

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

DANIELLE LEAL MATARIM

Consumo de água e eficiência hídrica de bovinos de corte em ambiente tropical

Uberlândia

2020

DANIELLE LEAL MATARIM

Consumo de água e eficiência hídrica de bovinos de corte em ambiente tropical

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

UBERLÂNDIA

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M425 Matarim, Danielle Leal, 1990-
2020 Consumo de água e eficiência hídrica de bovinos de corte em
ambiente tropical [recurso eletrônico] / Danielle Leal Matarim. -
2020.

Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-
graduação em Ciências Veterinárias.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.382>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Veterinária. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos,
1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	CIÊNCIAS VETERINÁRIAS				
Defesa de:	TESE DE DOUTORADO Nº PPGCV/009/2020				
Data:	24 de abril de 2020	Hora de início:	11:00	Hora de encerramento:	15:00
Matrícula do Discente:	11613VET002				
Nome do Discente:	DANIELLE LEAL MATARIM				
Título do Trabalho:	CONSUMO DE ÁGUA E EFICIÊNCIA HÍDRICA DE BOVINOS DE CORTE EM AMBIENTE TROPICAL				
Área de concentração:	PRODUÇÃO ANIMAL				
Linha de pesquisa:	MANEJO E EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DOS ANIMAIS, SEUS DERIVADOS E SUBPRODUTOS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO REPRODUTIVO E PRODUTIVO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO				

Reuniu-se por Videoconferência (meio eletrônico), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: **Carina Ubirajara de Faria - UFU; Isabel Cristina Ferreira - EMBRAPA; Leonardo de Oliveira Fernandes - UNESP; Alfredo Manuel Franco Pereira - Universidade de Évora; Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/04/2020, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Isabel Cristina Ferreira, Usuário Externo**, em 24/04/2020, às 19:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carina Ubirajara de Faria Bernardes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/04/2020, às 15:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alfredo Manuel Franco Pereira, Usuário Externo**, em 28/04/2020, às 07:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo de Oliveira Fernandes, Usuário Externo**, em 04/05/2020, às 14:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1972959** e o código CRC **E685EEA4**.

À minha família.

Meu marido Lúcio, por ser meu porto seguro nessa jornada.

*Meus pais, Paulo e Marilda, e minha irmã Paula, por terem construído a estrada para que eu
chegasse até aqui, pelo amor, suporte e compreensão nos momentos de ausência.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por se fazer presente nesta caminhada.

A Faculdade de Medicina Veterinária e à Universidade Federal de Uberlândia pela estrutura para obtenção deste título.

À minha orientadora Profa. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento pela orientação, ensinamentos, compreensão e confiança na elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Robson pelo acolhimento no curso de doutorado e pelo incentivo e apoio de sempre.

A Profa. Juliana Jorge Paschoal, pela ideia deste trabalho e essencial apoio na elaboração, pela amizade e por ser minha referência profissional desde a graduação.

A FAZU, e aos amigos que lá trabalham, pela disponibilização dos dados e pela estrutura e suporte durante esse período.

A minha amiga Cá, pelas conversas e desabafos, pela ajuda nas traduções e pelos projetos que estão por vir.

Aos meus alunos que me acompanharam nessa jornada, obrigada pela torcida.

Aos professores e colegas discentes da UFU, pela convivência e ensinamentos adquiridos durante as disciplinas cursadas, cada uma delas fez valer as viagens até Uberlândia.

À minha família, pelo apoio e incentivo, por sempre me impulsionar e encorajar a alcançar meus objetivos.

A todos que de alguma forma colaboraram para a conquista deste título.

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos,
no mínimo fará coisas admiráveis.”*

