

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v20n5e1948>

Regressão entre a ingestão de matéria seca predita e a observada experimentalmente em vacas sob condições tropicais

Breno Mourão de Sousa¹, Antônio Gabriel Neves de Moura Richard^{2*}, Maria Clara de Moraes Pessoa², Ana Luiza Costa Cruz Borges³

¹Médico Veterinário, Dr. Professor, Núcleo de Ciências Agrárias e Meio Ambiente, Centro Universitário de Belo Horizonte, Brasil.

²Graduando em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário de Belo Horizonte, Brasil.

³Médico Veterinário, Dr. Professor, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

*Autor para correspondência: e-mail: antoniogabrielrichard6@gmail.com.

Resumo. O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia dos sistemas de predição nutricional NRC e CNCPS na estimativa da ingestão voluntária de matéria seca (IMS) de vacas mantidas em pastejo tropical, comparando os valores preditos por cada modelo com dados experimentais observados. Foram utilizados 48 registros de ingestão obtidos em condições tropicais de pastejo de gramíneas do gênero *Urochloa* (Brachiaria) spp., sendo ajustadas equações de regressão linear simples entre o IMS observado e o estimado por cada sistema. O modelo NRC apresentou a equação $Y = 0,4707X + 6,9324$ ($R^2 = 0,1437$), enquanto o CNCPS resultou em $Y = 0,523X + 7,6314$ ($R^2 = 0,1234$). Ambos os sistemas apresentaram baixos coeficientes de determinação, evidenciando limitações na capacidade de predição da ingestão em ambientes tropicais. As inclinações das retas sugeriram diferenças entre os valores observados e preditos de ingestão, indicando limitações dos modelos para estimar o consumo de matéria seca nas condições de pastejo avaliadas. Esses resultados corroboram estudos nacionais e internacionais que apontam as diferenças estruturais e fisiológicas das forragens tropicais, associadas aos efeitos ambientais, como as principais causas da baixa precisão dos modelos desenvolvidos em regiões de clima temperado. Conclui-se que tanto o NRC quanto o CNCPS não representam satisfatoriamente o comportamento ingestivo de vacas em pastejo tropical, reforçando a necessidade de calibrações regionais e da utilização de modelos ajustados à realidade brasileira.

Palavras-chave: Ingestão de matéria seca, modelagem, nutrição, pastejo, suplementação.

Regression between predicted and experimentally observed dry matter intake of cows grazing in tropical conditions

Abstract. The objective of this study was to evaluate the accuracy of the NRC and CNCPS nutritional prediction systems in estimating the voluntary dry matter intake (DMI) of cows grazing under tropical conditions, by comparing the values predicted by each model with experimentally observed data. a total of 48 intake records obtained from tropical grazing systems based on *Urochloa* spp. pastures were used. simple linear regression equations were fitted between observed and predicted DMI for each system. the NRC model generated the equation $y = 0.4707x + 6.9324$ ($r^2 = 0.1437$), whereas the CNCPS model resulted in $y = 0.523x + 7.6314$ ($r^2 = 0.1234$). both systems exhibited low coefficients of determination, indicating limitations in their ability to accurately predict intake under tropical conditions. the regression slopes indicated underestimation at lower intake levels and overestimation at higher intake levels, demonstrating poor model fit to grazing conditions. these findings corroborate national and international studies showing that differences in the structural and physiological characteristics of tropical forages, combined with environmental factors, are the main causes of the low predictive accuracy of models

developed under temperate conditions. it is concluded that both NRC and CNCPS fail to adequately represent the intake behavior of cows grazing tropical pastures, reinforcing the need for regional calibration and the use of models adapted to Brazilian production conditions.

Keywords: Dry matter intake, modeling, grazing, nutrition, supplementation.

