se um aumento no erro (superestimação do CMS) nas equações 1.1 e 1.2 nos animais com CMS abaixo de 20 kg/dia (Figura 2), indicando a necessidade de melhorar o conjunto de dados e a qualidade da predição com vacas de menor CMS nas próximas atualizações do BR Leite. A equação de Souza et al. (2014) e a adotada pelo NRC (2001). por sua vez, tiveram os melhores ajustes também para animais com CMS abaixo de 20 kg/dia (Figura 2).

Tabela 6. Sumário da avaliação da qualidade da predição do consumo de matéria (CMS) de vacas em lactação em confinamento por diversos modelos

Item	Eq.1.1 ⁶	Eq. 1.2 ⁶	Eq. 1.3 ⁶	Souza et al. (2014) ⁷	NRC (2001) ⁸	CNCPS ⁹	AFRC (1993) ¹⁰	Souza et al. (2019) ¹¹
CMS observado (Y), kg/dia	17,74	17,74	17,80	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74
CMS predito (X), kg/dia	18,49	18,21	19,25	18,09	18,33	16,08	16,39	18,93
Desvio médio (Y – X), kg/dia	0,75	0,46	1,45	0,34	0,59	-1,66	-1,35	1,19
n ¹	221	221	150	221	221	221	221	221
Intercepto (β_0)	-2,71	-3,99	0,33	0,77	-1,23	-0,46	-0,20	-0,96
Inclinação (β_1)	1,11	1,19	0,91	0,94	1,03	1,13	1,09	0,98
Valor-P ($H_0: \beta_0 = \text{zero e } \beta_1 = 1$)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
(R ²)	0,84	0,82	0,79	0,86	0,87	0,86	0,78	0,82
QMEP ² , kg × kg	2,71	2,70	4,82	1,97	1,98	4,71	4,64	4,01
Raiz quadrada do QMEP, kg/dia	1,65	1,64	2,19	1,40	1,41	2,17	2,15	2,00
Composição do QMEP, %								
Erro devido ao desvio médio	20,96	7,83	43,39	6,12	17,40	59,08	39,22	38,55
Erro devido ao $\beta_1 \neq 1$	3,88	9,58	2,02	2,29	0,46	3,14	1,43	0,05
Erro aleatório	75,16	82,60	54,59	91,59	82,13	37,78	59,36	61,39
CCC ³ (0 a 1)	0,87	0,87	0,82	0,92	0,91	0,80	0,79	0,81
ρ^4 (0 a 1)	0,91	0,91	0,89	0,93	0,93	0,93	0,88	0,90
C _b ⁵ (0 a 1)	0,96	0,95	0,92	0,99	0,98	0,87	0,90	0,89

¹ Médias de tratamentos descritos na Tabela 3.

² Quadrado médio do erro de predição.

³ Coeficiente de correlação de concordância = $\rho \times C_b$.

⁴ Coeficiente de correlação entre os valores observados e preditos (indicador de precisão; maior valor, maior precisão)

⁵ Fator de correção do desvio (indicador de acurácia; maior valor, maior acurácia).

⁶ Equações descritas na Tabela 2.

⁷ CMS (kg/dia) = (LCG4% × 0,4762 + PV^{0,75} × 0,07219) × (1 – e^{(-0,03202 × (DL + 24,9576))}), em que LCG4 = produção de leite corrigida para 4% de gordura (kg/dia), PV = peso vivo (kg) e DL = dias em lactação.

⁸ CMS (kg/dia) = (LCG4% × 0,372 + PV^{0,75} × 0,0768) × (1 – e^{(-0,192 × (SL + 3,67))}), em que SL = semana de lactação.

⁹ CMS (kg/dia) = (LCG4% × 0,305 + PV × 0,95 × 0,0185) × (1 – e^{(-0,564 – 0,124 × 2) × (SL + 2))}).

¹⁰ CMS (kg/dia) = 0,076 + 0,404 × CC + 0,013 × PV – 0,129 × SL + 4,12 × Log₁₀ (SL), em que CC = consumo de concentrado (kg de MS/vaca/dia).

¹¹ CMS (kg/dia) = (6,89 + 3,054 × energia do leite (Mcal/kg leite) × produção de leite (kg/d) + 0,022 × PV – 1,74 × escore condição corporal) × (1 – e^{(-0,053 × (DL))}).

Grupo genético: Em vacas *Bos taurus*, as equações propostas 1.1 e 1.2 estimaram o CMS com menor RQMEP ($P \leq 0,05$) que a equação 1.3, e que as equações do AFRC (1993), CNCPS 6.5 (Van Amburgh et al., 2015) e Souza et al. (2019), mas de maneira similar ($P > 0,05$) à Souza et al. (2014) e NRC (2001) (Figura 3). Para vacas *Bos taurus* × *Bos indicus*, observou-se similaridade da RQMEP ($P > 0,05$) entre todas as equações, exceto para a equação 1.3, que apresentou maior valor ($P \leq 0,05$) que os modelos de Souza et al. (2014) e NRC (2001) (Figura 3). Salienta-se que a RQMEP das equações 1.1 e 1.2 para *Bos Taurus* (respectivamente, 9,0 ±

0,98 e 8,83 ± 1,00 % do CMS observado) foi semelhante à do grupo *Bos taurus* × *Bos indicus* (respectivamente, 10,75 ± 2,29 e 11,55 ± 2,38 % do CMS observado) (Figura 3), indicando que estas equações apresentaram acurácia e precisão similares na predição do CMS para os dois grupos genéticos.

Uso de cana-de-açúcar: Em dietas sem cana-de-açúcar, as equações 1.1 e 1.2 também estimaram o CMS com menor RQMEP ($P \leq 0,05$) que os modelos nutricionais AFRC (1993) e CNCPS 6.5 (Van Amburg et al., 2015), mas também de forma similar ($P > 0,05$) ao modelo de Souza et al. (2014) e NRC (2001) (Figura