José de Alencar

RESUMO

Primeiramente os dados de consumo voluntário de água de 181 touros Nelore foram utilizados para a identificação dos principais fatores que influenciam a ingestão de água. Mensurações de peso corporal do animal (PC), consumo de matéria seca (CMS) e variáveis do ambiente térmico, no sudeste do Brasil durante os meses de inverno, foram relacionadas com o consumo de água por análise de regressão. As características com maiores correlações com o consumo de água foram utilizadas na análise de regressão múltipla para elaboração de uma equação de predição do consumo de água. As variáveis que mais influenciaram o consumo de água (CA) foram o consumo de matéria seca (CMS), o peso do animal (PM), seguidos pela umidade relativa (UR) e a temperatura mínima. A partir destes dados foi elaborada a equação, $CA = 4,719 + 0,979 \times CMS + 0,123 \times PVM - 0,195 \times Tmin - 0,079 \times UR$, $R^2=0,26$ ($P<0,001$). Evidenciando que 74% da variação do consumo de água pelos touros não foi explicada pelas variáveis consideradas na equação, levantou-se a hipótese da variação individual entre animais. Dessa forma, no segundo estudo objetivou-se propor medidas de eficiência hídrica de bovinos em confinamento e avaliar a relação destas medidas com dados de performance. Foram utilizados dados de 220 touros da raça Nelore de 10 a 24 meses de idade, no sudeste do Brasil. Dados de ingestão de água (IA), consumo de matéria seca (CMS), peso vivo, ganho de peso médio diário (GMD) foram coletados. Foi calculada a conversão hídrica (CH) e o consumo hídrico residual (CHR), à semelhança dos índices de eficiência alimentar. O CHR se baseou em uma estimativa de consumo projetada a partir do peso vivo metabólico e do GMD. Os animais mais eficientes (CHR-) apresentaram consumo alimentar residual (CAR) também negativo, menor ingestão de água e melhores índices de conversão hídrica. Os animais menos eficientes (CHR+) consumiram mais água, mas apresentaram CMS e ganho de peso semelhantes aos animais mais eficientes, na maioria das provas analisadas. O CHR não correlacionou com GMD e com peso vivo metabólico, quando analisados todos os animais e os mais eficientes. A correlação entre o CHR e o consumo alimentar residual (CAR) foi positiva (0,40), indicando que os animais com maior eficiência hídrica também tendem a ser mais eficientes na utilização do alimento consumido. A seleção para CHR buscando animais mais eficientes não deve alterar o ganho de peso de touros jovens da raça Nelore.

Palavras-chave: *Bos indicus*. Consumo alimentar residual. Consumo hídrico residual. Conversão hídrica. Índice de temperatura e umidade.

ABSTRACT

First, voluntary water consumption data of 181 Nellore bulls were used to identify the main factors that influence water intake. Measurements of body weight of animals (BW), dry matter intake (DMI) and thermal environment variables, in southeastern Brazil during the winter months, were related to water consumption by regression analysis. The characteristics with the highest correlations with water intake were used in the selected regression analysis to create a water intake prediction equation. The variables that most influence water intake (WI) are dry matter intake (DMI), metabolic body weight (MBW), followed by relative humidity (RH) and minimum temperature. From these data, an equation was created, $WI = 4.719 + 0.979 \times DMI + 0.123 \times MBW - 0.195 \times Tmin - 0.079 \times RH$, $R^2 = 0.26$ ($P < 0.001$). It shows that 74% of the variation in water intake by bulls was not explained by variations in the equation, the hypothesis of individual variation between animals was raised. Thus, no second study aimed to propose water efficiency measures for cattle in feedlots and to evaluate a relationship between these measures and performance data. Data from 220 Nellore bulls from 10 to 24 months of age in southeastern Brazil were used. Data on water intake (WI), dry matter intake (DMI), body weight, average daily gain (ADG) were collected. Water conversion (WC) and residual water intake (RWI) were calculated, similar to the food efficiency indexes. RWI is based on an estimate of consumption projected from metabolic live weight and ADG. The most efficient animals (RWI-) also presented negative residual feed intake (RFI), less water intake and better water conversion rates. The less efficient animals (RWI+) consumed more water, but presented DMI and ADG similar to the more efficient animals, in most of the analyzed tests. RWI did not correlate with ADG and metabolic body weight, when analyzing all animals and the most efficient. The correlation between RWI and residual feed intake (RFI) was positive (0.40), and it was registered that animals with greater water efficiency also proved to be the most efficient in the use of the food consumed. The selection for RWI for more efficient animals should not alter the weight gain of young Nellore bulls.

Keywords: *Bos indicus. Residual water intake. Residual feed intake. Water conversion. Temperature and humidity index.*

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Médias, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis do ambiente térmico coletadas durante o período experimental das 2 provas de desempenho de touros da raça Nelore em ambiente tropical.	41
Tabela 2 – Médias, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis de desempenho durante o período experimental das 2 provas de desempenho de touros da raça Nelore em ambiente tropical.	42
Tabela 3. Parâmetros de regressão linear simples para predição do consumo de água (kg.animal.dia-1) para touros da raça Nelore criados nos trópicos.	43
Tabela 4. Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis do ambiente térmico e de desempenho, com coeficientes de correlação na parte inferior da tabela e valores de P na parte superior.	44
Tabela 5. Parâmetros de regressão múltipla para predição do consumo de água (kg.dia-1)...	44
Tabela 6. Parâmetros de regressão comparativo entre o consumo de água observado em touros Nelore e os valores preditos pela equação II e pela proposta neste estudo (I).	45

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Resumo descritivo dos dados de consumo e eficiência hídrica e alimentar de touros Nelore em confinamento.	68
Tabela 2. Médias das variáveis de desempenho e eficiência alimentar e hídrica de touros Nelore em confinamento, segundo a classificação pelo consumo hídrico residual, negativo (CHR-) e positivo (CHR+).	70
Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis de eficiência hídrica e desempenho.	71