Introdução

A determinação precisa da ingestão de matéria seca (IMS) é um dos pilares da nutrição de ruminantes, especialmente sob condições tropicais de pastejo, onde a composição química e a digestibilidade das forragens apresentam alta variabilidade sazonal ([Costa et al., 2021](#); [Garcia et al., 2014](#); [Valadares Filho et al., 2016](#)). Em sistemas de produção baseados em pastagens tropicais, a IMS representa a principal via de suprimento energético e proteico para o animal, sendo determinante para o desempenho produtivo e reprodutivo ([Machado et al., 2012](#); [Marcondes et al., 2010](#); [Moraes et al., 2009](#)). Contudo, a complexa interação entre fatores relacionados ao animal, à forragem e ao ambiente dificulta a predição acurada da ingestão sob essas condições ([Blake et al., 2023](#); [Mertens, 2015](#)).

A maioria dos modelos clássicos de predição da ingestão, como os propostos pelo *National Research Council* ([NRC, 1989](#)) e pelo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* – CNCPS ([Fox et al., 2004](#); [Van Amburgh et al., 2015](#)), foi desenvolvida a partir de dados obtidos em condições de confinamento e com dietas compostas por forragens de clima temperado. Assim, quando aplicados a sistemas tropicais, esses modelos frequentemente superestimam ou subestimam a ingestão de matéria seca (IMS) real, em razão das diferenças na composição fibrosa e no padrão de fermentação das forragens tropicais ([Berchielli et al., 2011](#); [Detmann et al., 2014](#)). Em pastagens de gramíneas tropicais, a elevada proporção de fibra em detergente neutro (FDN) e a menor taxa de degradação ruminal limitam o enchimento ruminal e, conseqüentemente, a ingestão voluntária de forragem ([Chemey & Chemey, 1997](#); [Mertens, 1997](#)).

Nesse contexto, análises de regressão entre a IMS predita por diferentes sistemas e a observada experimentalmente são essenciais para validar e ajustar os modelos nutricionais às condições de pastagem tropical ([Azevêdo et al., 2010](#); [Blake et al., 2023](#); [Sheahan et al., 2013](#)). Essa abordagem permite quantificar o grau de associação entre as variáveis e identificar possíveis vieses sistemáticos nas estimativas de ingestão, além de contribuir para o aprimoramento das equações preditivas voltadas para sistemas de produção de base forrageira.

O presente estudo teve como objetivo avaliar, por meio de análise de regressão, a relação entre a ingestão de matéria seca predito por sistemas de predição de exigências nutricionais e a ingestão observada experimentalmente em bovinos mantidos sob condições de pastagem tropical no Brasil.

Material e métodos

O experimento foi realizado em uma propriedade particular de bovinos leiteiros localizada no município de Leandro Ferreira, Minas Gerais, aproximadamente 100 km a oeste de Belo Horizonte, nas coordenadas 19°43' S, 45°01' O e altitude de 707 m ([Alvares et al., 2013](#)).

Foram avaliadas 48 vacas mestiças Holandês × Zebu, sendo 24 vacas submetidas ao manejo de despona e 24 ao manejo de repasse, distribuídas em três tratamentos em delineamento de blocos ao acaso (oito blocos) dentro de cada manejo. Os critérios de blocagem foram a produção de leite, os dias em lactação e o peso corporal.

As 48 vacas foram divididas em dois experimentos ou lotes experimentais. O Lote 1 (experimento de despona) foi composto por 24 vacas mestiças Holandês × Zebu, com produção média de 16 kg de leite/dia, 155 dias em lactação, peso corporal médio de 513 kg e escore de condição corporal de 2,0 (escala de 1 a 5). O Lote 2 (experimento de repasse) foi constituído por 24 vacas mestiças Holandês × Zebu, com produção média de oito kg de leite/dia, 311 dias em lactação, peso corporal médio de 523 kg e escore de condição corporal de 2,25.

As vacas do experimento de despona foram distribuídas em três tratamentos, em delineamento de blocos ao acaso (oito blocos, com três vacas por bloco), de acordo com a produção de leite, os dias em

lactação e o peso corporal. O período experimental teve duração de 21 dias, sendo 14 dias destinados à adaptação dos animais e sete dias à coleta de dados. Foram avaliados três níveis de suplementação concentrada, com base na matéria natural: 4,0; 6,0 e 8,0 kg de concentrado por vaca/dia.