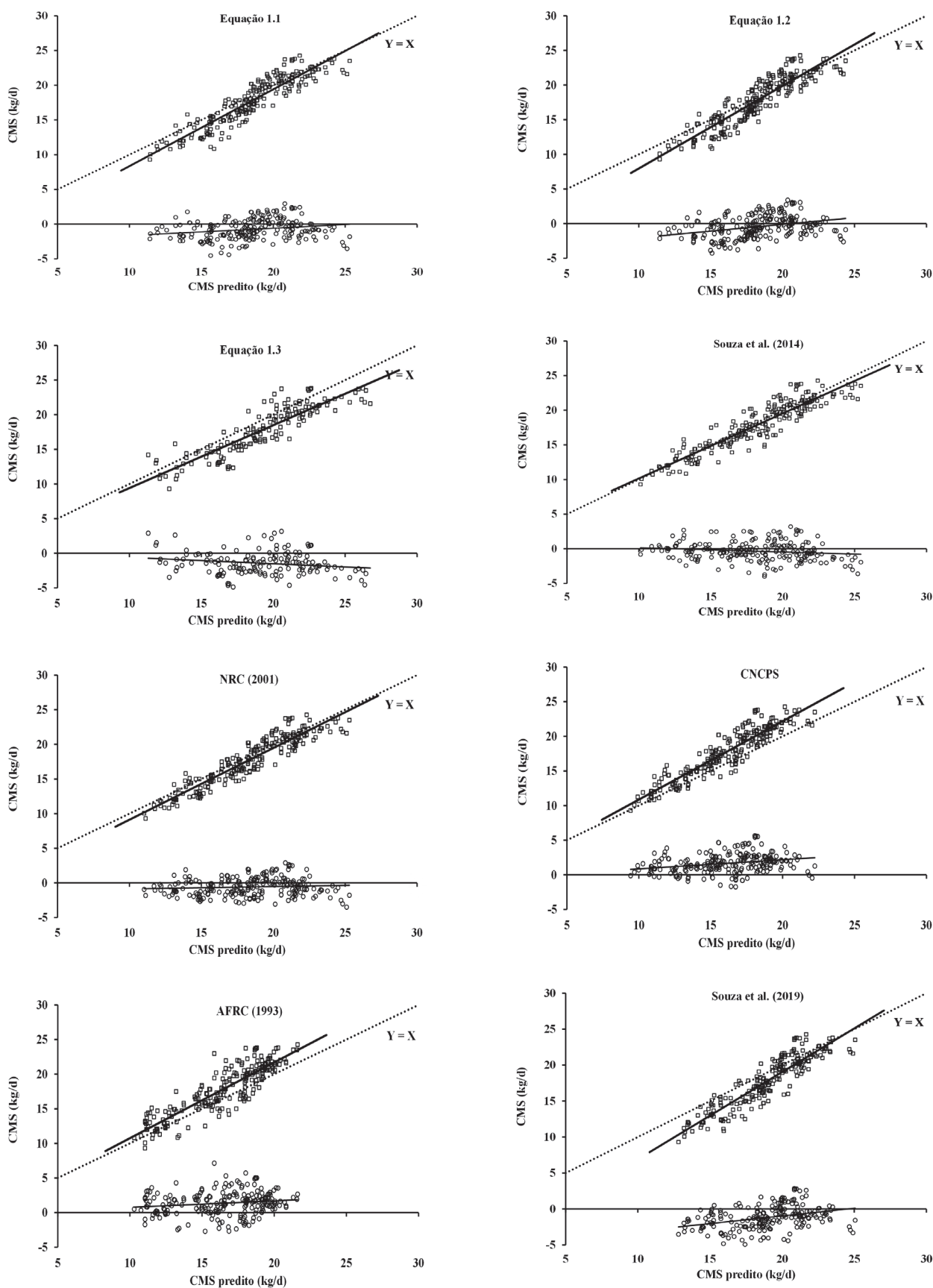


Figura 2. Relação entre o consumo de matéria seca (CMS) observado (quadrado) e resíduo (observado – predito; círculo) com o CMS predito para vacas em lactação por meio das equações propostas 1.1, 1.2 e 1.3 (Tabela 2), e por meio dos modelos de Souza et al. (2014), NRC (2001), CNCPS (Van Amburgh et al., 2015), AFRC (1993) e Souza et al. (2019).