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	13
1 INTRODUÇÃO	14
OBJETIVOS	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Consumo de água por bovinos	16
2.2. Fatores que afetam o consumo de água pelos bovinos.....	17
2.2.1. Fatores intrínsecos que afetam o consumo de água	18
2.2.1.1 Raça	18
2.2.1.2 Sexo	19
2.2.1.3 Peso	20
2.2.1.4 Consumo de matéria seca	21
2.2.2. Fatores ambientais que afetam o consumo de água	23
2.2.2.1. Temperatura do ar	24
2.2.2.2. Umidade do ar	25
2.2.2.3. Índice de Temperatura e Umidade	26
2.3. Equações de predição de ingestão de água	27
2.3. Consumo hídrico residual	29
REFERÊNCIAS.....	32
CAPÍTULO 2	34
EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE PREDICTION OF NELLORE BULLS WATER INGESTION IN A TROPICAL ENVIRONMENT	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	37
RESULTADOS	41
DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 3 Eficiência hídrica em bovinos Nelore confinados	52
RESUMO.....	54
ABSTRACT	55
INTRODUÇÃO	56

MATERIAL E MÉTODOS	57
RESULTADOS	61
DISCUSSÃO	63
REFERÊNCIAS.....	66
ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS DA REVISTA – JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE	73

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia)

1 INTRODUÇÃO

A produção de produtos de origem animal é responsável por quase um terço da pegada hídrica total da agricultura no mundo. A pegada hídrica é um indicador do uso da água doce que considera o uso direto e indireto para a produção de determinado produto, ou seja, o volume de água usado medido em toda a cadeia de suprimentos (HOEKSTRA et al., 2011). A pegada hídrica de qualquer produto de origem animal é maior que a de produtos agrícolas que possuem valor nutricional equivalente, e o crescente consumo global de carne aliado à intensificação dos sistemas de produção animal deverão pressionar ainda mais os recursos globais de água doce nas próximas décadas (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012).

Apesar de, tradicionalmente, a água ter sido considerada um recurso barato, facilmente disponível e renovável (BREW et al., 2011), as Nações Unidas estimam que até 2050 cinco bilhões de pessoas poderão sofrer com a falta de água (CRELLIN, 2018). A projeção é de que os níveis de estresse hídrico já vivenciados atualmente, por mais de 2 bilhões de pessoas, aumente à medida em que a demanda de água cresça e os efeitos das mudanças climáticas se intensifiquem. As mudanças climáticas provavelmente irão exacerbar o estresse hídrico em áreas que já são as mais afetadas (WWAP, 2019).

Segundo Ahlberg et al. (2017) a partir da limitação de recursos disponíveis para a produção agropecuária surge a necessidade de identificar e selecionar animais eficientes que possam produzir mais com menos insumos. Vários fatores ambientais e do próprio animal afetam a ingestão de água pelos bovinos (ALI; GOONEWARDENE; BASARAB, 1994).

Pesquisas sobre os efeitos do ambiente e fatores intrínsecos do animal sob o comportamento de ingestão hídrica de bovinos têm sido realizadas (ARIAS; MADER, 2011; BREW et al., 2011; SEXSON et al., 2012). Os estudos nessa área, utilizando animais *Bos taurus*, já sugerem, inclusive, medidas de eficiência hídrica que podem auxiliar na seleção de indivíduos mais eficientes quanto ao uso da água para a produção de carne (AHLBERG et al., 2019). No entanto, para zebuíños as pesquisas são incipientes e ainda não abordam alternativas que viabilizem a identificação de animais com maior eficiência hídrica.

OBJETIVOS

No primeiro estudo objetivou-se identificar as principais variáveis climatológicas que influenciam o consumo de água por touros jovens da raça Nelore, e a partir dessa identificação propor uma equação de predição de ingestão de água para animais dessa categoria criados em

região tropical.

Na segunda pesquisa objetivou-se propor um índice de eficiência hídrica, capaz de identificar os animais que consomem menos água que o estimado, com base em suas características de desempenho, e como esse índice está relacionado com outras variáveis de performance.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Consumo de água por bovinos

A água tem papel essencial nos organismos animais pois compõe aproximadamente 70% da massa total de células (COOPER, 2000). É primordial para a regulação da temperatura corporal, crescimento, uma vez que está envolvida no metabolismo dos nutrientes consumidos, na regulação da homeostase mineral e desempenha papel de transportador de energia, vitaminas e minerais no corpo dos animais (NRC, 2000).