As 24 vacas remanescentes foram alocadas ao experimento de repasse, seguindo o mesmo delineamento experimental. Nesse caso, os tratamentos consistiram em níveis de suplementação de 1,0; 2,0 e 4,0 kg de concentrado por vaca/dia, também com base na matéria natural.

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia, às 6h30 e às 15h00, ocasiões em que o concentrado era fornecido em duas porções iguais. Durante cada ordenha, os animais receberam individualmente 50 g de suplemento mineral-vitamínico comercial (PRODAP[®]), contendo 8,0% de Ca; 8,0% de P; 1,5% de Mg; 15,1% de Na; 3,9% de S; 1.045 ppm de Mn; 641 ppm de Fe; 1.567 ppm de Cu; 4.845 ppm de Zn; 216 ppm de I; 133 ppm de Co; e 35 ppm de Se.

O suplemento concentrado foi formulado com 75,5% de fubá de milho, 22,5% de farelo de soja tostado, 1,0% de ureia agrícola e 1,0% de calcário calcítico, com base na matéria natural.

Para o pastejo, foram utilizados 16 piquetes formados por gramíneas do gênero *Urochloa brizantha* cv. Marandu (oito piquetes), *U. decumbens* cv. Basilisk (quatro piquetes) e *U. ruziziensis* (quatro piquetes), totalizando uma área de 27,67 ha.

Nessa área, os animais experimentais (24 vacas no lote de desponta e 24 no lote de repasse, em sistema líder-seguidor) pastejavam juntamente com outros animais do rebanho não utilizados no experimento (48 vacas em lactação), empregados apenas para ajuste da taxa de lotação dos piquetes, que foi de 3,5 vacas/ha.

O período de ocupação dos piquetes foi de um dia para *U. brizantha*, dois dias para *U. decumbens* e três dias para *U. ruziziensis*. Essa diferença ocorreu em função da variação da área dos piquetes (*U. brizantha*: 1,4 ha; *U. decumbens*: 1,8 ha; *U. ruziziensis*: 2,4 ha).

Ao final do período de pastejo das 96 vacas em lactação da propriedade, um terceiro grupo de animais (vacas secas e novilhas gestantes) realizava o repasse final, totalizando 120 animais e uma taxa de lotação global de 4,33 vacas/ha.

A estimativa da ingestão de matéria seca (IMS) individual foi obtida pela relação entre a produção fecal e a indigestibilidade da matéria seca (Silva & Leão, 1979). A produção fecal (kg de MS/dia) foi estimada por meio da utilização do óxido crômico (Cr₂O₃) como indicador externo, administrado individualmente aos animais durante o período de coleta.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da forragem consumida foi determinada a partir de amostras obtidas pelo método do pastejo simulado (Tilley & Terry, 1963). Todas as amostras foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (MS) (AOAC, 2005). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte, MG.

Foram utilizados os dados individuais de IMS das 48 vacas em lactação mantidas sob pastejo de forrageiras tropicais, os quais foram comparados aos valores preditos pelos sistemas NRC (1989) e CNCPS (Fox et al., 2004), amplamente empregados na estimativa da ingestão de vacas leiteiras.

Para o NRC (1989), a predição do IMS foi obtida por meio da equação geral:

$$\text{IMS (kg/dia)} = (0,372 \times \text{LCG}) + (0,0968 \times \text{PV}^{0,75}) \times [1 - e^{-0,192 \times (\text{NDT} - 0,372)}]$$
, em que LCG representa o leite corrigido para 4% de gordura (kg/dia), PV corresponde ao peso vivo (kg) e NDT ao teor de nutrientes digestíveis totais da dieta (%).

Para o CNCPS (Fox et al., 2004), a ingestão foi estimada considerando-se o balanço energético e a limitação física da dieta, conforme a expressão:

$$\text{IMS (kg/dia)} = \text{EMreq} / \text{EMdieta} = (\text{EMm} + \text{ELI}) / \text{EMdieta}$$
, em que EMreq corresponde à exigência total de energia metabolizável (Mcal/dia), EMdieta à densidade energética da dieta (Mcal/kg de MS), EMm à exigência de manutenção e ELI à exigência líquida para lactação.