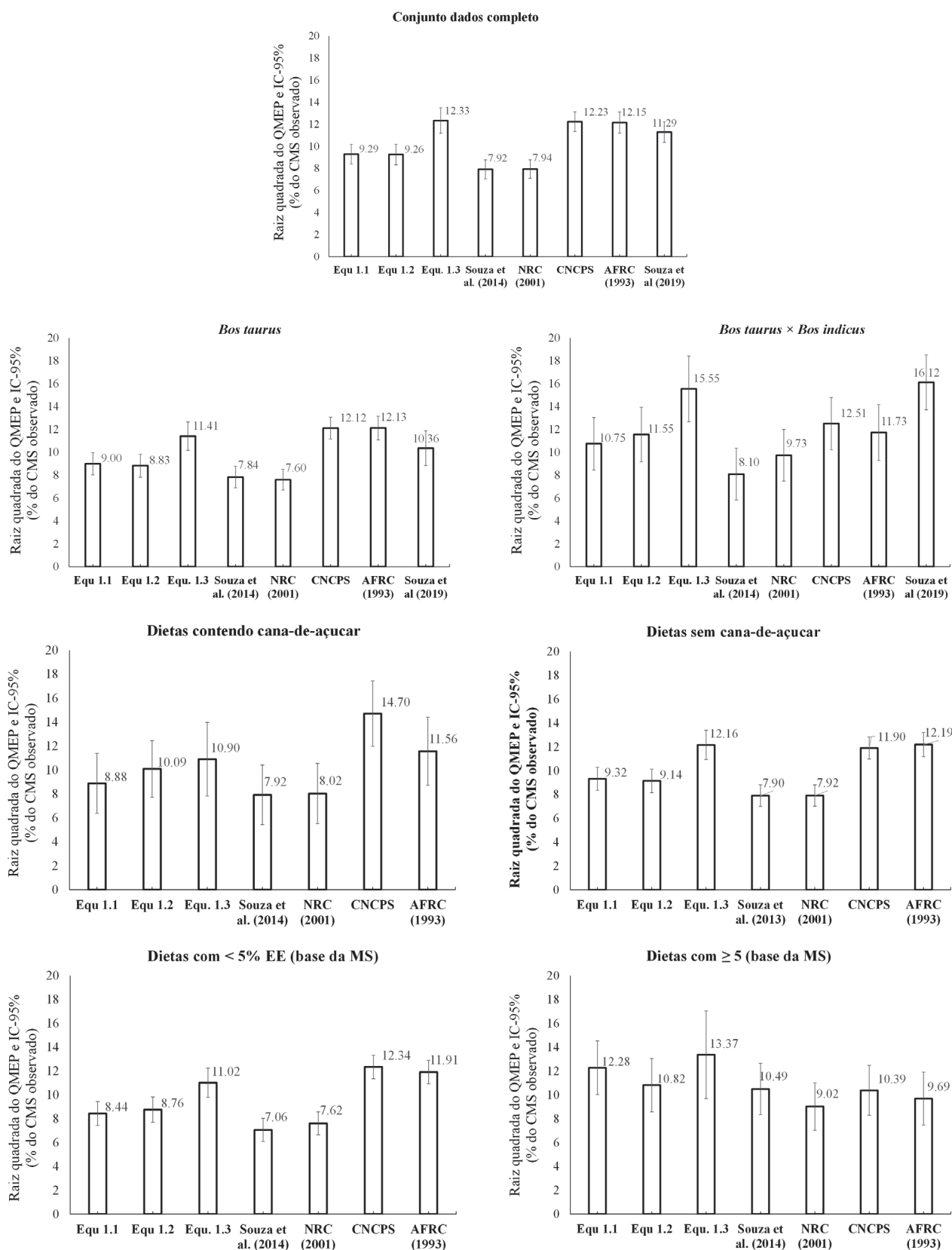


Figura 3. Raiz quadrada do quadrado médio do erro de predição (QMEP) e seu intervalo de confiança (95%) do consumo de matéria seca de vacas em lactação em confinamento, predito por meio de diversos modelos, utilizando o conjunto de dados completo do BR Leite (Tabela 3), separado por grupo genético (*Bos taurus* ou *Bos taurus* × *Bos indicus*; Tabela 5), por dietas com ou sem uso de cana-de-açúcar ou por dietas com teor de extrato etéreo (EE) < 5% ou ≥ 5%, base da matéria seca (Tabela 6). Equações 1.1, 1.2 e 1.3 estão descritas na Tabela 2. CNCPS (Van Amburgh et al., 2015)

3). Para dietas contendo cana-de-açúcar, todas as equações propostas (1.1, 1.2 e 1.3) estimaram o CMS com RQMEP similar ($P > 0,05$) às dos demais modelos nutricionais testados. Salienta-se que a RQMEP das equações 1.1 e 1.2 para dietas sem cana-de-açúcar ($9,32 \pm 0,96$ e $9,14 \pm 1,00$ % do CMS observado, respectivamente) foi semelhante às dietas contendo cana-de-açúcar ($8,88 \pm 2,51$ e $10,09 \pm 2,37$ % do CMS observado; Figura 3). Este comportamento indica que o uso da cana-açúcar como variável categórica preditora na equação 1.2 não melhorou a qualidade da predição do CMS, independente se as dietas continham ou não cana-de-açúcar.

Teor de EE na dieta: Em dietas com menor teor de EE ($< 5\%$ base da MS), o comportamento se repetiu. As equações 1.1 e 1.2 estimaram o CMS com menor RQMEP ($P \leq 0,05$) que os modelos nutricionais AFRC (1993) e CNCPS 6.5 (Van Amburgh et al., 2015), mas também de forma similar ($P > 0,05$) ao modelo de Souza et al. (2014) e NRC (2001) (Figura 3). Para dietas com maior teor de EE ($\geq 5\%$ base da MS), todas as equações propostas (1.1, 1.2 e 1.3) estimaram o CMS com RQMEP similar ($P > 0,05$) às dos demais modelos nutricionais testados. A RQMEP da equação 1.1 em dietas com maior teor de EE ($12,28 \pm 2,26$ % do CMS) foi maior ($P \leq 0,05$) do que em dietas com menor teor de EE ($8,44 \pm 1,00$ % do CMS) (Figura 3).

Diante do exposto, verificou-se que as equações 1.1 e 1.2 tiveram similar qualidade de predição do CMS para vacas em lactação e foram mais adequadas que a equação 1.3. Além disso, as equações 1.1 e 1.2 foram similares aos modelos de Souza et al. (2014) e NRC (2001), independente do grupo genético e condições dietéticas testadas.

A equação 1.4 não pôde ser avaliada devido à ausência de informações climáticas no conjunto de dados. Como a equação 1.1 é mais simples que a equação 1.2, a equação 1.1 foi adotada nesta edição do BR Leite para predição

do CMS de vacas em lactação em confinamento (Tabela 2):

$$\text{CMS (kg/vaca/dia)} = (\text{LCG4\%} \times 0,3261 + \text{PV}^{0,75} \times 0,1114) \times (1 - e^{(-0,0134 \times (\text{DL} + 92,4786))}),$$

em que: LCG4% (kg/dia) = produção de leite (kg/dia) $\times$ 0,40 + produção de leite (kg/dia) $\times$ teor de gordura no leite (%) $\times$ 0,40; PV = peso vivo (kg); e = número de Euler ($\sim 2,7183$); e DL = dias em lactação.

1.3. PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA NOVILHAS LEITEIRAS

Nesta versão do BR Leite adotou-se a equação de Oliveira e Ferreira (2016) para predição do CMS para novilhas leiteiras:

$$\text{CMS (kg/novilha/dia)} = 0,1175 \times \text{PV}^{0,75} - 3,4984 \times e^{(-2,4690 \times \text{GPV})}, \quad (\text{Equação 1.5})$$

em que: PV = peso vivo sem jejum alimentar (kg), GPV = ganho de peso vivo (kg/novilha/dia), e = número de Euler ($\sim 2,7183$).

A equação foi construída e avaliada a partir de um conjunto total de 95 dietas experimentais de 28 experimentos (17 experimentos usados para construção e 11 experimentos para avaliação dos modelos). As novilhas foram compostas pelos grupos *Bos taurus* $\times$ *Bos indicus* (78%) e *Bos taurus* (22%), alimentadas com dieta total (82%) ou em pastejo (22%). O consumo de matéria seca variou de 2,63 até 10,68 kg/dia, o PV de 118 até 389 kg e o GPV entre -0,03 até 1,45 kg/novilha/dia. Os autores não observaram efeito de interação entre grupo genético e PV, e entre grupo genético e GPV sobre o CMS. Assim, uma única equação foi recomendada para os grupos genéticos *Bos taurus* $\times$ *Bos indicus* e *Bos taurus*. A equação 1.5 explicou 81% da variação do CMS observado, superestimou o CMS em 0,21 kg/dia e estimou com menor RQMEP (8,82% do CMS observado) que a equação de Quigley et al. (1986; 11,21% do CMS observado), do NRC (2001; 12,72% do CMS observado) e que as equações de Hoffman et al., (2008; 9,35 e 17,96% do CMS observado (Oliveira e Ferreira,

2016). Contudo, salienta-se a necessidade de ampliar o conjunto de dados com novilhas de PV acima de 400 kg e gestantes, nas próximas atualizações do BR Leite.

