

# Predição do consumo de água para bovinos de corte<sup>1</sup>

*Diego Zanetti, Laura Franco Prados, Breno de Castro Silva, Mateus Pies Gionbelli e Sebastião de Campos Valadares Filho*

## INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos oscila globalmente entre as regiões e um número crescente de países, ou partes de países, está atingindo níveis críticos de escassez de água (FAO, 2012). Em algumas partes do mundo, incluindo o Brasil, os efeitos da escassez de água já têm impactado a produção pecuária (Pluske e Schlink, 2007; Ward e Michelsen, 2002). A inclusão do Brasil a essa realidade é alarmante, visto que o país é detentor da maior reserva de água doce do mundo. Vale ressaltar que tal posição do Brasil é apontada como fator determinante para competitividade do agronegócio brasileiro (Palhares et al., 2021). Relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019) apontam que a agropecuária brasileira foi responsável por 79,2% do consumo total de água, sendo a irrigação por 68,4% e a produção animal por 10,8%, dos quais o rebanho bovino representa 88%. Neste cenário, torna-se ainda mais importante o planejamento para o fornecimento adequado de água aos bovinos, além da queda de desempenho animal sem água suficiente.

Isso faz com que pesquisas com o objetivo de aumentar a eficiência do uso da água para a produção pecuária sejam incentivadas (Rijsberman, 2006; Tilman et al., 2002). Ao mesmo tempo, os sistemas de produção de carne bovina requerem considerável volume de água. Beckett e Oltjen (1993) relataram que 3.682 litros de água são necessários para produzir um quilograma de carne bovina, considerando o volume de água potável ingerido pelos animais, a água proveniente dos alimentos, a água utilizada na produção desses alimentos, bem como a água utilizada no processamento da carcaça.

Do total de água utilizado na pecuária de corte mundial, 93,5% correspondem à água proveniente de chuvas (água verde), 3,6% à água proveniente de rios e lagos (água azul) e 2,9% correspondem à água necessária para

diluição de dejetos para se alcançar níveis de qualidade apropriados para uso (água cinza) (Mekonnen e Hoekstra, 2012). No Brasil, 98,7% da água utilizada na pecuária é proveniente de chuvas, enquanto apenas 0,71 e 0,59% correspondem à demanda de água azul e cinza, respectivamente (Mekonnen e Hoekstra, 2012). A prevalência do uso da água verde na pecuária torna os sistemas de produção de carne mais sustentáveis, visto que integra tais sistemas ao ciclo hidrológico natural, uma vez que a parcela de água oriunda da precipitação, pode ser retida no solo, evaporar, ou mesmo ser incorporada às plantas e organismos.

A água fornecida nos bebedouros para ser ingerida é um componente importante das demandas totais de água, uma vez que a ingestão de água varia de 8,0 a 9,8% do peso corporal dos bovinos (Ahlberg et al., 2018). No entanto, as pesquisas que avaliam a quantidade de água potável utilizada por bovinos de corte permanecem limitadas (Araújo et al., 2010; Brew et al., 2011). Assim, a inclusão deste capítulo nesta nova edição do BR-CORTE permite que sejam determinadas as demandas de água e, conseqüentemente, é possível a garantia da disponibilidade de água para os animais. Assim, este capítulo visa discutir os fatores que influenciam e predizer o consumo de água por bovinos de corte em condições tropicais.

## ÁGUA NO ORGANISMO

A água é importante para o desempenho produtivo dos animais tanto quanto proteínas, energia, minerais e vitaminas. Essa importância está relacionada às funções que desempenha e à proporção no corpo animal. Dentre as funções, a água é essencial para a hidrólise de proteínas, carboidratos e lipídios, é solvente de aminoácidos, glicose, minerais e várias vitaminas. A água é essencial para o processo de regulação da temperatura corporal, digestão, lactação, metabolismo geral e excreção de

<sup>1</sup> Este capítulo foi parcialmente baseado no artigo: Zanetti et al. Prediction of water intake to *Bos indicus* beef cattle raised under tropical conditions. 2019. *J. Anim. Sci.* 97:1364-1374, <https://doi.org/10.1093/jas/skz003>

resíduos metabólicos. Assim, a importância da água não deve ser minimizada, e corresponde a aproximadamente 70% do peso dos animais (NASEM, 2016).

## QUALIDADE DA ÁGUA

Além da preocupação com a quantidade de água disponibilizada aos animais, torna-se imprescindível verificar a qualidade desta, uma vez que, dependendo da origem da água (rios, lagos, poços, captação das chuvas, entre outros), esta pode apresentar contaminantes, elementos tóxicos, entre outros. A qualidade da água pode impactar na quantidade de água ingerida pelo animal, visto que os bovinos são sensíveis ao sabor e odor da água (Willms et al., 1996). Assim, como qualquer outro nutriente, o consumo de água aquém da exigência nutricional tem como consequência a redução do desempenho produtivo.

Assim como o sabor e odor da água (características organolépticas), as características físico-químicas (pH, sólidos totais dissolvidos e dureza), a presença de componentes tóxicos (metais pesados, por exemplo), a presença de bactérias patogênicas (a exemplo de coliformes fecais), o excesso de minerais (como sódio, sulfatos e ferro, dentre outros) e de componentes que quando em altas concentrações podem causar intoxicações (nitratos, por exemplo), devem ser mensurados para determinação da qualidade da água a ser fornecida aos animais. Portanto, de acordo com Wright (2007), o primeiro passo com a qualidade da água é medir as concentrações de contaminantes orgânicos e minerais presentes. Ainda de acordo com este autor, as amostras devem ser obtidas de cada fonte de água pelo menos uma vez ao ano.

### ***Fornecimento de água e manutenção da qualidade***

Além das características da água para captação, deve-se dobrar os cuidados no armazenamento e no fornecimento da água aos animais. Assim, a limpeza periódica dos reservatórios e bebedouros é de suma importância para o ótimo desempenho dos animais. Tal limpeza deve ser planejada a fim de não comprometer o abastecimento dos bebedouros, de forma que os animais não fiquem longos períodos sem acesso à água.

Para animais em pastejo deve-se priorizar a ingestão de água em bebedouros, e não em cursos naturais de água, como rios e lagos. O fornecimento de água nos bebedouros garante não apenas a manutenção da qualidade da água, sem a suspensão de partículas de argila ou mesmo a contaminação da água com fezes dos animais, por exemplo, mas também a proteção dos recursos hídricos locais. Além disso, quando bovinos têm acesso à água tanto em bebedouros quanto em curso natural, os animais preferem ingerir água em bebedouros por mais de 90% das vezes (Sheffield et al., 1997). Ainda, Bica et al. (2021) reportaram que bovinos com acesso à água em bebedouros tiveram ganho médio diário 29% superior aos animais que ingeriram água diretamente dos lagos.