As análises de regressão foram conduzidas com o objetivo de avaliar a relação funcional entre as variáveis estudadas, expressa pela equação geral $Y = f(X)$, em que Y representa a variável dependente

e X a variável independente. Essa abordagem permite descrever matematicamente o comportamento da variável resposta em função das alterações da variável explicativa, possibilitando a interpretação das tendências observadas e a identificação de padrões biológicos e zootécnicos.

Os ajustes de regressão foram realizados utilizando-se o Microsoft 365 (versão 2025, Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA), pelo método dos mínimos quadrados. A qualidade do ajuste foi avaliada com base no coeficiente de determinação (R^2), que expressa a proporção da variação total da variável dependente explicada pela variável independente. As equações obtidas e seus respectivos coeficientes de determinação foram apresentadas graficamente, permitindo a visualização da relação entre as variáveis e da confiabilidade dos modelos ajustados.

Resultados e discussão

A [figura 1](#) apresenta a relação entre o consumo voluntário de matéria seca (CMS) observado experimentalmente e o consumo predito pelo modelo do [NRC \(1989\)](#), expresso em kg de MS/vaca/dia ($n = 48$). A equação ajustada foi $Y = 0,4707X + 6,9324$, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,1437. A linha pontilhada representa a relação ideal ($Y = X$), na qual os valores preditos e observados seriam equivalentes.

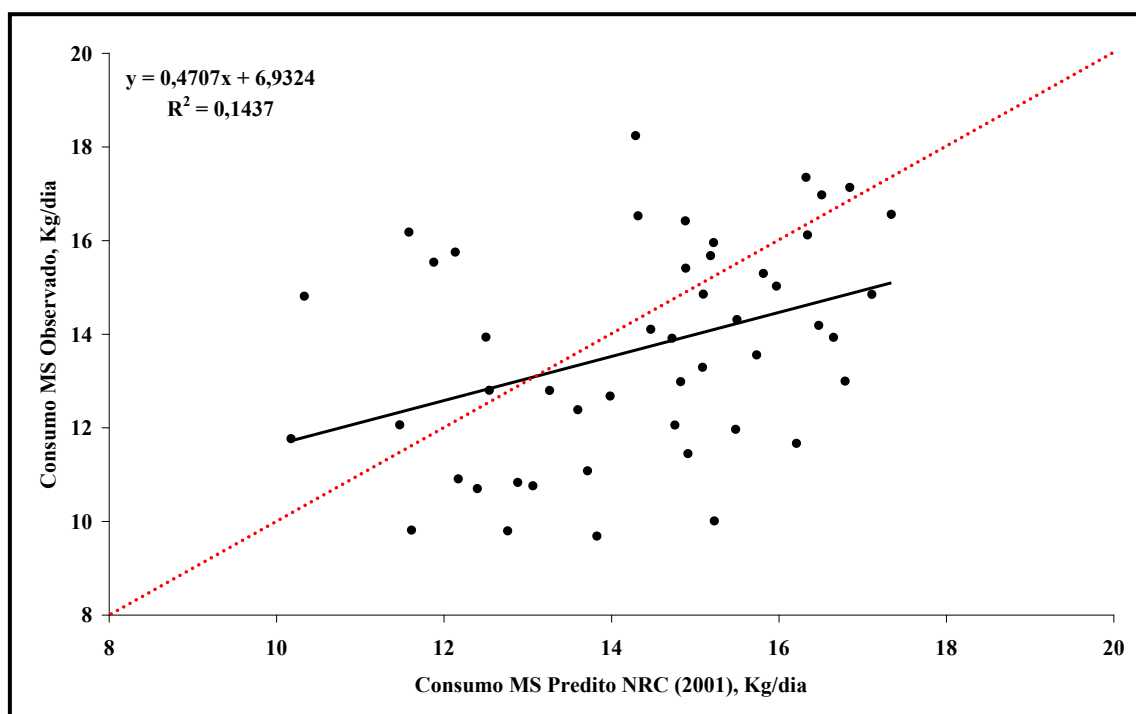


Figura 1. Análise de regressão entre a ingestão voluntária de matéria seca predita pelo [NRC \(1989\)](#) e a observada neste experimento, kg/vaca/dia ($n = 48$). A linha pontilhada representa uma relação ideal ($=1$). $Y = 0,4707X + 6,9324$ ($R^2 = 0,1437$).