O animal irá suprir a sua necessidade hídrica por três meios, a água contida nos alimentos, a água proveniente da oxidação metabólica dos tecidos corporais e pela ingestão da água de bebida. Apesar da contribuição das duas primeiras fontes, a necessidade hídrica é, em grande parte, suprida pela ingestão da água de bebida (NRC, 2000). Quando a alimentação do animal se baseia em alimentos como feno e grãos, o consumo total de água é muito próximo da quantidade de água de bebida ingerida. Caso a ingestão seja de alimentos como pasto ou silagem, a água presente nesses alimentos colabora para atender parte dos requerimentos dos animais (WINCHESTER; MORRIS, 1956).

Já a perda de água pelo organismo se dá por excreção pela urina e pelas fezes, suor e vapor de água da pele e pulmões (NRC, 2000). Dependendo das condições ambientais a perda pela urina pode ser maior ou menor, e está sob influência do hormônio vasopressina. O hormônio antidiurético (ADH), também conhecido como vasopressina, é produzido pelos neurônios do hipotálamo e tem sua atuação nos túbulos distais e ductos coletores renais, alterando a permeabilidade à água. Quando há a necessidade de reduzir perda de água pela urina a concentração de ADH se eleva, promovendo a reabsorção do líquido tubular, reduzindo sua perda na urina (DUKES, 2017). A perda de água pela transpiração irá depender da taxa de saída de água para a superfície da pele do animal e da taxa de evaporação dessa água (HANSEN, 2004).

A necessidade de água pelos animais se dá em função de fatores como ganho de peso, tanto a taxa de ganho quanto a composição do ganho, atividade, tipo de dieta, consumo alimentar e temperatura ambiental (NRC, 2000). Dessa forma, a predição do consumo de água pelos animais é complexa porque ainda existem variações individuais, sendo observadas inclusive diferenças de consumo de um mesmo animal em condições ambientais aparentemente semelhantes (WINCHESTER; MORRIS, 1956). No entanto, a predição do consumo de água é necessária ao planejamento de projetos de instalações dos sistemas de abastecimento de água

em propriedades rurais, além de garantir que haja o volume de água necessário para mitigar e amenizar os efeitos do estresse térmico de bovinos sob condições de temperaturas elevadas (ARIAS; MADER, 2011).

2.2. Fatores que afetam o consumo de água pelos bovinos

Segundo Winchester e Morris (1956) as principais pesquisas realizadas sobre o consumo de água por bovinos datam da década de 20 (BENEDICT; RITZMAN, 1924), trazendo o consumo de matéria seca como fator de influência nas taxas de ingestão de água. Outros autores como Leitch e Thompson (1944) trabalharam com o consumo de água e verificaram que somente o consumo de alimento não explicava, de forma satisfatória, o comportamento de ingestão hídrica. Foi verificado ainda que a temperatura ambiental afetava o consumo e não havia sido considerada nos experimentos. Outros fatores como o teor de água do alimento fornecido aos animais também pareciam afetar a ingestão da água de bebida.

Desde então as pesquisas sobre taxas de consumo de água pelos bovinos e os fatores que afetam esse consumo progrediram bastante. Os estudos começaram a coletar informações de consumo de água juntamente com os dados de consumo alimentar, temperatura ambiental, vento, temperatura da água e umidade.

Brew et al. (2011) ressaltam a importância da evolução dos equipamentos eletrônicos que atualmente permitem a mensuração individual do consumo de água e de alimento, mantendo os animais em grupos. Anteriormente os animais eram mantidos separados individualmente para a mensuração do consumo e isto influenciava o comportamento ingestivo. Equipamentos como o *Calan Gate* (American Calan, Northwood, NH) proporcionaram as primeiras pesquisas, posteriormente foram desenvolvidos outros sistemas como o *Grow SafeTM* (GrowSafe Ltd, Airdrie, Alberta, Canadá) e o *Intergado®* (Intergado Ltd., Betim, Minas Gerais, Brasil) que agora possibilitam, por meio de identificação por rádio frequência, a mensuração individual confiável do consumo de água e alimento de bovinos em confinamento.

Estudos foram realizados para estimar a duração mínima dos testes para coleta do consumo de água pelos bovinos. A partir da duração máxima de 70 dias, que foi estabelecida como ideal para a mensuração do consumo de água, Ahlberg et al. (2017) testaram outros períodos de avaliação, 35, 49 e 56 dias. A correlação dos valores médios de consumo de água observados entre a prova de 70 dias e a que teve duração de 35 dias foi de 0,90. Entre o consumo médio avaliado por 70 dias e 49 dias, a correlação foi de 0,95. Já na avaliação por 56 dias, a correlação do consumo médio de água deste período com a avaliação por 70 dias foi de 0,99.