Deve-se considerar ainda a localização dos bebedouros como item de grande importância, visto que os bovinos podem variar o consumo de água de acordo com a distância do bebedouro, diminuindo seu desempenho. Há recomendações para que a caminhada até o bebedouro, para garantir a ingestão adequada de água para bovinos de corte em sistemas baseados em pastejo, seja de no máximo 250 metros de distância (RSPCA, 2020). Assim, bebedouros devem ser posicionados próximos às áreas de descanso e não muito distante dos cochos. Para redução de custos, os bebedouros podem ser posicionados entre duas baias ou piquetes. Em confinamentos, os bebedouros devem estar distantes dos cochos suficientemente para minimizar o acúmulo de resíduos de alimentos e, assim, assegurar a qualidade da água, minimizando a frequência de limpeza. Branco (2015) recomenda que a distância entre o cocho e o bebedouro em confinamentos seja de 10 metros. Branco (2015) recomenda ainda que o entorno dos bebedouros seja provido de calçamento e localizados preferencialmente no fundo das baias, facilitando a manutenção das condições ideais no curral.

O espaçamento no bebedouro também pode comprometer o consumo de água. Na literatura as recomendações mínimas variam entre 3cm lineares/animal (Branco, 2015) a 4 cm lineares/UA (Santos et al., 2005) de bebedouro. Tavares e Benedetti (2011) sugerem o dimensionamento do bebedouro em função do tamanho do lote, sendo que para lotes com até

50 animais a relação é de 1 metro linear de bebedouro para cada 10 animais, enquanto em lotes com mais de 600 animais a relação cai para 1 metro para cada 30 animais. Tal variação está relacionada ao fato que tanto a localização do bebedouro, quanto a hierarquia social podem influenciar o comportamento da ingestão de água por vacas em sistemas baseados em pastejo (Coimbra et al., 2012). Além do tamanho do bebedouro, a vazão da água para reabastecimento deste também deve ser verificada, a fim de garantir o acesso contínuo à água aos animais.

### FATORES QUE INFLUENCIAM O CONSUMO DE ÁGUA

Vários fatores afetam o consumo de água por bovinos de corte, como características raciais, consumo de matéria seca (CMS) e composição da dieta, peso corporal e estado fisiológico, variáveis climáticas. Além dos fatores citados, a influência do metabolismo e comportamento individual dos animais não estão bem estabelecidas. Consequentemente, o NASEM (2016) relatou que é impossível listar as necessidades de água com muita precisão devido ao número de fatores que influenciam suas necessidades.

#### *Características raciais*

Há relatos na literatura (Brew et al., 2011; Ittner et al., 1951; Winchester e Morris, 1956; Valente et al., 2015) da maior ingestão de água por bovinos taurinos do que para zebuínos criados em condições semelhantes. Fatores relacionados principalmente à homeostase térmica corporal podem ajudar a explicar a maior ingestão de água observada para raças taurinas. Hansen (2004) relatou um maior nível de aclimação ao estresse calórico para zebuínos, o que provavelmente está relacionado aos distintos climas onde essas espécies se desenvolveram. Isso indica que durante as adaptações genéticas, raças zebuínas podem ter adquirido características termorregulatórias, reduzindo a dependência de mecanismos que envolvem a água para aliviar o estresse térmico, como menores taxas de metabolismo basal, além de características da pele (Hansen, 2004).

#### *Consumo de matéria seca e composição da dieta*

O consumo de matéria seca influencia a ingestão de água, assim como o consumo de água influencia o consumo de matéria seca. A redução do consumo de matéria seca é seguida por uma redução do consumo de água (Bond et al., 1976; Cardot et al., 2008; Kramer et al., 2009). Este comportamento pode ser explicado pela taxa de diluição do líquido ruminal (Adams et al., 1981; Adams e Kartchner, 1984) ou pelo incremento calórico causado pelo calor da fermentação e digestão (Finch, 1986).

O rúmen é um órgão de fermentação e digestão e tais funções dependem da entrada regular de alimentos e do movimento da digesta e dos microrganismos para restante do trato gastrointestinal. A digesta consiste em partículas insolúveis e frações solúveis. No entanto, a fração líquida passa para o omaso duas a quatro vezes mais rápido do que as partículas insolúveis (Russel e Hespell, 1981). Um aumento na taxa de diluição do líquido é geralmente seguido por um aumento no crescimento bacteriano e no fluxo de nutrientes através do trato gastrointestinal.

No entanto, a atividade metabólica microbiana dissipa energia livre como calor durante a fermentação no trato digestivo, principalmente no rúmen (Czerkaski, 1980; Russel e Hespell, 1981). Bergen e Yokoyama (1977) relataram que a perda de calor durante o processo de fermentação varia de 3,0 a 12,0% da energia bruta da dieta em ruminantes, contra aproximadamente 1,0% para não ruminantes. A relação entre o controle térmico do corpo e a ingestão de água é atribuída à redução temporária da temperatura ruminal imediatamente após a ingestão de água (Blackshaw e Blackshaw, 1994; Bewley et al., 2008).

Bovinos com alimentação *ad libitum* bebem mais água do que animais manejados com restrições, isolados os efeitos de parâmetros climáticos (Ahlberg et al., 2018). Assim, quando os novilhos tiveram acesso à água restrita em 80 e 60%, o CMS diminuiu 5 e 23%, respectivamente (Utley et al., 1970). No entanto, essa relação não é consistente e é influenciada por diversos fatores, como a temperatura ambiente, que sendo maior pode reduzir o CMS e aumentar o consumo de água (Kreikemeier e Mader, 2004; NASEM, 2016).

Ainda, a composição da dieta pode influenciar o consumo de água. A ingestão de água está positivamente relacionada à concentração de sódio (Murphy et al., 1983), potássio (Fraley et al., 2015) e matéria mineral da dieta (Appuhamy et al., 2014). Maiores concentrações desses minerais podem estar correlacionadas ao aumento da pressão osmótica no rúmen pelo sal da dieta (Rogers et al., 1979). Da mesma forma, foi relatado que a concentração de sais totais dissolvidos na água aumenta a ingestão de água pelo gado (Alves et al., 2017).

### ***Peso corporal e estado fisiológico***

O peso corporal está relacionado ao consumo de água devido à relação entre o peso corporal e o consumo de matéria seca. Dessa forma, um animal maior consome mais alimentos e uma maior ingestão de matéria seca induz a um maior consumo de água, conforme discutido anteriormente.

Além disso, o metabolismo basal é quase proporcional ao peso corporal do animal (Kleiber, 1932), e o metabolismo basal gera aproximadamente 33% do calor gerado por um animal (Finch, 1986). Consequentemente, um animal maior gera mais calor a partir do metabolismo basal do que um animal menor. Além disso, para uma mesma maturidade fisiológica, um animal maior tem mais gordura no corpo que um animal menor. A gordura corporal atua como isolante e torna mais difícil para um animal mais gordo dissipar o calor (Finch, 1986; Gaughan et al., 2010).