A inclinação da reta de regressão (0,47) indica que, à medida que a ingestão predita aumenta, a ingestão observada cresce em menor proporção, indicando uma subestimação dos valores em menores níveis de ingestão e superestimação em maiores níveis. O intercepto positivo (6,93 kg/dia) revela que o modelo tende a prever ingestão superior aos efetivamente observados, principalmente em situações de menor desempenho produtivo. Esses resultados, associados ao baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,1437$), sugerem limitações do modelo em representar adequadamente a variação da ingestão de matéria seca em vacas mantidas sob pastejo tropical. Essa discrepância possivelmente decorre do fato de o NRC ter sido desenvolvido a partir de dados de vacas mantidas em condições de clima temperado e alimentação totalmente controlada (TMR), não contemplando adequadamente fatores típicos de sistemas tropicais, como heterogeneidade do pasto, variação na taxa de lotação, eficiência de colheita da forragem, condições térmicas elevadas e níveis distintos de fibra efetiva e degradabilidade ([NRC, 1989](#); [Valadares Filho et al., 2016](#)). De modo geral, a análise indica que o [NRC \(1989\)](#) também tende a superestimar a ingestão de matéria seca em vacas sob pastejo tropical, sendo necessária adaptação dos parâmetros empíricos do modelo às realidades zootécnicas e ambientais dos sistemas de produção brasileiros.

A [figura 2](#) apresenta a relação entre a ingestão voluntária de matéria seca (IMS) observado experimentalmente e a ingestão predito pelo modelo CNCPS ([Fox et al., 2004](#)), em vacas mantidas em condições de pastejo tropical. A equação de regressão linear ajustada foi $Y = 0,523X + 7,6314$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,1234$ e $n = 48$ observações.