1.4. EXEMPLOS DE USO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA BOVINOS LEITEIROS EM CONFINAMENTO

1.4.1. Exemplo 1 - Vacas em lactação

Peso vivo (PV) = 550 kg

Produção de leite (PL) = 25 kg/vaca/dia

Teor de gordura do leite = 3,60%

Dias em lactação (DL) = 90

LCG4% (kg/vaca/dia) = $PL \times 0,40 + PL \times \text{teor de gordura do leite} \times 0,15$
 $= 25 \times 0,40 + 25 \times 3,60 \times 0,15$
 $= 23,50 \text{ kg de leite corrigido para 4\% de gordura/vaca/dia}$

CMS (kg/vaca/dia) = $(LCG4\% \times 0,3261 + PV^{0,75} \times 0,1114) \times (1 - e^{(-0,0134 \times (DL + 92,4786))})$
 $= (20,315) \times (0,9133)$
 $= 18,55 \text{ kg de matéria seca/vaca/dia}$

1.4.2 Exemplo 2 - Novilhas em recria

Peso vivo sem restrição alimentar = 300 kg

Ganho de peso vivo = 0,70 kg/novilha/dia

CMS (kg/novilha/dia) = $0,1175 \times PV^{0,75} - 3,4984 \times e^{(-2,4690 \times GPV)}$
 $= 0,1175 \times 300^{0,75} - 3,4984 \times e^{(-2,4690 \times 0,70)}$
 $= 7,85 \text{ kg de matéria seca/novilha/dia}$

1.5 TABELAS COM VALORES PREDITOS DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA VACAS EM LACTAÇÃO E NOVILHAS LEITEIRAS EM CONFINAMENTO

Nas Tabelas 7 e 8 estão apresentados os valores de CMS preditos para vacas em lactação e novilhas leiteiras, a partir das equações 1.1 e 1.5, respectivamente.

Tabela 7. Consumo de matéria seca estimado (kg/vaca/dia) para vacas em lactação em confinamento por meio da Equação 1.1, em função do peso vivo, dias em lactação, teor de gordura do leite e produção de leite

Peso vivo(kg)	Dias em lac- tação	Gordura no leite (%)	Produção de leite (kg/dia)						
			10	15	20	25	30	35	40
400	15	3,0	9,72	10,78	11,83	12,89	13,95	15,01	16,06
	30		10,27	11,39	12,50	13,62	14,74	15,86	16,97
	60		11,09	12,29	13,50	14,70	15,91	17,12	18,32
	100		11,77	13,05	14,33	15,61	16,89	18,17	19,45
	200		12,48	13,84	15,20	16,56	17,92	19,27	20,63
	280		12,65	14,03	15,40	16,78	18,16	19,53	20,91
	15	3,5	9,91	11,06	12,21	13,36	14,51	15,66	16,81
	30		10,47	11,68	12,90	14,11	15,33	16,55	17,76
	60		11,30	12,61	13,92	15,24	16,55	17,86	19,17
	100		12,00	13,39	14,78	16,18	17,57	18,97	20,36
	200		12,72	14,20	15,68	17,16	18,64	20,11	21,59
	280		12,89	14,39	15,89	17,39	18,88	20,38	21,88
	15	4,0	10,09	11,34	12,58	13,83	15,07	16,31	17,56
	30		10,66	11,98	13,29	14,61	15,92	17,24	18,55
	60		11,51	12,93	14,35	15,77	17,19	18,61	20,03
	100		12,22	13,73	15,24	16,74	18,25	19,76	21,26
	200		12,96	14,56	16,16	17,76	19,35	20,95	22,55
	280		13,14	14,75	16,37	17,99	19,61	21,23	22,85
	15	4,5	10,28	11,62	12,95	14,29	15,63	16,97	18,30
	30		10,86	12,27	13,69	15,10	16,51	17,93	19,34
	60		11,72	13,25	14,77	16,30	17,83	19,35	20,88
	100		12,45	14,07	15,69	17,31	18,93	20,55	22,17
	200		13,20	14,92	16,64	18,36	20,07	21,79	23,51
	280		13,38	15,12	16,86	18,60	20,34	22,08	23,82
	15	5,0	10,47	11,90	13,33	14,76	16,19	17,62	19,05
	30		11,06	12,57	14,08	15,59	17,10	18,62	20,13
	60		11,94	13,57	15,20	16,83	18,46	20,10	21,73
	100		12,67	14,41	16,14	17,87	19,61	21,34	23,07
	200		13,44	15,28	17,12	18,96	20,79	22,63	24,47
280	13,62		15,48	17,35	19,21	21,07	22,93	24,79	
500	15	3,0	11,10	12,16	13,22	14,28	15,33	16,39	17,45
	30		11,73	12,85	13,97	15,08	16,20	17,32	18,44
	60		12,66	13,87	15,08	16,28	17,49	18,70	19,90
	100		13,45	14,73	16,01	17,29	18,57	19,85	21,13
	200		14,26	15,62	16,98	18,34	19,70	21,05	22,41
	280		14,45	15,83	17,21	18,58	19,96	21,33	22,71
	15	3,5	11,29	12,44	13,59	14,74	15,89	17,05	18,20
	30		11,93	13,14	14,36	15,58	16,79	18,01	19,23
	60		12,88	14,19	15,50	16,82	18,13	19,44	20,75
	100		13,67	15,07	16,46	17,86	19,25	20,64	22,04
	200		14,50	15,98	17,46	18,94	20,41	21,89	23,37
	280		14,69	16,19	17,69	19,19	20,69	22,18	23,68
	15	4,0	11,48	12,72	13,97	15,21	16,45	17,70	18,94
	30		12,13	13,44	14,76	16,07	17,38	18,70	20,01
	60		13,09	14,51	15,93	17,35	18,77	20,19	21,61
	100		13,90	15,41	16,91	18,42	19,93	21,43	22,94
	200		14,74	16,34	17,94	19,54	21,13	22,73	24,33
	280		14,94	16,56	18,18	19,80	21,42	23,03	24,65
	15	4,5	11,66	13,00	14,34	15,68	17,01	18,35	19,69
	30		12,32	13,74	15,15	16,56	17,98	19,39	20,80
	60		13,30	14,83	16,35	17,88	19,41	20,93	22,46
	100		14,13	15,75	17,37	18,99	20,61	22,22	23,84
	200		14,98	16,70	18,42	20,14	21,85	23,57	25,29
	280		15,18	16,92	18,66	20,40	22,14	23,89	25,63
	15	5,0	11,85	13,28	14,71	16,14	17,57	19,01	20,44
	30		12,52	14,03	15,54	17,06	18,57	20,08	21,59
	60		13,52	15,15	16,78	18,41	20,04	21,68	23,31
	100		14,35	16,08	17,82	19,55	21,28	23,02	24,75
	200		15,22	17,06	18,90	20,73	22,57	24,41	26,25
	280		15,42	17,29	19,15	21,01	22,87	24,74	26,60

... (continua)

Tabela 7. (continuação)