Além disso, a vasodilatação periférica ajuda a dissipar o calor da região central do corpo. No entanto, a vasodilatação torna-se mais difícil em animais com maiores pesos corporais (Finch, 1986; Silanikove, 2000). Finalmente, o suor é um caminho importante para a perda de calor em bovinos (Ferguson e Dowling, 1955), e a taxa de perda de calor por meio do suor depende da área de superfície da pele para a evaporação da água (Hansen, 2004). Como a relação entre a área de superfície e o peso corporal diminui à medida que o animal cresce, animais maiores têm mais dificuldade de dissipar o calor corporal por esse mecanismo.

### ***Variáveis climáticas***

Como citado anteriormente, a água assume papel crucial para a homeostase térmica

corporal. Assim, a ingestão de água é fortemente associada às variáveis climáticas como temperatura ambiente, umidade relativa do ar e todos os parâmetros a ela associados. Inicialmente, além da redução temporária da temperatura ruminal imediatamente após o consumo de água já citado, atribui-se tal importância ao efeito direto do resfriamento evaporativo na redução de uma carga térmica (Bernabucci et al., 2010; Arias e Mader, 2011). Assim, após o consumo de água, há reduções no estresse calórico geral, na taxa de respiração e nas temperaturas da pele e retais (Purwanto et al., 1996).

Berman (2003) relatou que a troca de calor entre o ambiente e o animal é o principal componente para a regulação da temperatura corporal. Arias e Mader (2011) também relataram a temperatura máxima como um fator primário que influencia o consumo de água. Essas variáveis têm forte interação com outras variáveis ambientais, como as temperaturas média e mínima diárias (Bernabucci et al., 2010). Em relação à temperatura, os mecanismos não evaporativos de perda de calor diminuem com o aumento da temperatura ambiente e o animal é dependente dos mecanismos evaporativos (Silanikove, 2000).

A umidade relativa do ar foi relatada como o principal contribuinte para o estresse por calor em climas quentes (Blackshaw e Blackshaw, 1994). Em uma elevada umidade relativa, o vapor de água fica preso no espaço aéreo entre o pelo e a pele e reduz a evaporação da água, onde a difusão da água depende de um gradiente de pressão da água (Allen et al., 1970; Renaudeau et al., 2012). Em conseqüência, ao isolar o efeito da umidade relativa do ar de outros fatores, em condições de alta umidade, a perda de água por evaporação é reduzida e, portanto, o consumo de água também é reduzido.

## **PREDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM CONDIÇÕES TROPICAIS**

Várias equações/recomendações de predição de consumo de água (CA, L/d) são relatadas na literatura, e estão sumarizadas na Tabela 14.1. O NRC (2000) recomenda a equação proposta por Hicks et al. (1988), em função da temperatura máxima, do CMS, da precipitação pluviométrica e da inclusão de sal na dieta. Além da equação proposta por Hicks

et al. (1988), duas outras equações são relatadas pelo NASEM (2016) propostas por Arias e Mader (2011). Tais equações têm como variáveis preditoras o CMS, a radiação solar, a temperatura mínima diária e o índice de temperatura e umidade (ITU). O ITU é calculado por meio da equação  $ITU = [0,8 \times T + (UR/100) \times (T - 14,4) + 46,4]$  (Thom, 1959) que utiliza a umidade relativa do ar (UR, %) e a temperatura média diária (T, °C). Para climas

moderados, Meyer et al. (2006) propuseram a predição em função da temperatura média diária, do CMS, da inclusão de volumoso da dieta e respectivo teor de matéria seca e do peso corporal. O CSIRO (2007) recomenda a predição do consumo de água de acordo com o consumo de matéria seca e a temperatura média diária, baseada no trabalho de Winchester e Morris (1956).

Tabela 14.1 - Sumário das equações consultadas na literatura para predição do consumo de água por bovinos de corte

Autores	Equação <sup>1</sup>
Hicks et al. (1988)	$CA_{HICKS} = -6,0716 + 0,70866 \times T_{MAX} + 2,432 \times CMS - 3,87 \times PP - 4,437 \times IS$
Meyer et al. (2006)	$CA_{MEYER} = -3,85 + 0,507 \times T + 1,494 \times CMS - 0,141 \times IV + 0,248 \times MSV + 0,014 \times PC$
CSIRO (2007)	$CA = 3,0 \times CMS$ , para $T < 15^{\circ}C$
	$CA = 3,5 \times CMS$ , para $T = 20^{\circ}C$
	$CA = 4,5 \times CMS$ , para $T = 25^{\circ}C$
	$CA = 6,0 \times CMS$ , para $T = 30^{\circ}C$
	$CA = 8,0 \times CMS$ , para $T > 35^{\circ}C$
Arias e Mader (2011)	$CA_{AMI} = 5,92 + 1,03 \times CMS + 0,04 \times RS + 0,45 \times T_{MIN}$
	$CA_{AM2} = -7,31 + 1,00 \times CMS + 0,04 \times RS + 0,30 \times ITU$
Sexson et al. (2012)	$CA_{SEXSON} = -14,07 + 0,163 \times UR - 0,0017 \times UR^2 + 0,0096 \times T_{MAX}^2 - 0,00032 \times UR_{MAX}^2 + 1,01 \times T_{MIN} - 0,026 \times T_{MIN}^2 + 0,038 \times UR_{MIN} + 0,396 \times PA - 0,055 \times VV - 1,395 \times PC - 0,249 \times PA_{MAX} - 0,411 \times PA_{MIN} + 0,0012 \times T_{MAX\_ANT}^2 + 8,79 \times PCM$
Ahlberg et al. (2018)	$CA_{AHLBERG\_ADLIBITUM} = 0,71 + 2,63 \times CMS - 0,009 \times PCM + 0,76 \times T - 0,06 \times UR + 0,23 \times RS - 0,11 \times VV$
	$CA_{AHLBERG\_VERÃO} = -9,74 + 2,32 \times CMS + 0,11 \times PCM + 1,31 \times T - 0,17 \times UR - 0,03 \times RS - 0,27 \times VV$
BR-CORTE (2023)	$CA_{BR-CORTE} = 9,449 + 0,190 \times PCM + 0,271 \times T_{MAX} - 0,259 \times UR + 0,489 \times CMS$

1: Equação de Hicks et al. (1988) adaptada, com valores convertidos de °F para °C. T<sub>MAX</sub> = temperatura máxima (°C); CMS = consumo de matéria seca (kg); PP = precipitação pluviométrica (cm); IS = inclusão de sal na dieta (%); T = temperatura média diária (°C); IV = inclusão de volumoso na dieta (%); MSV = teor de matéria seca do volumoso (%); PC = peso corporal (kg); RS = radiação solar (W/m<sup>2</sup>); T<sub>MIN</sub> = temperatura mínima (°C); ITU = índice de temperatura e umidade, onde ; UR = umidade relativa do ar (%); UR<sub>MAX</sub> = umidade relativa do ar máxima (%); UR<sub>MIN</sub> = umidade relativa do ar mínima (%); PA = pressão atmosférica (mmHg); VV = velocidade do vento (m/s); PA<sub>MAX</sub> = pressão atmosférica máxima (mmHg); PA<sub>MIN</sub> = pressão atmosférica mínima (mmHg); T<sub>MAX\\_ANT</sub> = temperatura máxima do dia anterior (°C); PCM = peso corporal metabólico (kg<sup>0,75</sup>).