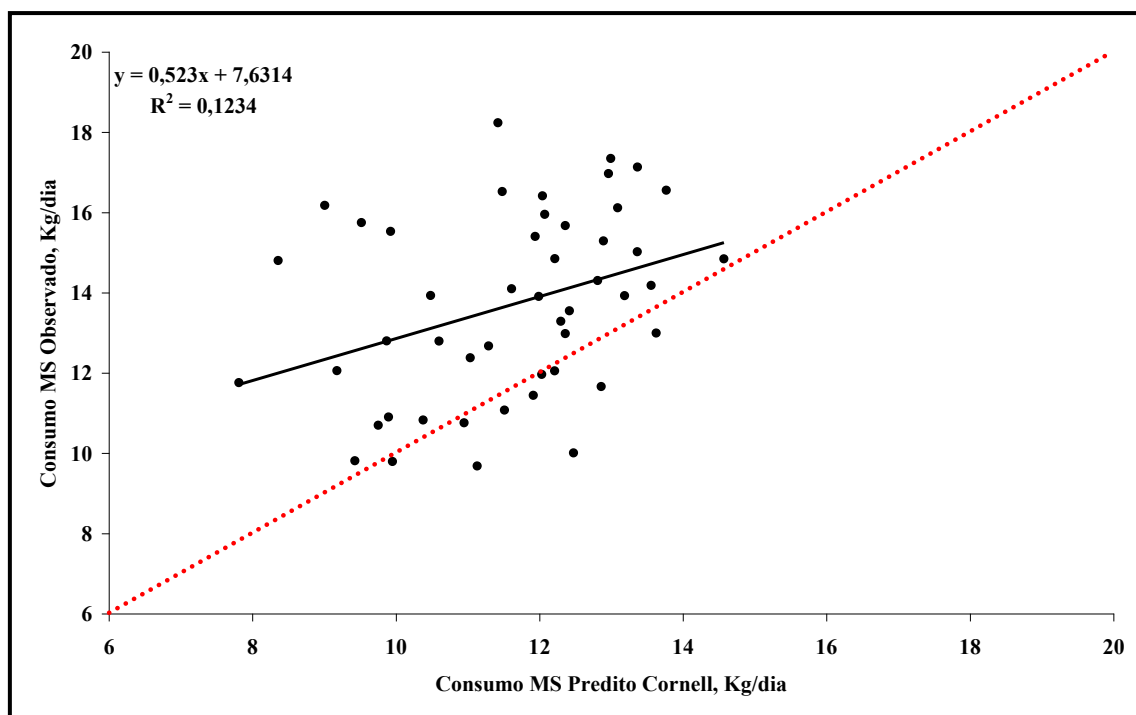


Figura 2. Análise de regressão entre a ingestão voluntária de matéria seca predita pelo CNCPS [Fox et al. \(2004\)](#) e a observada neste experimento, kg/vaca/dia ($n = 48$). A linha pontilhada representa uma relação ideal ($=1$). $Y = 0,523X + 7,6314$ ($R^2 = 0,1234$).

A inclinação da reta (0,523) sugere que os valores preditos pelo modelo não acompanham proporcionalmente a variação observada da ingestão de matéria seca, indicando possíveis discrepâncias entre os valores estimados e os observados ao longo da faixa de consumo avaliada. O intercepto positivo (7,63 kg de MS/dia) reforça a existência de diferenças sistemáticas entre os valores preditos e observados. Em conjunto, esses resultados indicam que o modelo apresentou limitada capacidade de representar a variabilidade da ingestão sob as condições experimentais deste estudo.

O baixo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,12$) demonstra a reduzida capacidade explicativa do modelo em representar a variação real do consumo sob condições tropicais. Essa limitação pode estar associada a fatores inerentes aos ambientes de pastagem, como a heterogeneidade da forragem, as variações na disponibilidade e na qualidade do pasto, as condições climáticas e a eficiência de colheita da forragem pelos animais. Tais fatores são dificilmente capturados por sistemas de predição desenvolvidos com base em dados oriundos de regiões de clima temperado e de dietas totalmente misturadas (*total mixed ration – TMR*).

A análise evidencia que o CNCPS ([Fox et al., 2004](#)) apresenta restrições na predição precisa do consumo de matéria seca de vacas mantidas em pastejo tropical, sendo necessária sua recalibração ou a realização de ajustes regionais para adequar o modelo às condições edafoclimáticas e zootécnicas brasileiras.

A análise comparativa entre os modelos NRC ([NRC, 1989](#)) e CNCPS ([Fox et al., 2004](#)) evidencia que ambos apresentaram baixa capacidade de predição do IMS em vacas mantidas sob pastejo tropical. No presente experimento, os coeficientes de determinação (R^2) foram de 0,1437 para o [NRC \(1989\)](#) e 0,1234 para o CNCPS (1992), indicando que menos de 15% da variação observada na ingestão pôde ser explicada pelas estimativas geradas por esses modelos.

As inclinações das retas de regressão (0,4707 para o NRC e 0,523 para o CNCPS) demonstram que ambos os sistemas subestimaram a ingestão em menores níveis e superestimaram em maiores, com tendência de divergência crescente à medida que a ingestão real aumentava.

Estudos prévios corroboram essas limitações quando tais modelos são aplicados em sistemas tropicais. [Medeiros et al. \(2015\)](#) e [Valadares Filho et al. \(2016\)](#) destacaram que modelos desenvolvidos em ambientes de clima temperado tendem a superestimar a ingestão em condições de pastejo, principalmente devido às diferenças na estrutura da forragem tropical, teores de fibra em detergente neutro (FDN) mais elevados e menor taxa de degradação da parede celular, o que restringe a ingestão física. Além disso, fatores ambientais, como temperatura e umidade elevadas, podem reduzir a ingestão voluntária em até 20% quando comparadas às condições de conforto térmico consideradas nos sistemas de origem ([Mertens, 1997](#); [Van Soest, 1994](#)).