Peso vivo(kg)	Dias em lactação	Gordura no leite (%)	Produção de leite (kg/dia)						
			10	15	20	25	30	35	40
600	15	3,0	12,42	13,48	14,54	15,59	16,65	17,71	18,77
	30		13,12	14,24	15,36	16,48	17,59	18,71	19,83
	60		14,17	15,37	16,58	17,79	18,99	20,20	21,41
	100		15,04	16,32	17,60	18,89	20,17	21,45	22,73
	200		15,95	17,31	18,67	20,03	21,39	22,75	24,10
	280		16,17	17,54	18,92	20,30	21,67	23,05	24,43
	15	3,5	12,61	13,76	14,91	16,06	17,21	18,36	19,51
	30		13,32	14,54	15,75	16,97	18,18	19,40	20,62
	60		14,38	15,69	17,01	18,32	19,63	20,94	22,26
	100		15,27	16,66	18,06	19,45	20,84	22,24	23,63
	200		16,19	17,67	19,15	20,63	22,11	23,58	25,06
	280		16,41	17,91	19,41	20,90	22,40	23,90	25,40
	15	4,0	12,79	14,04	15,28	16,53	17,77	19,02	20,26
	30		13,52	14,83	16,15	17,46	18,78	20,09	21,41
	60		14,59	16,01	17,43	18,85	20,27	21,69	23,11
	100		15,49	17,00	18,51	20,02	21,52	23,03	24,54
	200		16,43	18,03	19,63	21,23	22,83	24,42	26,02
	280		16,65	18,27	19,89	21,51	23,13	24,75	26,37
	15	4,5	12,98	14,32	15,66	16,99	18,33	19,67	21,01
	30		13,71	15,13	16,54	17,95	19,37	20,78	22,19
	60		14,81	16,33	17,86	19,38	20,91	22,43	23,96
	100		15,72	17,34	18,96	20,58	22,20	23,82	25,44
	200		16,67	18,39	20,11	21,83	23,54	25,26	26,98
	280		16,90	18,64	20,38	22,12	23,86	25,60	27,34
	15	5,0	13,17	14,60	16,03	17,46	18,89	20,32	21,75
	30		13,91	15,42	16,94	18,45	19,96	21,47	22,98
	60		15,02	16,65	18,28	19,91	21,55	23,18	24,81
	100		15,95	17,68	19,41	21,15	22,88	24,61	26,34
	200		16,91	18,75	20,59	22,43	24,26	26,10	27,94
	280		17,14	19,00	20,86	22,72	24,59	26,45	28,31
700	15	3,0	13,68	14,74	15,80	16,86	17,91	18,97	20,03
	30		14,46	15,58	16,69	17,81	18,93	20,04	21,16
	60		15,61	16,81	18,02	19,23	20,43	21,64	22,85
	100		16,57	17,85	19,13	20,41	21,70	22,98	24,26
	200		17,58	18,93	20,29	21,65	23,01	24,37	25,73
	280		17,81	19,19	20,56	21,94	23,32	24,69	26,07
	15	3,5	13,87	15,02	16,17	17,32	18,47	19,63	20,78
	30		14,66	15,87	17,09	18,30	19,52	20,74	21,95
	60		15,82	17,13	18,45	19,76	21,07	22,38	23,70
	100		16,80	18,19	19,59	20,98	22,37	23,77	25,16
	200		17,82	19,29	20,77	22,25	23,73	25,21	26,69
	280		18,05	19,55	21,05	22,55	24,05	25,54	27,04
	15	4,0	14,06	15,30	16,55	17,79	19,03	20,28	21,52
	30		14,85	16,17	17,48	18,80	20,11	21,43	22,74
	60		16,03	17,45	18,87	20,29	21,71	23,13	24,55
	100		17,02	18,53	20,04	21,54	23,05	24,56	26,07
	200		18,06	19,65	21,25	22,85	24,45	26,05	27,64
	280		18,30	19,92	21,53	23,15	24,77	26,39	28,01
	15	4,5	14,24	15,58	16,92	18,26	19,59	20,93	22,27
	30		15,05	16,46	17,88	19,29	20,70	22,12	23,53
	60		16,25	17,77	19,30	20,82	22,35	23,87	25,40
	100		17,25	18,87	20,49	22,11	23,73	25,35	26,97
	200		18,30	20,01	21,73	23,45	25,17	26,89	28,60
	280		18,54	20,28	22,02	23,76	25,50	27,24	28,98
	15	5,0	14,43	15,86	17,29	18,72	20,15	21,59	23,02
	30		15,25	16,76	18,27	19,78	21,29	22,81	24,32
	60		16,46	18,09	19,72	21,36	22,99	24,62	26,25
	100		17,48	19,21	20,94	22,68	24,41	26,14	27,87
	200		18,53	20,37	22,21	24,05	25,89	27,72	29,56
	280		18,78	20,64	22,51	24,37	26,23	28,09	29,96

Equação 1.1 (Tabela 1.2): $CMS (kg/vaca/dia) = (LCG4\% \times 0,3261 + PV^{0,75} \times 0,1114) \times (1 - e^{(-0,0134 \times (DL + 92,4786))})$. $LCG4\%$ = produção de leite corrigida para 4% de gordura = produção de leite (kg/dia) $\times 0,40$ + produção de leite $\times 0,15 \times$ teor de gordura do leite.

Tabela 8. Consumo de matéria seca estimado (CMS; kg/animal/dia) para novilhas leiteiras em confinamento por meio da equação de Oliveira e Ferreira (2016)¹, em função do peso vivo (PV) e ganho de peso vivo (GPV)

Peso vivo (kg)	Ganho de peso vivo (kg/dia)									
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
100	0,98	1,58	2,05	2,41	2,70	2,92	3,09	3,23	3,34	3,42
150	2,30	2,90	3,37	3,73	4,02	4,24	4,41	4,55	4,66	4,74
200	3,52	4,11	4,58	4,95	5,23	5,45	5,63	5,76	5,87	5,95
250	4,65	5,25	5,72	6,08	6,37	6,59	6,77	6,90	7,01	7,09
300	5,74	6,33	6,80	7,17	7,45	7,67	7,85	7,98	8,09	8,17
350	6,77	7,37	7,84	8,20	8,49	8,71	8,89	9,02	9,13	9,21
400	7,78	8,37	8,84	9,21	9,49	9,71	9,89	10,02	10,13	10,21
450	8,75	9,35	9,81	10,18	10,46	10,68	10,86	10,99	11,10	11,18

¹ CMS (kg/animal/dia) = $0,1175 \times PV^{0,75} - 3,4984 \times e^{(-2,4690 \times GPV)}$