Sexson et al. (2012) propuseram uma equação baseada nas umidades relativas média, máxima e mínima, T<sub>MAX</sub> e T<sub>MIN</sub>, na T<sub>MAX</sub> do dia anterior, nas pressões atmosféricas média, máxima e mínima, na velocidade do vento, no peso corporal e no PC metabólico. Ainda, Ahlberg et al. (2018) propuseram cinco equações para predição do consumo de água com base na estação do ano (inverno e verão) e nível de alimentação. Ambas as equações têm como parâmetros o CMS, o PCM, a T, a UR, a VV e a RS.

As equações descritas anteriormente foram avaliadas por Zanetti et al. (2019),

utilizando um banco de dados composto por dados coletados em 4 experimentos, ambos com bovinos Nelore, confinados, em condições tropicais (1: Prados et al., 2017; 2: Zanetti et al., 2017; 3: dados não publicados; e 4: Menezes et al., 2019; Tabela 14.2). O consumo de água nesses experimentos foi mensurado a partir de bebedouros providos de balança para mensuração da ingestão e identificação individual de cada acesso ao bebedouro (Modelo WD-1000 Master, Intergado Ltda., Contagem, MG, Brasil). Nenhuma das equações conseguiu prever acuradamente o consumo de água dos bovinos nestas condições. A baixa acurácia das

equações foi justificada pela predominância de animais taurinos no banco de dados utilizado para construir os modelos e pela maior parte dos ensaios terem sido conduzidos em clima temperado, com características de temperatura, umidade e pluviosidade distintas das encontradas no Brasil.

Assim, Zanetti et al. (2019) propuseram uma equação para estimar o consumo de água de

bovinos de corte em condições tropicais, onde as variáveis climáticas e as raças predominantes na bovinocultura de corte são distintas das descritas até então na literatura. Além dos quatro experimentos citados anteriormente, um quinto experimento foi adicionado ao banco de dados para validação da equação proposta (Pacheco, 2018). As informações dos cinco experimentos são apresentadas na Tabela 14.2.

Tabela 14.2 - Informações dos experimentos utilizados por Zanetti et al. (2019) para predição do consumo de água por bovinos de corte

Experimento	n	Classe sexual	Peso corporal inicial (kg)	Número de observações
Prados et al. (2017)	32	Machos, não castrados	274 ± 34	984
Zanetti et al. (2017)	42	Machos, não castrados	270 ± 36	762
Menezes et al. (2019)	42	Machos, não castrados	260 ± 8	3967
Dados não publicados <sup>1</sup>	16	Novilhas	377 ± 49	323
Pacheco (2018)	42	Machos, não castrados	299 ± 32	3605

<sup>1</sup> Dados coletados entre fevereiro e abril de 2015. Dietas baseadas em cana-de-açúcar ou capim-elefante, com ou sem 400 g / kg MS de concentrado.

Dentre todas as variáveis medidas nos experimentos para validação das equações, aquelas relacionadas ao peso corporal, ao consumo de matéria seca, à temperatura e à umidade apresentaram maior correlação com o consumo de água. Sendo que o peso corporal metabólico, a temperatura máxima, a umidade relativa do ar e o consumo diário de matéria seca foram incluídos como variáveis predictoras do consumo de água. O resumo desses parâmetros para cada experimento é apresentado na Tabela 14.3.

### Validação

Para recomendação da equação proposta por Zanetti et al. (2019) para predizer a ingestão de água por bovinos de corte em condições tropicais, realizou-se uma validação com banco de dados independente, utilizando dados coletados em cinco outros experimentos, totalizando 14.774 mensurações diárias (Tabela 14.4). Foram coletados dados de consumo de água e de matéria seca, do peso corporal, da

temperatura máxima diária e da umidade relativa do ar dos cinco experimentos. Tais dados são descritos na Tabela 14.5.

Os consumos de água estimados pela equação proposta por Zanetti et al. (2019) foram comparados com os valores de consumo de água mensurados nos experimentos, utilizando o seguinte modelo de regressão:  $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$ , onde Y é o valor observado;  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são o intercepto e a inclinação da regressão, respectivamente; e X é o valor predito. A regressão foi avaliada por meio do teste de duas hipóteses: sendo  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  e  $H_a$ : não  $H_0$ . Se ambas as hipóteses nulas não forem rejeitadas, conclui-se que a equação testada estima com precisão o consumo de água. Além disso, o quadrado médio do erro de predição (MSEP; Bibby e Toutenburg, 1977) também foi calculado para avaliar a precisão da equação. Essas análises foram realizadas por meio do MES (Model Evaluation System Software, versão 3.1.13; Tedeschi, 2006).

Tabela 14.3 - Estatística descritiva dos consumos de água e matéria seca, peso corporal, temperatura máxima e umidade relativa dos experimentos utilizados por Zanetti et al. (2019)

Parâmetro	Experimento <sup>1</sup>	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Consumo de água, L/dia	Prados et al. (2017)	17,0	7,86	55,6	2,0
	Zanetti et al. (2017)	17,2	5,94	39,7	0,6
	Menezes et al. (2019)	12,4	7,28	47,9	2,0
	Dados não publicados	16,7	6,14	45,0	3,0
	Pacheco (2018)	17,9	6,31	43,7	0,8
Consumo de matéria seca, kg/dia	Prados et al. (2017)	7,5	1,67	16,3	1,5
	Zanetti et al. (2017)	7,0	1,68	17,6	1,8
	Menezes et al. (2019)	6,5	2,45	14,5	2,0
	Dados não publicados	7,6	1,02	10,0	5,0
	Pacheco (2018)	7,5	1,35	10,9	3,8
Peso corporal metabólico, kg <sup>0,75</sup>	Prados et al. (2017)	80,9	9,25	106,3	56,1
	Zanetti et al. (2017)	83,5	11,90	111,3	55,2
	Menezes et al. (2019)	76,1	5,46	90,0	66,9
	Dados não publicados	89,9	8,69	113,5	46,6
	Pacheco (2018)	82,3	8,50	106,9	56,5
Temperatura máxima, °C	Prados et al. (2017)	27,0	3,74	35,9	17,5
	Zanetti et al. (2017)	26,0	3,37	34,6	17,6
	Menezes et al. (2019)	26,6	2,68	31,3	19,4
	Dados não publicados	21,2	2,51	26,9	16,2
	Pacheco (2018)	27,3	3,33	34,2	19,6
Umidade relativa do ar, %	Prados et al. (2017)	70,4	10,12	95,0	48,3
	Zanetti et al. (2017)	76,5	8,36	95,3	36,8
	Menezes et al. (2019)	82,8	4,79	94,4	73,1
	Dados não publicados	74,0	8,07	92,2	53,4
	Pacheco (2018)	68,8	7,74	88,0	43,4