Observações semelhantes foram feitas por outros autores ([Chemey & Chemey, 1997](#); [Fernandes et al., 2022](#); [Tedeschi et al., 2006](#)). Os autores observaram baixa acurácia e precisão do NRC e do CNCPS na predição da ingestão de bovinos alimentados com dietas à base de forrageiras tropicais sob condições de pastejo, recomendando ajustes regionais e calibrações baseadas em dados locais. No Brasil, o BR-CORTE ([Valadares Filho et al., 2016](#)) e o BR-LEITE ([Borges et al., 2024](#)) surgiram justamente como resposta a essas limitações, incorporando dados de experimentos conduzidos com zebuínos e cruzados sob alimentação tropical, o que confere melhor representatividade aos sistemas produtivos nacionais.

Em contrapartida, no trabalho de [Fernandes et al. \(2020\)](#), os autores avaliaram o poder preditivo do modelo do NRC para gado leiteiro em estimar o IMS por vacas mestiças, em pastagens tropicais. Segundo os pesquisadores, comparação entre $IMS_{\text{Observado}}$ e IMS_{Predito} permitiu identificar a tendência de superestimação das predições se considerado o ajuste por meio de regressão robusta para o modelo linear simples sem intercepto. Nas condições avaliadas pelos pesquisadores, o modelo produz predições de IMS com satisfatória exatidão, porém com baixa precisão.

Portanto, os resultados do presente estudo reforçam a necessidade de recalibração dos parâmetros de predição de ingestão dos modelos internacionais quando aplicados a vacas sob pastejo tropical. A inclusão de variáveis específicas, como FDN indigestível (FDNi), taxa de passagem, disponibilidade de forragem e condições microclimáticas locais, pode aprimorar a acurácia das estimativas e reduzir a variabilidade observada entre a ingestão predita e o experimental.

Conclusão

Tanto o NRC quanto o CNCPS apresentaram tendência semelhante de divergência matemática em relação aos dados observados no presente experimento, com ajuste ligeiramente superior para o NRC, porém ainda insuficiente para representar com precisão a realidade de vacas em pastejo tropical.

Agradecimento

Os autores agradecem a equipe PRODAP pelas instalações físicas que permitiram a execução desse projeto, bem como pelo financiamento dele.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- AOAC. (2005). - Association Official Analytical Chemist. In A. O. A. Chemist (Ed.), *Official Methods of Analysis* (Official M). AOAC.
- Azevêdo, J. A. G., Valadares Filho, S. C., Pina, D. S., Chizzotti, M. L., & Valadares, R. F. D. (2010). A meta-analysis of dry matter intake in Nellore and Zebu-crosses cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8), 1801–1809.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V., & Oliveira, S. G. (2011). *Nutrição de Ruminantes* (616). FUNEP.