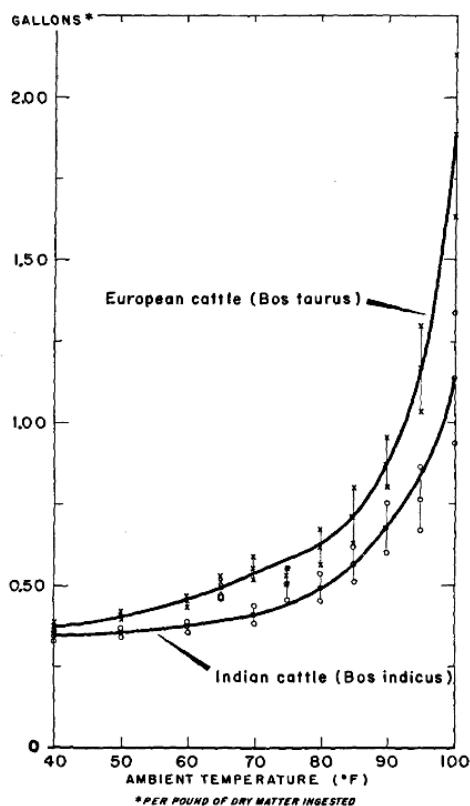
Dessa forma, é possível adotar o período de 56 dias, em detrimento da duração máxima (70 dias), sem perda na acurácia da avaliação.

2.2.1. Fatores intrínsecos que afetam o consumo de água

2.2.1.1 Raça

Sendo afetada por fatores intrínsecos, a ingestão de água está sob influência da raça do animal. Sob diferentes temperaturas, superiores a 4,4 °C, os animais *Bos taurus* apresentam um incremento maior de ingestão de água por kg de matéria seca consumida que *Bos indicus* (Figura 1).

Figura 1. Consumo de água expresso em função do consumo de matéria seca e temperatura ambiente.



Fonte: Winchester e Morris (1956)

Brew et al. (2011), na Flórida, nos meses de setembro a dezembro, avaliaram doze raças e diferentes cruzamentos. Os animais, de 7 a 9 meses de idade e média de 276 kg de peso corporal, foram mantidos em confinamento recebendo uma dieta com 14,3% de proteína bruta,

1,55 mcal/kg composta por milho, casca de soja, casca de algodão e feno de capim picado. Os autores observaram que raças adaptadas ao trópico consumiram menos água que raças continentais e britânicas, mesmo quando o consumo de água foi ajustado para o peso vivo metabólico. Os menores consumos foram observados em animais Brahman (*Bos indicus*) e Romosinuano (*Bos taurus* adaptado ao trópico) e os maiores valores de consumo de água foram em animais provenientes do cruzamento das raças Charolês x Angus.

A diferença do consumo de água e dos fatores que influenciam esse consumo em animais *Bos indicus* e *Bos taurus* também foi evidenciada no estudo de Zanetti et al. (2019). Os autores utilizaram 7 equações de predição de consumo de água disponíveis na literatura, todas elas baseadas em animais predominantemente taurinos em condições de clima temperado, e aplicaram a esses modelos os dados coletados de animais zebuínos no sudeste do Brasil. Os resultados encontrados, para todas as comparações entre os valores preditos e observados, demonstram que as equações superestimaram a ingestão de água e, portanto, não podem ser aplicadas nesse cenário de produção.

Segundo Hansen (2004), a evolução de *Bos taurus* e *Bos indicus* ocorreu de forma separada, promovendo a expressão de genes que conferem ao último grupo termotolerância, a nível fisiológico e celular. Os animais zebuínos têm maior capacidade de regular a temperatura corporal em condições de estresse por calor que animais taurinos, uma vez que apresentam taxas metabólicas mais baixas e maior eficiência na perda de calor. Outras características como as propriedades do pelo dos zebuínos ainda são apontadas como fatores que aumentam a perda de calor por condução e convecção, além de reduzir a absorção da radiação solar.

2.2.1.2 Sexo

A estimativa de consumo de água por bovinos de corte, sugerida por Winchester e Morris (1956), considerava a categoria animal: animais em manutenção, bezerros desmamados, animais em engorda, novilha prenhe, vaca prenhe, novilha e novilho, touros, animais terminados em idade super precoce, precoce e com mais de 2 anos; o peso corporal, a expectativa de ganho de peso diário, o consumo de matéria seca e a temperatura ambiental. Dessa forma, os autores sugerem que o sexo consiste em um fator de influência sob o consumo de água.