Tabela 14.4 - Informações dos experimentos utilizados para validação da equação proposta por Zanetti et al. (2019) para predição do consumo de água

Experimento <sup>1</sup>	n	Classe sexual	Peso corporal inicial (kg)	Número de observações
Andrade (2021)	38	Machos, não castrados	261 ± 27	5097
Menezes (2021)	6	Novilhas	310 ± 30	343
Alhadas et al. (2021)	35	Machos, não castrados	267 ± 30	3700
Godoi (2022)	12	Novilhas	217 ± 26	549
Pacheco (dados não publicados)	42	Machos, não castrados	273 ± 29	5085

Tabela 14.5 - Estatística descritiva dos consumos de água e matéria seca, peso corporal, temperatura máxima e umidade relativa dos experimentos utilizados neste capítulo para validação da equação proposta por Zanetti et al. (2019)

Parâmetro	Experimento <sup>1</sup>	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Consumo de água, L/dia	Andrade (2021)	16,2	6,8	49,9	2,0
	Meneses (2021)	14,7	5,8	33,0	2,0
	Alhadas et al. (2021)	13,8	6,5	49,5	2,1
	Godoi (dados não publicados)	10,1	3,5	22,1	2,4
	Pacheco (dados não publicados)	17,3	6,9	48,3	2,2
Consumo de matéria seca, kg/d	Andrade (2021)	6,4	1,5	15,7	0,6
	Meneses (2021)	6,5	1,5	11,5	2,8
	Alhadas et al. (2021)	6,4	1,7	15,1	0,6
	Godoi (dados não publicados)	5,4	1,0	8,4	2,4
	Pacheco (dados não publicados)	7,2	1,7	14,8	0,3
Peso corporal metabólico, kg <sup>0,75</sup>	Andrade (2021)	85,4	10,8	119,4	55,2
	Meneses (2021)	81,5	7,2	94,9	69,2
	Alhadas et al. (2021)	83,9	11,5	118,9	54,1
	Godoi (dados não publicados)	67,1	7,1	85,4	46,1
	Pacheco (dados não publicados)	84,0	10,7	114,2	56,5
Temperatura máxima, °C	Andrade (2021)	27,5	3,9	36,6	16,2
	Meneses (2021)	29,8	4,8	34,3	22,1
	Alhadas et al. (2021)	26,1	3,1	33,0	18,4
	Godoi (dados não publicados)	24,9	2,2	29,5	18,4
	Pacheco (dados não publicados)	27,2	3,4	19,6	35,1
Umidade relativa do ar, %	Andrade (2021)	76,5	8,5	95,1	53,6
	Meneses (2021)	74,8	4,8	34,3	59,2
	Alhadas et al. (2021)	80,8	7,0	95,3	65,9
	Godoi (dados não publicados)	79,8	6,5	95,2	66,0
	Pacheco (dados não publicados)	71,5	8,8	94,8	42,5

A equação proposta estimou com precisão o consumo de água ( $P \geq 0,05$ ; Tabela 14.6 e Figura 14.1). A regressão dos valores de consumo de água preditos pela equação avaliada em função dos valores observados apresentou intercepto igual a -0,3109 e inclinação igual a 1,005. Esses valores foram estatisticamente iguais a 0 e a 1 ( $P = 0,066$  e  $P = 0,617$ , respectivamente).

O consumo de água médio estimado foi de 16,3 L/d versus um consumo de água observado de 16,1 L/d. Quanto à amplitude dos valores preditos e observados, foram estimados o consumo de água mínimo de 2,3 L/d e máximo de 32,3 L/d, enquanto os valores mínimo e máximo observados foram iguais a 2,0 e 49,9 L/d,

respectivamente. O coeficiente de correlação de concordância foi igual a 0,574, e a correção do viés foi igual a 0,903. Em relação ao erro quadrático médio da predição, 99,8% foram envolvidos com o erro aleatório, mostrando a precisão da predição.

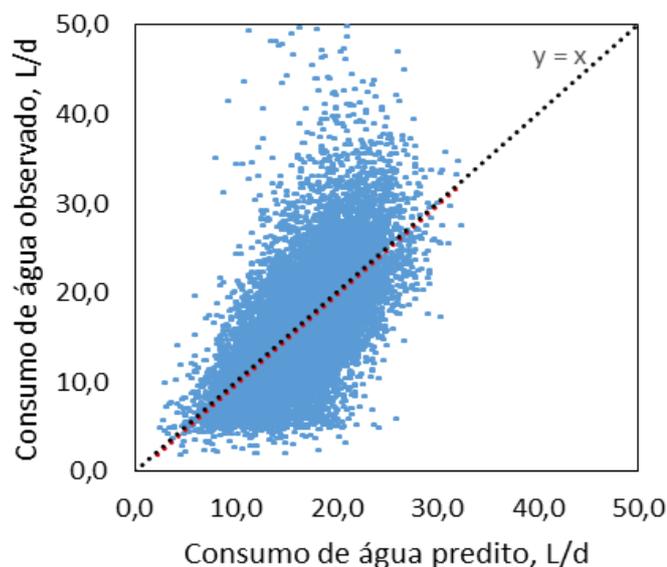
Os coeficientes positivos associados ao peso corporal metabólico, à temperatura ambiental máxima e ao consumo de matéria seca indicam que quanto maiores forem o tamanho do animal, a temperatura máxima e o consumo de matéria seca, maior será o consumo de água. Entretanto, percebe-se que maiores umidades relativas do ar reduzem a ingestão de água pelos animais, dado seu coeficiente negativo.

Tabela 14.6 - Parâmetros de regressão e acurácia entre as estimativas de consumo de água da equação avaliada e valores observados de consumo de água para bovinos Nelore em condições tropicais

Item	Observado	Estimado
Média, L/dia	16,1	16,3
Desvio padrão	6,6	4,2
Mínimo, L/dia	2,0	2,3
Máximo, L/dia	49,9	32,3
<b>Parâmetros da regressão</b>		
Intercepto	-	-0,3109
<i>P-valor</i>	-	0,066
Inclinação	-	1,0050
<i>P-valor</i>	-	0,617
CCC <sup>1</sup>	-	0,574
Cb <sup>2</sup>	-	0,903
<b>Quadrado médio do erro de predição</b>		
Vício médio	-	0,0525 (0,201%)
Vício sistemático	-	0,0004 (0,002%)
Erro aleatório	-	26,054 (99,797%)

<sup>1</sup> CCC = Coeficiente de correlação de concordância; varia -1 a 1, que representam, respectivamente, discordância e concordância perfeitas entre Y e X.

<sup>2</sup> Cb = Correção de viés; varia de 0 a 1; 1 indica sem desvio de Y = X.