1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriculture and Food Research Council (AFRC). 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants: An Advisory Manual Prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford. U.K., CAB International.
- Allden, W.G., and I.A.McD. Whittaker. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J. Agric. Res.* 21:755–766.
- Allen, M.S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3063–3075.
- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598–1624.
- Allen, M.S. 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Anim. Prod. Sci.* 54:1513–1524.
- Allen, M.S., B.J. Bradford, and M. Oba. 2009. BOARD-INVITED REVIEW: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J. Anim. Sci.* 87:3317–3334.
- Bauman, D.E., and Currie, W.B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63:1514–1529.
- Bibby, J.D., Toutenburg, H. 1977. Prediction and Improved Estimation in Linear Models. John Wiley and Sons, Berlin, Germany.
- Conrad, H.R., A.D. Pratt, and J.W. Hibbs. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci.* 47:54–62.
- Crampton, E.W., E. Donefer, and L.E. Lloyd. 1960. A nutritive value index for forages. *J. Anim. Sci.* 19:538–544.
- Dikmen, S., and P.J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.* 92:109–116.
- Forbes, J.M. 2007. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutr. Res. Rev.* 20:132–146.
- Gaines, W.L. 1928. The Energy basis of measuring milk yield on dairy cows. *Univ. Illinois Agric. Exp. Stn. Bulletin* 381:403–438.
- Hoffman, P.C., K.A. Weigel, and R.M. Wernberg. 2008. Evaluation of equations to predict dry matter intake of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 91:3699–3709.
- Illius, A.W., and N.S. Jessop. 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3052–3062.
- Ingvartsen, K.L., and J.B. Andersen. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83:1573–1597.
- Kennedy, G.C. 1953. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 140:578–592.
- Ketelaars, J.J.M.H., and B.J. Tolamp. 1996. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. *J. Anim. Sci.* 74:3036–3051.
- Lin, L.I. 1989. A Concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 45:255–268.
- Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup, R.D. Wolfinger, and O. Schabenberger. 2006. SAS for

- Mixed Models. 2th ed. SAS Institute Inc.
- Lowell, B.B. 2019. New neuroscience of homeostasis and drives for food, water, and salt. *N. Engl. J. Med.* 380:459–471.
- Mayer, J. 1953. Glucostatic mechanism of regulation of food intake. *N. Engl. J. Med.* 249:13–16.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64:1548–1558.
- Mertens, D.R. 1994. Regulation of forage intake. Pages 450-493 in *Forage quality, evaluation and utilization*. G.C. Fahey, ed. American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
- National Research Council (NRC). 1971. *A Guide to Environmental Research on Animals*. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Oliveira, A.S. 2014. Estimativa do consumo de matéria seca de vacas leiteiras em condições tropicais. Pages 167-178 in *I Simpósio brasileiro de ruminantes leiteiros*. A.M. Teixeira, F.A. Magalhães, G.L. Macedo Junior, eds. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.
- Oliveira, A.S., E. Detmann, J.M.S. Campos, D.S. Pina, S.M. Souza, and M.G. Costa. 2011. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. *Rev. Bras. Zootec.* 40:1587–1595.
- Oliveira, A.S., and V.B. Ferreira. 2016. Prediction of intake in growing dairy heifers under tropical conditions. *J. Dairy Sci.* 99:1103–1110.
- Quigley, J.D.; James, R.E., Mcgilliard, M.L. 1986. Dry matter intake in dairy heifers 2. Equations to predict intake of heifers under intensive management. *J. Dairy Sci.* 69:2863–2867.
- Souza, M.C., A.S. Oliveira, C.V. Araújo, A.F. Brito, R.M.A. Teixeira, E.H.B.K. Moares, and D.C. Moura. 2014. Short communication: Prediction of intake in dairy cows under tropical conditions. *J. Dairy Sci.* 97:3845–3854.
- Souza, R.A., R.J. Tempelman, M.S. Allen, and M.J. VandeHaar. 2019. Updating predictions of dry matter intake of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:7948-7960.
- Vadiveloo, J., and W. Holmes. 1979. The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. *J. Agric. Sci.* 93:553–562.
- Van Amburgh, M.E., Collao-Saenz, M.E., R.J. Higgs, D.A. Ross, E.B. Recktenwald, E. Raffrenato, L.E. Chase, T.R. Overton, J.K. Mills, and A. Foskolos. 2015. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *J. Dairy Sci.* 98:6361–6380.
- Vieira, F.J.G. 2017. Fatores que afetam o consumo de matéria seca de vacas leiteiras. Dissertação de Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Mato Grosso. Sinop, Brasil.
- Anexo 1: Lista de publicações que descrevem os experimentos usados para construção das equações de predição do CMS para vacas em lactação
- Arcuri, P. B., F. C. F. Lopes, A. C. A. Duque, G. S. Rodrigues, A. C. W. Elyas, and J. B. N. Monteiro. 2007a. Avaliação do modelo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) na predição da produção de leite e do consumo de matéria seca de vacas Holandês x Zebu. XLIV Reunião Brasileira Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (Abstr.)
- Arcuri, P. B., F. C. F. Lopes, A. C. A. Duque, J. C. Carneiro, M. J. F. Morenz, and M. A. Freitas. 2007b. Avaliação do modelo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) na predição da produção de leite e do consumo de matéria seca de vacas Holandês. XLIV Reunião Brasileira Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (Abstr.).
- Aroeira, L. J. M., F. C. F. Lopes, F. Deresz, R. S. Verneque, M. S. Dayrell, L. L. Matos, H. Maldonado-Vasquez, and A. Vittori. 1999. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Ani. Feed Sci. and Tech.* 78:313-324.
- Aroeira, L. J. M., F. C. F. Lopes, J. P. G. Soares, F. Derez, R. S. Verneque, P. B. Arcuri, and L. L. Matos. 2001. Daily intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass rotationally. *Pesq. agropec. bras.* 36:911-917.
- Campos, M. M., A. L. C. C. Borges, F. C. F. Lopes, C. G. Pancoti, and R. R. Silva. 2011. Degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em novilhas leiteiras Holandês x Gir. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63:1487–1492.
- Duque, A. C. A., F. C. F. Lopes, J. S. Oliveira, M. J. F. Morenz, L. G. Reis, J. S. Silva, A. L. C. C. Borges, and R. R. Silva. 2018. Glicerina em substituição ao milho no concentrado de vacas em lactação. *R. bras. Ci. Vet.*, 25:60–66.
- Lopes, F. C. F., A. C. A. Duque, A. C. S. Motta, P. B. Arcuri, R. A. C. Dornelas, and A. C. Carvalho. 2007a. Avaliação do modelo CNCPS na predição da produção de leite e do consumo de matéria seca de vacas Holandês recebendo dieta