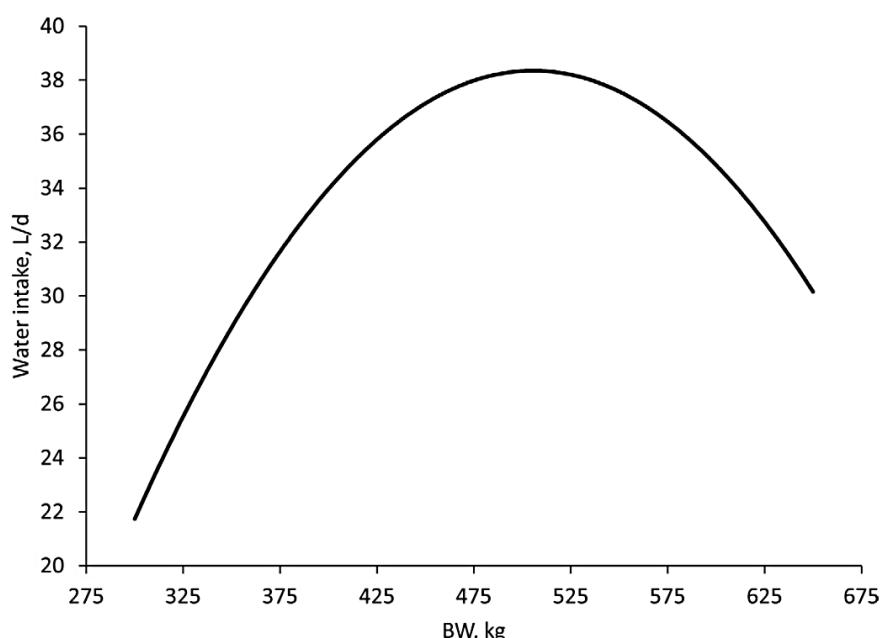
No entanto, Brew et al. (2011) avaliaram o consumo de machos e fêmeas de diferentes raças e cruzamentos, com idade entre 7 e 9 meses, e não verificaram diferenças no consumo de água entre os sexos. A diferença entre os sexos não foi encontrada nem quando utilizados os

dados originais de consumo de água, nem quando o consumo de água foi calculado como o consumo por unidade de kg do peso metabólico. Os autores afirmaram que o sexo não influenciou a ingestão de água pelo fato de os animais serem muito jovens. Machos e fêmeas próximos à maturidade apresentam diferenças no teor de tecido muscular e adiposo na carcaça, tal fato pode influenciar o consumo de água.

2.2.1.3 Peso

A relação do consumo de água e o peso do animal foi relatado por Sexson et al. (2012), que verificaram aumento no consumo de água em função do peso corporal quando avaliada a faixa entre 300 e 500 kg. O consumo aumentava de 22 L, aos 300 kg, para, aproximadamente, 38 L de água por animal por dia, quando o animal atingia 500 kg. No entanto, quando avaliada a faixa de peso acima de 500 kg, houve decréscimo no consumo de água com o aumento do peso corporal. Os autores justificaram o comportamento ingestivo de água pela composição do ganho dos animais que alcançam peso próximo ao peso de abate. Na etapa de terminação, acima de 500 kg, a deposição de gordura aumenta exponencialmente, diminuindo a deposição de proteína. O tecido adiposo possui menor teor de água em sua composição quando comparado ao tecido muscular (Figura 2).

Figura 2 - Efeito do peso corporal (BW) na predição do consumo diário de água, calculado por modelo multivariado.



Fonte: Sexson et al. (2012)

Zanetti et al. (2019) apontaram o peso metabólico como um dos fatores de maior influência sob o consumo de água, com coeficiente de correlação de 0,25. A adição dessa variável no modelo de predição proposto pelos autores prevê o aumento do consumo de água em 0,190 kg a cada acréscimo de 1 kg do peso metabólico. O peso corporal, muitas vezes convertido em peso metabólico, participa da maioria das equações de predição para o consumo de água. O uso do peso metabólico, obtido a partir do peso corporal^{0,75}, se justifica principalmente para que possam ser comparados o consumo de água de animais com pesos diferentes.

Em revisão publicada sobre o peso metabólico Kleiber (1947) afirma, a partir da avaliação de 26 grupos de mamíferos, que a taxa metabólica do animal, em quilocalorias por dia, é quase proporcional à 0,756, ou próximo à potência de $\frac{3}{4}$ do peso corporal, daí o cálculo do peso metabólico ser igual a peso corporal^{0,75}. O autor afirma que existe uma correlação positiva entre a taxa metabólica e o tamanho corporal do animal, mas que é negativa a correlação entre o tamanho corporal e a taxa metabólica por unidade de peso. Assim, a tarefa de pesquisadores da área por muito tempo foi encontrar um tamanho corporal metabólico para que a taxa metabólica por unidade desse tamanho fosse a mesma para animais maiores e menores. Essa unidade de tamanho metabólico (peso metabólico) é de grande interesse na fisiologia comparativa, pois permite a expressão do nível metabólico de um animal independente do seu tamanho corporal.

Ainda segundo Kleiber (1947), a unidade de tamanho corporal é útil na avaliação dos níveis de ingestão de alimentos e na classificação dos animais de interesse zootécnico quanto à sua eficiência alimentar. Aplica-se então o mesmo raciocínio para o consumo e eficiência no consumo de água.