251658240

Figura 14.1 - Consumos de água preditos (eixo x) e observados (eixo y). Valores preditos através da equação  $CA = 9,449 + 0,190 \times PCM + 0,271 \times T_{MAX} - 0,259 \times UR + 0,489 \times CMS$  (Zanetti et al., 2019), onde CA é o consumo diário de água (kg/dia), PCM é o peso corporal metabólico ( $kg^{0,75}$ ),  $T_{MAX}$  é a temperatura máxima ( $^{\circ}C$ ) e UR é a umidade relativa do ar (%).

A relação das variáveis selecionadas como preditoras na equação com o consumo de água estão bem descritas na literatura. Esses quatro parâmetros se associam à homeostase animal e ao controle da temperatura corporal. Além disso, todas as equações publicadas anteriormente incluíram temperatura, ou parâmetros derivados da temperatura, como um componente parcial da equação. Ainda, a relação temperatura ambiental e consumo de água é baseada na função da água para a homeostase da temperatura corporal (Cunningham et al., 1964; Purwanto et al., 1996; Bewley et al., 2008). Temperaturas elevadas dificultam as perdas de calor corporal, assim como elevadas saturações de vapor de água no ambiente tornam mais difíceis os processos evaporativos de perda de calor (Berman, 2003).

### OUTRAS CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO CONSUMO DE ÁGUA

Umidade dos alimentos: Os teores de umidade dos alimentos fornecidos aos animais podem influenciar o consumo de água diretamente nos bebedouros, visto que grande parte dos volumosos, como silagens e pastagens, e subprodutos utilizados na alimentação de bovinos de corte têm elevado teor de água. Frisa-se, entretanto, que para o desenvolvimento da equação recomendada para predição do consumo de água por bovinos de corte neste capítulo, proposta por Zanetti et al. (2019), foram coletados dados de experimentos nos quais os teores de matéria seca das dietas oscilaram entre 25,17 (Dados não publicados, dieta composta por capim elefante e ureia) e 65,5% (Prados et al., 2017), e que a proporção de volumoso ou o teor de água do volumoso

não foram incluídos entre as variáveis preditoras do modelo.

Relação direta entre consumo de água e CMS: Apesar da grande relação entre fatores climáticos e o consumo de água, em situações práticas, as oscilações de temperatura e umidade entre os dias podem dificultar o planejamento do fornecimento de água aos animais. Todas as equações para predição do consumo de água publicadas anteriormente usam o consumo de matéria seca ou o peso corporal como uma variável preditora. Como citado anteriormente, o consumo de alimentos está intimamente ligado ao peso corporal, e ambos ao consumo de água. Maiores consumos de matéria seca estão relacionados à maior necessidade de diluição do líquido ruminal e ao incremento calórico causado pela fermentação ruminal (Adams e Kartchner, 1984; Finch, 1986). Assim, adicionalmente, foi estabelecida a relação isolada entre o consumo de água e o CMS. Isoladamente, a partir do banco de dados deste capítulo, a relação média entre consumo de água e CMS é de 2,5, ou seja, para cada quilograma de matéria seca ingerida, espera-se que bovinos de corte em condições tropicais tenham a ingestão de 2,5 litros de água.

Relação individual entre consumo de água e peso corporal: Maiores pesos corporais estão associados à maior produção de calor corporal e menor área para dissipação do calor (Hansen, 2004), logo animais mais pesados ingerem mais água. Similarmente ao CMS, a partir do banco de dados deste capítulo estabeleceu-se a relação entre consumo de água e o peso corporal, isolado dos demais fatores. Observa-se que há ingestão diária de 43,5 mL de água para cada quilograma de peso corporal, ou seja, um bovino ingere diariamente 4,35% do peso corporal em água.

### EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

- Estimativa do consumo de água para um bovino, macho, não castrado, com peso corporal médio de 520 kg, em confinamento em Campo Grande/MS no mês de janeiro (médias históricas de temperatura máxima igual a 29,0 °C e umidade relativa do ar igual a 79,0%).
  - Cálculo do consumo de matéria seca (conforme capítulo 02, considerando ganho médio diário igual a 1,4 kg/dia): 10,62 kg/dia
  - Peso corporal metabólico:  $520^{0,75} = 108,9$
  - $C_{\text{ÁGUA}} = 9,449 + 0,190 \times \text{PCM} + 0,271 \times T_{\text{MAX}} - 0,259 \times \text{UR} + 0,489 \times \text{CMS}$
  - $C_{\text{ÁGUA}} = 9,449 + 0,190 \times 108,89 + 0,271 \times 29,0 - 0,259 \times 79,0 + 0,489 \times 10,62$
  - $C_{\text{ÁGUA}} = 9,449 + 20,69 + 7,86 - 20,46 + 5,19$
  - $C_{\text{ÁGUA}} = 22,73 \text{ L/dia}$

- Estimativa do consumo de água para um bovino, macho, não castrado, com peso corporal médio de 520 kg, em confinamento em Campo Grande/MS no mês de junho (médias históricas de temperatura máxima igual a 25,7 °C e umidade relativa do ar igual a 65,0%).

- Peso corporal metabólico:  $520^{0,75} = 108,89$
- $C_{\text{ÁGUA}} = 9,449 + 0,190 \times \text{PCM} + 0,271 \times T_{\text{MAX}} - 0,259 \times \text{UR} + 0,489 \times \text{CMS}$
- $C_{\text{ÁGUA}} = 9,449 + 0,190 \times 108,89 + 0,271 \times 25,7 - 0,259 \times 65,0 + 0,489 \times 10,62$
- $C_{\text{ÁGUA}} = 9,449 + 20,69 + 6,96 - 16,84 + 5,19$
- $C_{\text{ÁGUA}} = \mathbf{25,46 \text{ L/dia}}$