- baseada em silagem de milho suplementada com concentrados. XLIV Reunião Brasileira Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (Abstr.)
- Lopes, F. C. F., B. C. J. Fonken, A. C. A. Duque, A. C. S. Motta, S. G. Carmo, and M. G. C. D. Peixoto. 2008. Consumo, produção, composição do leite e parâmetros ruminais de vacas Holandês x Zebu recebendo dietas baseadas em cana-de-açúcar ou silagem de milho, suplementadas com concentrados. XLV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (Abstr.)
- Lopes, F. C. F., L. J. M. Aroeira, N. M. Rodriguez, F. Deresz, I. B. M. Sampaio, D. S. C. Paciullo, and A. Vittori. 2004. Efeito da suplementação e do intervalo de pastejo sobre a qualidade da forragem e consumo voluntário de vacas Holandês x Zebu em lactação em pastagem de capim-elefante. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 56:355–362.
- Lopes, F. C. F., S. R. V. Soares, R. B. Reis, N. M. Rodriguez, H. M. Saturnino, S. G. Coelho, M. J. F. Morenz, and A. C. W. Elyas. 2007b. Avaliação do modelo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS) na predição da produção de leite e do consumo de matéria seca de vacas da raça Holandês. XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal, XXX Reunión Asociación Peruana de Producción Animal, V Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito (Abstr.)
- Lopes, F. C. F., C. G. S. Ribeiro, N. M. Rodriguez, M. A. S. Gama, M. J. F. Morenz, R. A., and H. R. Bizzo. 2019. Butter fatty acid composition as a function of soybean oil supplementation and time of milking, and performance of Holstein x Gyr cows fed with chopped elephant grass-based diets. Semina: Ciênc. Agr. 40:2027–2044.
- Oliveira, J. S., M. M. de Martin, F. C. F. Lopes, R. P. X. Lopes, V. C. Fernandes, and A. C. A. Duque. 2010. Efeito de diferentes níveis de substituição do milho por glicerina bruta no desempenho de vacas em lactação. VI Congresso Nordestino de Produção Animal (Abstr.)
- Ribeiro, C. G. S., F. C. F. Lopes, M. A. S. Gama, M. J. F. Morenz, and N. M. Rodriguez. 2014. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 66:1513–1521.
- Souza, R. C. 2011. Adição crescente de ureia na cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) *in natura* em dietas de vacas em lactação. Tese de Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.
- Anexo 2: Lista de publicações que descrevem os experimentos usados para avaliação das equações de predição do CMS para vacas leiteiras
- Almeida, G.A.P., M.A. Ferreira, J.L. Silva, J.C.C. Chagas, A.S.C. Vêras, L.J.A. Barros, and G.L.P. Almeida. 2018. Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in smallholder livestock system. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 31:379–385.
- Amaral, R.C., M.C. Santos, J.L.P. Daniel, A. Sá Neto, A.W. Bispo, E.H. Cabezas-Garcia, T.F. Bernardes, and L.G. Nussio. 2014. The influence of covering methods on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. Rev. Bras. Zootec. 43:471–478.
- Araújo, P.R.B., M.A. Ferreira, L.H.A. Brasil, D.C. Santos, R.M.B. Lima, A.S.C. Vêras, M.V.F. Santos, S.V. Bispo, and M. Azevedo. 2004. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. Rev. Bras. Zootec. 33:1850–1857.
- Assis, A.J. 2005. Casca de soja e de caroço de algodão em dietas de vacas leiteiras em lactação. Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Campos, F.P., M.R.G. Conceição, P. Sarmiento, D.R.O. Nicácio, C.G. Lima, and S.V. Matarazzo. 2018. Productivity and physiological response of lactating Holstein cows to sugarcane supplementation and evaporative cooling under heat-stress. J. Agric. Sci. 156:1–14.
- Cobianchi, J.V., A.S. de Oliveira, J.M.S. Campos, A.V. Guimarães, S.C. Valadares Filho, F.P. Cobianchi, and T.E.S. Oliveira. 2012. Productive performance and efficiency of utilization of the diet components in dairy cows fed castor meal treated with calcium oxide. Rev. Bras. Zootec. 41:2238–2248.
- Cordeiro, C.F.A., M.L.A. Pereira, S.S. Mendonça, P.J.P. Almeida, L.V. Aguiar, and M.P. Figueiredo. 2007. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes e produção e composição do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de proteína bruta na dieta contendo cana-de-açúcar e concentrados. Rev. Bras. Zootec. 36:2118–2126.
- Costa, M.G. 2008. Rações com diferentes fontes de gordura para vacas em lactação. Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Costa, M.G., J.M.S. Campos, S.C. Valadares Filho, R.F.D. Valadares, S.S. Mendonça, D.P. Souza, and M.P. Teixeira. 2005. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. Rev. Bras. Zootec.

34:2437–2445.

- Coutinho, D.A., A.F. Branco, G.T. Santos, M.P. Osmari, A.L. Teodoro, and T.G. Diaz. 2014. Intake, digestibility of nutrients, milk production and composition in dairy cows fed on diets containing cashew nut shell liquid. *Acta Sci. Anim. Sci.* 36:311–316.
- Deresz, F., A.M. Fernandes, L.L. Matos, and J.C. Teixeira. 1996. Utilização de soja-grão crua, na alimentação de vacas leiteiras de alta produção. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 25:113–124.
- Dias Junior, G.S. 2011. Desempenho de vacas leiteiras suplementadas com sal de cálcio rico em ácido linoléico ou grão de soja tostado. Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Brasil.
- Eifert, E.C., R.P. Lana, M.I. Leão, P.B. Arcuri, S.C. Valadares Filho, W.M. Leopoldino, J.S. Oliveira, and C.B. Sampaio. 2005. Efeito da combinação de óleo de soja e monensina na dieta sobre o consumo de matéria seca e a digestão em vacas lactantes. *Rev. Bras. Zootec.* 34:297–308.
- Magalhães, V.J.A., and P.H.M. Rodrigues. 2003. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem pré-seca de alfafa adicionada de inoculante microbiano. *Rev. Bras. Zootec.* 32:2016–2022.
- Martins, C.M.M.R., D.C.M. Fonseca, B.G. Alves, M.A. Arcari, G.C. Ferreira, K.C. Welter, C.A.F. Oliveira, F.P. Rennó, and M. V Santos. 2019. Effect of dietary crude protein degradability and corn processing on lactation performance, milk protein composition, and stability. *J. Dairy Sci.* 102:4165–4178.
- Martins, S.C.S.G., V.R. Rocha Júnior, L.A. Caldeira, D.A.A. Pires, I.C. Barros, E.C.J. Sales, C.C.R. Santos, A.C.R. Aguiar, and C.R. Oliveira. 2011. Consumo, digestibilidade, produção de leite e análise econômica de dietas com diferentes volumosos. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.* 12:691–708.
- Maturana Filho, M. 2009. Desempenho produtivo e reprodutivo e parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras alimentadas com diferentes fontes de gordura no período de transição e início de lactação. Mestrado em Nutrição e Produção Animal. Universidade de São Paulo. Pirassununga, Brasil.
- Melo, A.A.S., M.A. Ferreira, A.S.C. Vêras, M.A. Lira, L.E. Lima, R.A.S. Pessoa, S.V. Bispo, A.M.D. Cabral, and M. Azevedo. 2006. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. *Pesq. Agrop. Bras.* 41:1165–1171.
- Mendonça, S.S., J.M.S. Campos, S.C. Valadares Filho, R.F.D. Valadares, C.A. Soares, R.P. Lana, A.C. Queiroz, A.J. Assis, and M.L.A. Pereira. 2004. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.* 33:481–492.
- Mora, P.J.G., M.I. Leão, S.C. Valadares Filho, J.F. Coelho da Silva, P.A.M. Malafaia, and R.A.M. Vieira. 1996. Grãos de soja em rações para vacas lactantes: consumo dos nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 25:369–381.
- Moura, D.C., F.J.G. Vieira, R.M. Miranda, P.O. Cordeiro, L. Molossi, D.S. Souza, V.H. Zampieri, S.R. Soares, F.N. Viana, K.C. Alessi, and A.S. Oliveira. 2018. Crambe meal can completely replace soybean meal in diets for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101 (Supl 2).
- Nascimento, W.G., I.N. Prado, C.C. Jobim, J.C. Emile, F. Surault, and C. Huyghe. 2008. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.* 37:896–904.
- Oliveira, A.S., J.M.S. Campos, I.M. Ogunade, D.S. Caixeta, E.P. Viana, and K.C. Alessi. 2018. Performance and utilization of nutrients in dairy cows fed with sunflower meal. *J. Agric. Sci.* 156:1233–1240.
- Oliveira, S.G. 2001. Utilização de fontes de gordura em dietas com diferentes níveis de fibra para vacas em lactação. Mestrado em Agronomia (Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil.
- Paiva, J.A.J., H.A. Moreira, G.M. Cruz, and R.S. Verneque. 1991. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 20:90–99.
- Paiva, V.R. 2009. Níveis de proteína bruta em dietas para vacas leiteiras da raça holandesa em confinamento. Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Pereira, M.L.A., S.C. Valadares Filho, R.F.D. Valadares, J.M.S. Campos, M.I. Leão, C.A.R. Pereira, D.S. Pina, and S.S. Mendonça. 2005. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta. *Rev. Bras. Zootec.* 34:1029–1039.
- Rocha, F.C., R. Garcia, A.W.P. Freitas, A.L. Souza, K.F. Gobbi, S.C. Valadares Filho, R.G. Tonucci, and G.C. Rocha. 2006. Casca de café em dietas