2.2.1.4 Consumo de matéria seca

Sexson et al. (2012) afirmaram que a predição do consumo de água pelo consumo de matéria seca não é consistente porque as variáveis apresentam comportamentos diferentes conforme a estação do ano, ou seja, enquanto no verão o consumo de água se eleva, o consumo de alimento é reduzido, o oposto ocorre no inverno. Dessa forma, os autores não recomendaram a inclusão do consumo de matéria seca na equação de predição do consumo de água para novilhos de um ano alimentados com dietas ricas em concentrado.

A baixa relação entre o consumo de alimento e de água também foi descrita por Arias e Mader (2011). Em análise de regressão simples, os referidos autores encontraram coeficiente

de regressão de 0,12, quando a predição do consumo de água era realizada a partir do consumo de matéria seca. No entanto, as equações de predição propostas por Arias e Mader (2011) consideram a variável nos modelos.

Correlações positivas entre consumo de alimento e consumo de água foram relatadas para novilhos e novilhas de diferentes raças e cruzamentos, tanto quando utilizados os dados originais de consumo quanto o consumo de água ajustado para o peso metabólico dos animais (BREW et al., 2011). Zanetti et al. (2019) também identificaram o consumo de matéria seca como um dos principais fatores que afetam o consumo de água de bovinos da raça Nelore, com coeficiente de correlação de 0,14, mas que justificou a inserção dessa variável no modelo de predição proposto pelos autores. O consumo de matéria seca também foi utilizado por Ahlberg et al. (2018) em diferentes equações de predição. O consumo de matéria seca (CMS) explicou o comportamento de ingestão de água em 15,5% na equação proposta para o verão, 29% na equação sugerida para o inverno, 5% na equação obtida a partir da avaliação de animais com consumo de matéria seca *ad libitum*, 15% na equação para animais com manejo alimentar de sobra zero e 12,4% no modelo geral.

O manejo de oferta de alimento também pode afetar o consumo de água, quando o consumo ocorre *ad libitum*, permitindo sobras diárias, o consumo de água é maior que o observado em animais submetidos a manejos que demandam sobra 0%, tanto no inverno quanto no verão (AHLBERG et al., 2018). Os autores ainda relataram que a possível restrição alimentar no manejo sobra zero dificulta a mensuração do efeito do consumo de matéria seca sob o consumo de água. Dentre os modelos de manejo alimentar estudados, o proposto para o consumo *ad libitum* foi o que apresentou melhor poder de predição.

Como apontado por Leitch e Thompson (1944), fatores como o teor de água do alimento fornecido aos animais também parecem afetar a ingestão da água de bebida. Nesse sentido algumas equações de predição de consumo de água incluíram em seus modelos a porcentagem de inclusão de alimentos forrageiros na dieta, como a sugerida por Meyer, Stahl e Flachowsky (2006).

Segundo Lepkovsky et al. (1957) a ingestão de água tem efeito decisivo na ingestão de alimentos, assim como a ingestão de alimentos influencia bastante a quantidade de água ingerida. Os autores sugerem uma relação fisiológica entre o consumo de água e alimento, inclusive mantendo uma proporção água: alimento. Dessa forma, a inclusão da variável CMS se torna imprescindível na elaboração de equações de predição do consumo de água.

2.2.2. Fatores ambientais que afetam o consumo de água

A ingestão de água varia entre as estações do ano. Ahlberg et al. (2017) observaram que os bovinos alimentados durante o verão consumiam 10,03% do peso corporal em água, enquanto no inverno o consumo era de 6,90% do peso corporal. O consumo de água comparativo entre o inverno e o verão mostrou ainda que a variação no consumo ocorre de forma mais acentuada no verão, influenciando inclusive a assertividade da precisão dos modelos de predição de consumo de água, 0,39 no inverno contra 0,34 no verão (AHLBERG et al., 2018).

Além da influência da temperatura e umidade sob o comportamento de ingestão de água, relatada por muitos autores, outros fatores como a velocidade do vento e a radiação solar, mesmo com acesso dos animais à sombra, foram inseridos em equações de predição do consumo de água (AHLBERG et al., 2018). No entanto, os mesmos autores ressaltaram a pequena influência destes fatores sob animais que tem acesso à sombra, sendo provavelmente mais útil em situações onde os animais estão constantemente expostos à radiação.