## REFERÊNCIAS

- Adams, D. C., and R. J. Kartchner. 1984. Effect of level of forage intake on rumen ammonia, pH, liquid volume and liquid dilution rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58: 708-713. doi:10.2134/jas1984.583708x
- Adams, D. C., M. L. Galyean, H. E. Kiesling, J. D. Wallace, and M. D. Finkner. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53: 780-789. doi:10.2134/jas1981.533780x
- Agência Nacional de Águas (Brasil). *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil / Agência Nacional de Águas*. - Brasília: ANA, 2019. 75 p
- Ahlberg, C.M., K. Allwardt, A. Brooks, K. Bruno, L. McPhillips, A. Taylor, C.R. Krehbiel, M. S. Calvo-Lorenzo, C. J. Richards, S.E. Place, U. DeSilva, D. L. VanOverbeke, R. G. Mateescu, L. A. Kuehn, R. L. Weaver, J. M. Bormann, and M. M. Rolf. 2018. doi: 10.1093/jas/sky267
- Alhadas, H.M., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Vilela, R.S., Souza, G.A., Lage, B.C., Silva, B.C., Rennó, L.N. and Paulino, M.F., 2021. Impact of different levels of low-fat dried distillers grains on performance of young Nellore bulls during the finishing phase. *Animal Science Journal*, 92(1), p.e13623.
- Allen, T. E., J. W. Bennettf, Susan M. Donegan, and J. C. D. Hutchinson. 1970. Moisture, its accumulation and site of evaporation in the coats of sweating cattle. *J. Agric. Sci.* 74: 247-258. doi: 10.1017/S0021859600022863
- Alves, J. N., G. G. L. Araujo, S. G. Neto, T. V. Voltolini, R. D. Santos, P. R. Rosa, L. Guan, T. McAllister, and A. L. A. Neves. 2017.
- Effect of increasing concentrations of total dissolved salts in drinking water on digestion, performance and water balance in heifers. *J. Agric. Sci.* 155: 847-856. doi: 10.1017/S0021859617000120
- Andrade, D.R. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes blends vitamínicos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2021.
- Appuhamy, J. A. D. R. N., C. Wagner-Riddle, D. P. Casper, J. France, and E. Kebreab. 2014. Quantifying body water kinetics and fecal and urinary water output from lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 97: 6177-6195. doi:10.3168/jds.2013-7755
- Araujo, G. G. L. D., T. V. Voltolini, M. L. Chizzotti, S. H. N. Turco, and, F. F. R. D. Carvalho. 2010. Water and small ruminant production. *Braz. J. Anim. Sci.* 39: 326-336. doi: 10.1590/S1516-35982010001300036
- Arias, R. A., and T. L. Mader. 2011. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *J. Anim. Sci.* 89: 245-251. doi:10.2527/jas.2010-3014
- Beckett, J. L., and J. W. Oltjen. 1993. Estimation of the water requirement for beef production in the United States. *J. Anim. Sci.* 71: 818-826. doi:/1993.714818x
- Bergen, W. G., and M. T. Yokoyama. 1977. Productive limits to rumen fermentation. *J. Anim. Sci.* 45: 573-584. doi:10.2134/jas1977.453573x
- Berman, A. 2003. Effects of body surface area estimates on predicted energy requirements and heat stress. *J. Dairy. Sci.* 86: 3605-3610. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73966-6.
- Bernabucci, U., N. Lacetera, L. H. Baumgard, R. P. Rhoads, B. Ronchi, and A. Nardone. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4: 1167-1183. doi: 10.1017/S175173111000090X
- Bewley, J. M., M. W. Grott, M. E. Einstein, and M. M. Schutz. 2008. Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 91: 3880-3887. doi:10.3168/jds.2008-1159

- Bibby, J., and H. Toutenburg. 1977. *Prediction and improved estimation in linear models*. Wiley, Berlin, Germany.
- Bica GS, Pinheiro Machado Filho LC and Teixeira DL (2021) Beef Cattle on Pasture Have Better Performance When Supplied With Water Trough Than Pond. *Front. Vet. Sci.* 8:616904. doi: 10.3389/fvets.2021.616904
- Blackshaw, J. K., and A. W. Blackshaw. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Anim. Prod. Sci.* 34: 285-295. doi:10.1071/EA9940285
- Bond, J., T. S. Rumsey, and B. T. Weinland. 1976. Effect of deprivation and reintroduction of feed and water on the feed and water intake behavior of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 43: 873-878. doi:10.2134/jas1976.434873x
- Branco, A.F. Manual de instalações para confinamento de bovinos. *Maringá: IEPEC* (2015).
- Brew, M. N., R. O. Myer, M. J. Hersom, J. N. Carter, M. A. Elzo, G. R. Hansen, and D. G. Riley. 2011. Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. *Livest. Sci.* 140: 297-300. doi:10.1016/j.livsci.2011.03.030
- Cardot, V., Y. Le Roux, and S. Jurjanz. 2008. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J. Dairy. Sci.* 91: 2257-2264. doi:10.3168/jds.2007-0204
- Coimbra, P. A. D., Machado Filho, L. C. P., & Hötzel, M. J. (2012). Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 139(3-4), 175-182.
- CSIRO. 2007. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Canberra, AU: CSIRO Publishing.
- Cunningham, M. D., F. A. Martz, and C. P. Merilan. 1964. Effect of drinking-water temperature upon ruminant digestion, intraruminal temperature, and water consumption of non-lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 47: 382-385. doi:10.3168/jds.S0022-0302(64)88671-9
- Czerkawski, J. W. 1980. A novel estimate of the magnitude of heat produced in the rumen. *British J. Nutr.* 43: 239-243. doi: 10.1079/BJN19800083
- Ferguson, K. A., and D. F. Dowling. 1955. The function of cattle sweat glands. *Crop Pasture Sci.* 6: 640-644. doi:10.1071/AR9550640
- Finch, V. A. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62: 531-542. doi:10.2134/jas1986.622531x
- Fraley, S. E., M. B. Hall, and T. D. Nennich. 2015. Effect of variable water intake as mediated by dietary potassium carbonate supplementation on rumen dynamics in lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 98: 3247-3256. doi:10.3168/jds.2014-8557
- Gaughan, J. B., T. L. Mader, S. M. Holt, M. L. Sullivan, and G. L. Hahn. 2010. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. *Int. J. Biometeorol.* 54: 617-627. doi: 10.1007/s00484-009-0233-4
- Godoi, L. A.; Silva, B. C.; Souza, G. A. P.; Lage, B. C.; Zanetti, D.; Costa e Silva, L. F.; Rennó, L. N.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. C.. Influence of crude protein content and flint maize processing methods on the performance of early-weaning Nellore calves. *J. Agricultural Sci.*, 160: 1-10, 2022.
- Hansen, P. J. 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.* 82: 349-360. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.04.011
- Hicks, R. B., F. N. Owens, D. R. Gill, J. J. Martin, and C. A. Strasia. 1988. *Water intake by feedlot steers. Miscellaneous publication - Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University (USA)*.
- Ittner, N. R., C. F. Kelly, and H. R. Guilbert. 1951. Water consumption of Hereford and Brahman cattle and the effect of cooled drinking water in a hot climate. *J. Anim. Sci.* 10: 742-751. doi:10.2134/jas1951.103742x
- Kleiber, M. 1932. *Body size and metabolism*. *Hilgardia* 6: 315-332.
- Kramer, E., E. Stamer, J. Spilke, G. Thaller, and J. Krieter. 2009. Analysis of water intake and dry matter intake using different lactation curve models. *J. Dairy. Sci.* 92: 4072-4081. doi:10.3168/jds.2008-1957
- Kreikemeier, W. M., and T. L. Mader. 2004. Effects of growth-promoting agents and season on yearling feedlot heifer performance. *J. Anim. Sci.* 82: 2481-2488. doi:10.2527/2004.8282481x
- Mekonnen, M. M., and A. Y. Hoekstra. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15: 401-415. doi: 10.1007/s10021-011-9517-8
- Meneses, J.A.M., de Sá, O.A.A.L., Coelho, C.F., Pereira, R.N., Batista, E.D., Ladeira, M.M., Casagrande, D.R. and Gionbelli, M.P., 2021. Effect of heat stress on ingestive, digestive, ruminal and physiological parameters of Nellore cattle feeding low-or high-energy diets. *Livest. Sci* 252: 104676. doi: 10.1016/j.livsci.2021.104676