- para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. *Rev. Bras. Zootec.* 35:2163–2171.
- Rodrigues, J.P.P., R.M. de Paula, L.N. Rennó, M.M.S. Fontes, A.F. Machado, S.C. Valadares Filho, P. Huhtanen, and M.I. Marcondes. 2017. Short-term effects of soybean oil supplementation on performance, digestion, and metabolism in dairy cows fed sugarcane-based diets. *J. Dairy Sci.* 100:4435–4447.
- Sá Neto, A., A.W. Bispo, D. Junges, A.K. Bercht, M. Zopollatto, J.L. Daniel, and L.G. Nussio. 2014. Exchanging physically effective neutral detergent fiber does not affect chewing activity and performance of late-lactation dairy cows fed corn and sugarcane silages. *J. Dairy Sci.* 97:7012–7020.
- Salvador, S.C., M.N. Pereira, J.F. Santos, L.Q. Melo, and M.L. Chaves. 2008. Resposta de vacas leiteiras à substituição total de milho por polpa cítrica e à suplementação com microminerais orgânicos II: Desempenho e economia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 60:1142–1149.
- San Vito, E. 2010. Glicerina bruta na alimentação de vacas leiteiras. Doutorado (Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Santos, M.V.F., I.F. Farias, M.A. Lira, M.M.A. Nascimento, D.C. Santos, and J.J. Tavares Filho. 1998. Efeito do tempo de colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* mill) cv. Gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.* 27:33–39.
- Silva, A.E.V.N., A. Guim, M.A. Ferreira, L.E. Lima, R.A.S. Pessoa, and M.Y. Sosa. 2005. Estratégia alimentar para dieta baseada em palma forrageira sobre o desempenho e digestibilidade em vacas em final de lactação. *Acta Sci. Anim. Sci.* 27:269–276.
- Silva, B.O., L.A. Leite, M.I.C. Ferreira, L.M. Fonseca, and R.B. Reis. 2004. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 56:750–756.
- Silva, C.J. 2012. Processamento de grãos de milho para uso na alimentação de vacas leiteiras. Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Silva, J.C.P.M. 2009. Níveis de concentrado e de proteína não degradável no rúmen na dieta de vacas em lactação. Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Soares, C.A., J.M.S. Campos, S.C. Valadares Filho, R.F.D. Valadares, S.S. Mendonça, A.C. Queiroz, and R.P. Lana. 2004. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de trigo. *Rev. Bras. Zootec.* 33:2161–2169.
- Sobreira, H.F. 2011. Resíduos do coco da macaúba em substituição parcial ao milho e farelo de soja em rações para vacas mestiças lactantes. Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil.
- Souza, D.P., J.M.S. Campos, S.C. Valadares Filho, R.P. Lana, C.A.Z. Sediya, and J. Mendes Neto. 2009. Comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade de nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com caroço de algodão. *Rev. Bras. Zootec.* 38:2053–2062.
- Stelzer, F.S., R.P. Lana, J.M.S. Campos, A.B. Mancio, J.C. Pereira, and J.G. Lima. 2009. Desempenho de vacas leiteiras recebendo concentrado em diferentes níveis, associado ou não a própolis. *Rev. Bras. Zootec.* 38:1381–1389.
- Teixeira, R.M.A., R.P. Lana, L.O. Fernandes, A.S. Oliveira, A.C. Queiroz, and J.J.O. Pimentel. 2010. Desempenho produtivo de vacas da raça Gir leiteira em confinamento alimentadas com níveis de concentrado e proteína bruta nas dietas. *Rev. Bras. Zootec.* 39:2527–2534.
- Vargas, L.I.M., R.P. Lana, J.C.P.M. Silva, C.M. Veloso, L.N. Rennó, and D.M. Fonseca. 2015. Desempenho de vacas mestiças em função de suplementação energética e proteica em dietas à base de silagem de milho. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 67:827–836.
- Wenersbach Filho, H.L., J.M.S. Campos, A.J. Assis, S.C. Valadares Filho, A.C. Queiroz, R.F.D. Valadares, and R.P. Lana. 2006. Consumo, digestibilidade aparente e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com concentrado processado de diferentes formas. *Rev. Bras. Zootec.* 35:1228–1235.
- Zanferari, F., T.H.A. Vendramini, M.F. Rentas, R. Gardinal, G.D. Calomeni, L.G. Mesquita, C.S. Takiya, and F.P. Rennó. 2018. Effects of chitosan and whole raw soybeans on ruminal fermentation and bacterial populations, and milk fatty acid profile in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101: 10939–10952.
- Zilio, E.M.C., T.A. Del Valle, L.G. Ghizzi, C.S. Takiya, M.S.S. Dias, A.T. Nunes, G.G. Silva, and F.P. Rennó. 2019. Effects of exogenous fibrolytic and amylolytic enzymes on ruminal fermentation and performance of mid-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1–11.