- Blake, N. E., Walker, M., Plum, S., Hubbard, J. A., Hatton, J., Mata-Padrino, D., Holásková, I., & Wilson, M. E. (2023). Predicting dry matter intake in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad269>.
- Borges, A. L. C. C., Silva, R. R., & Lage, H. F. (2024). *Exigências Nutricionais de Zebuínos Leiteiros e Cruzados: BR-Leite* (1Ed., Vol. 1). Editora Scienza.
- Chemey, D. J. R., & Chemey, J. H. (1997). Grass forage quality and digestion kinetics as influenced by nitrogen fertilization and maturity. *Journal of Applied Animal Research*, 11(2), 105–120. <https://doi.org/10.1080/09712119.1997.9706170>.
- Costa, N. L., Jank, L., Magalhães, J. A., Rodrigues, A. N. A., Bendahan, A. B., Gianluppi, V., Rodrigues, B. H. N., & Santos, F. J. S. (2021). Produtividade e composição química da forragem de *Megathyrus maximus* cv. Tamani sob regimes de desfolhação. *PUBVET*, 15(10), 1–7. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n010a940.1-7>.
- Detmann, E., Gionbelli, M. P., & Huhtanen, P. (2014). A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Animal Science*, 92(10), 4632–4641. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7717>.
- Fernandes, A. M., Mello, B. L. B., Glória, L. S., Oliveira, T. S., Camilo, M. G., Baffa, D. F., Bernardo, S. E. E., & Cordeiro, C. C. (2020). Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por vacas leiteiras manejadas em pastos tropicais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(2), 379–386. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11025>.
- Fernandes, G. A., Oliveira, A. S., Araújo, C. V., Couto, V. R. M., Moraes, K. A. K., & Moraes, E. H. B. K. (2022). Prediction of pasture intake by beef cattle in tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1). <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03018-1>.
- Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Tylutki, T. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., Pell, A. N., & Overton, T. R. (2004). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, 112(1–4), 29–78. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006>.
- Garcia, J., Euclides, V. P. B., Alcalde, C. R., Difante, G. S., & Medeiros, S. R. (2014). Consumo, tempo de pastejo e desempenho de novilhos suplementados em pastos de *Brachiaria decumbens*, durante o período seco. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(4), 2095–2106. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p2095>.
- Machado, P. A. S., Valadares Filho, S. C., Valadares, R. F. D., Paulino, M. F., Paulino, P. V. R., & Marcondes, M. I. (2012). Desempenho e exigências de energia e proteína de bovinos de corte em pasto suplementados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(3), 683–692.
- Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L., Valadares Filho, S. C., Gionbelli, M. P., Paulino, P. V. R., & Paulino, M. F. (2010). Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. In S. C. Valadares Filho, M. I. Marcondes, M. L. Chizzotti, & P. V. R. Paulino (Eds.), *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE* (Vol. 2, pp. 85–111). Universidade Federal de Viçosa.
- Medeiros, S. R., Gomes, R. C., & Bungenstab, D. J. (2015). Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações. In *EMBRAPA Gado de Corte*.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2).
- Mertens, D. R. (2015). Regulation of forage intake. In C. C. Fahey Junior (Ed.), *Forage Quality, Evaluation, and Utilization* (pp. 450–493). ASA-CSSA-SSSA. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c11>.
- Moraes, E. H. B. K., Paulino, M. F., Andreatta, K., Moraes, K., Figueiredo, D. M., Valadares Filho, S. C., Paulino, P. V. R., & Couto, V. R. M. (2009). Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(5), 933–940.
- NRC. (1989). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (7th, Ed.; 7th rev.). Natl. Acad. Press, Washington, DC.

- Sheahan, A. J., Kay, J. K., & Roche, J. R. (2013). Carbohydrate supplements and their effects on pasture dry matter intake, feeding behavior, and blood factors associated with intake regulation. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7818–7829. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6981>.
- Silva, J. F. C., & Leão, M. I. (1979). Fundamentos de nutrição dos ruminantes. In *Dietas Contendo Forragens Conservadas para Bovinos de Corte* (Number 11).
- Tedeschi, L. O., Fox, D. G., & Tylutki, T. P. (2006). Potential environmental benefits of the adoption of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System in Brazil. *Scientia Agricola*, 63(3), 312–320.
- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, 18(2), 104–111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>.
- Valadares Filho, S. C., Costa e Silva, L. F., Gionbelli, M. P., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L., & Prados, L. F. (2016). *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR-CORTE* (Vol. 1). Universidade Federal de Viçosa. <https://doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016b001>.
- Van Amburgh, M. E., Collao-Saenz, E. A., Higgs, R. J., Ross, D. A., Recktenwald, E. B., Raffrenato, E., Chase, L. E., Overton, T. R., Mills, J. K., & Foskolos, A. (2015). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *Journal of Dairy Science*, 98(9). <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9378>.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. In *Nutritional Ecology of the Ruminant* (Vol. 1, Number 2). Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>.

Histórico do artigo:**Recebido:** 14 de abril de 2026**Aprovado:** 19 de maio de 2026**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.