- Menezes, A. C. B., Valadares Filho, S.C., Pucetti, P., C. Pacheco, M. V, Godoi, L. A., Zanetti, D., Alhadas, H. M; Paulino, M. F, Caton, J. S. Oscillating and static dietary crude protein supply: II. Energy and protein requirements of young Nellore bulls. *Translational Animal Science*, v. 3, p. 1216-1226, 2019.
- Meyer, U., W. Stahl, and G. Flachowsky. 2006. Investigations on the water intake of growing bulls. *Livest. Sci. 103*: 186-191. doi:10.1016/j.livsci.2006.02.009
- Murphy, M. R., C. L. Davis, and G. C. McCoy. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy. Sci. 66*: 35-38. doi:10.3168/jds.S0022-0302(83)81750-0
- NASEM 2016. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Nutrient requirements of beef cattle model*. 8th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.Pluske, J. M., and A. C. Schlink. 2007. Managing water as a scarce resource in beef feedlots. *Australasian Agribusiness Review* 15: 1-13.
- NRC 2000. *Nutrient requirements of beef cattle*, 7th., National research council, National Academy Sciences, Washington, D.C, USA.
- Pacheco Marcos Vinicius Carneiro. Efeito das ensilagem dos grãos de milho e sorgo reidratados sobre o desempenho e características de carcaça de bovinos nelore superprecoces. 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.
- Palhares, J. C. P., Morelli, M., & Novelli, T. I. (2021). Water footprint of a tropical beef cattle production system: The impact of individual-animal and feed management. *Advances in Water Resources*, 149, 103853.
- Pluske, J. M., and A. C. Schlink. 2007. Managing water as a scarce resource in beef feedlots. *Austr. Agribusiness Rev.* 15: 1-13.
- Prados, L. F., D. F. T. Sathler, B. C. Silva, D. Zanetti, S. C. Valadares Filho, H. M. Alhadas, E. Detmann, S. A. Santos, L. D. S. Mariz, and M. L. Chizzotti. 2017. Reducing mineral usage in feedlot diets for Nellore cattle: II. Impacts of calcium, phosphorus, copper, manganese, and zinc contents on intake, performance, and liver and bone status. *J. Anim. Sci.* 95: 1-11. doi:10.2527/jas2016.1085
- Purwanto, B. P., M. Harada, and S. Yamamoto. 1996. Effect of drinking-water temperature on heat balance and thermoregulatory responses in dairy heifers. *Crop Pasture Sci.* 47: 505-512. doi:10.1071/AR9960505
- Renaudeau, D., A. Collin, S. Yahav, V. De Babilio, J. L. Gourdine, and R. J. Collier. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Anim.* 6: 707-728. doi: 10.1017/S1751731111002448
- Rijsberman, F. R. 2006. *Water scarcity: fact or fiction? Agricultural Water Management* 80: 5-22. doi:10.1016/j.agwat.2005.07.001
- Rogers, J. A., B. C. Marks, C. L. Davis, and J. H. Clark. 1979. Alteration of rumen fermentation in steers by increasing rumen fluid dilution rate with mineral salts. *J. Dairy. Sci.* 62: 1599-1605. doi:10.3168/jds.S0022-0302(79)83467-0
- RSPCA (2020). *RSPCA Welfare Standards for Beef Cattle*. Available online at: <http://www.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards> (accessed March 30, 2020).
- Russell, J. B., and R. B. Hespell. 1981. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy. Sci.* 64: 1153-1169. doi:10.3168/jds.S0022-0302(81)82694-X
- Santos, P.M., Corrêa, L.D., Balsalobre, M. Guia prático para a implantação de sistemas de pastejo rotacionados para gado de corte. *Embrapa Pecuária Sudeste-Documentos (INFOTECA-E)*. 2005.
- Sexson, J. L., J. J. Wagner, T. E. Engle, and J. Eickhoff. 2012. Predicting water intake by yearling feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 90: 1920-1928. doi:10.2527/jas.2009-1899
- Sheffield, R.E., S. Mostaghimi, D.H. Vaughan, E.R. Collins Jr., and V.G. Allen. 1997. Off-stream water sources for grazing cattle as a stream bank stabilization and water quality BMP. *Transactions of the ASAE* 40(3):595-604.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18. doi:10.1016/S0301-6226(00)00162-7
- Tavares, J. E.; Benedetti, E. Água: uso de bebedouros e sua influência na produção de bovinos em pasto. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 8, p. 152-157, 2011.
- Tedeschi, L. O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric. Syst.* 89:225-247. doi:10.1016/j.agsy.2005.11.004
- Thom, E. C. 1959. *The discomfort index. Weatherwise* 12:57-59
- Tilman, D., K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677. doi:10.1038/nature01014

- Utley, P. R., N. W. Bradley, and J. A. Boling. 1970. Effect of Restricted Water Intake on Feed Intake, Nutrient Digestibility and Nitrogen Metabolism in Steers. *J. Anim. Sci* 31:130-135. doi: 10.2527/jas1970.311130x
- Valente, E. E. L., M. L. Chizzotti, C. V. R. Oliveira, M. C. Galvão, S. S. Domingues, A. C. Rodrigues, and M. M. Ladeira. 2015. Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. *Semina: Ciências Agrárias* 36: 4565-4574. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n6Sup2p4565
- Ward, F. A., and A. Michelsen. 2002. The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. *Water Policy* 4: 423-446. doi:10.1016/S1366-7017(02)00039-9
- Willms WD, Kenzie O, Quinton D, et al. *The water source as a factor affecting livestock production*. In: Rode LM, editor. Animal science research and development: meeting future challenges. Proceedings, Canadian Society of Animal Science. Ottawa (Canada): Minister of Supply Services, Canada; 1996. p. 41–6.
- Winchester, C. F., and M. J. Morris. 1956. Water intake rates of cattle. *J. Anim. Sci.* 15: 722-740. doi: 10.2527/jas1956.153722x
- Wright, C.L. Management of Water Quality for Beef Cattle. 2007. *Vet Clin Food Anim* 23 (2007) 91–103
- Zanetti, D., Prados, L. F., Menezes, A. C. B., Silva, B. C., Pacheco, M. V., Silva, F. A., ... & Valadares Filho, S. C. (2019). Prediction of water intake to Bos indicus beef cattle raised under tropical conditions. *J. Anim. Sci.* 97(3), 1364-1374.
- Zanetti, D., L. A. Godoi, M. M. Estrada, T. E. Engle, B. C. Silva, H. M. Alhadas, M. L. Chizzotti, L. F. Prados, L. N. Rennó, and S. C. Valadares Filho. 2017. Estimating mineral requirements of Nellore beef bulls fed with or without inorganic mineral supplementation and the influence on mineral balance. *J. Anim. Sci.* 95: 1-12. doi: 10.2527/jas.2016. 1190.