A radiação solar tem efeito sob a temperatura da superfície cutânea, que afeta diretamente a temperatura corporal (MADER; DAVIS; BROWN-BRANDL, 2006). Já a velocidade do vento tem relação negativa com o consumo de água, provavelmente pelo fato de aumentar o fluxo de ar, auxiliando no resfriamento evaporativo, o que diminui a necessidade de água para o controle da temperatura corporal (AHLBERG et al., 2018). Sexson et al. (2012) também estudaram a influência da velocidade do vento, verificando que ela não é significativa na predição do consumo de água. Um pequeno efeito dessa variável foi percebido por Ahlberg et al. (2018), dependendo da estação do ano e do manejo alimentar adotado, o consumo de água foi reduzido em 0,06 a 0,27 kg a cada unidade de aumento na velocidade do vento (km/h). Ahlberg et al. (2018) verificando a influência dos fatores meteorológicos sob o consumo de água de novilhos cruzados na Universidade de Oklahoma, relataram significantes todas as variáveis estudadas quando analisadas como fatores únicos na predição, sendo elas temperatura média, umidade relativa média, radiação solar e velocidade do vento.

Dentre as variáveis, a pressão barométrica também teve seu efeito sob o comportamento ingestivo de água investigado. Segundo Sexson et al. (2012), a influência é baixa, tanto para os valores médios como para altos e baixos níveis de pressão média ao nível do mar (mm), a regressão destes fatores para a predição do consumo de água resultou em coeficientes parciais iguais a 0,041; 0,056 e 0,010, respectivamente.

2.2.2.1. Temperatura do ar

A temperatura do ambiente foi apontada por Arias e Mader (2011) como um dos principais fatores que interferem no consumo de água. Os autores trabalharam na predição do consumo de água de novilhos e novilhas mestiços Angus na fase de terminação em confinamento nas estações de verão e inverno, verificando que o consumo de água se elevava no verão, em virtude do aumento da temperatura do ar. Ahlberg et al. (2018) também observaram efeitos sazonais. Os novilhos mestiços Angus avaliados no verão consumiram maior percentagem de água em relação ao peso vivo que os avaliados no inverno, uma diferença de aproximadamente 2,34% do peso corporal. Independente da estação do ano, Arias e Mader (2011), verificaram que as temperaturas mínima, máxima e média explicavam o consumo de água em 56%, 54% e 57%, respectivamente.

Nos trópicos a temperatura máxima consiste em um grande fator de influência. Entre as variáveis que afetam o consumo de água de zebuínos, Zanetti et al. (2019) citaram a temperatura máxima como um dos quatro fatores mais influentes, com correlação com a ingestão de água de 0,51. No modelo de predição proposto por Zanetti et al. (2019), o acréscimo de 1 °C na temperatura máxima resulta em um acréscimo de 0,27 kg no consumo de água diário.

No entanto, em locais caracterizados por temperaturas muito baixas, a temperatura mínima também influencia o consumo de água pelos animais. Sexson et al. (2012), em estudo com novilhos na Universidade do Colorado, Estados Unidos, relataram que condições de temperaturas mínimas entre 25 e 15 °C o consumo de água pelos animais permanecia relativamente constante, mas quando a temperatura mínima foi menor que 15 °C, o consumo de água reduzia drasticamente, com diferenças de 9 L/animal/dia a menos quando comparados com dias de temperatura mínima de 0 °C e 15 °C.

Ahlberg et al. (2018) relataram que o incremento de 1°C na temperatura média gerava o incremento médio 0,65 kg no consumo de água pelos bovinos. Os autores observaram que a temperatura média influenciava de forma mais relevante o modelo de verão (R^2 parcial=0,20) que o modelo proposto para o inverno (R^2 parcial=0,06). A importância se dá, principalmente, pelo impacto da carga térmica em períodos de registros de temperaturas mais elevadas.

Estudos também já foram realizados a fim de verificar a influência da temperatura do dia anterior sob o consumo de água pelos animais. Na verificação por análise univariada, Sexson et al. (2012) verificaram que os valores de temperatura mínima e máxima do dia anterior são significativos para a predição do consumo de água diário de novilhos. Embora o maior efeito tenha sido identificado para a temperatura máxima do dia (R^2 parcial=0,236), dentre as

14 variáveis do modelo de predição ($R^2=0,32$), os autores incluíram também a temperatura máxima do dia anterior (R^2 parcial=0,189). A menor influência da temperatura máxima do dia anterior ocorre devido à capacidade de dissipação do calor pelos animais durante a noite.

Ao contrário dos autores já citados, Brew et al. (2011) não verificaram influência da temperatura média do ambiente sob o consumo de água de novilhos e novilhas provenientes de diferentes cruzamentos das raças Angus, Brangus e Charolês. Os autores afirmaram que o fato de a temperatura ter se mantido dentro da zona termoneutra (5 a 20 °C), durante todo o experimento, essa variável não afetou o consumo de água, nem de alimento.

2.2.2.2. Umidade do ar

O comportamento de ingestão de água em função da umidade relativa do ar foi relatada por Sexson et al. (2012), que observaram aumento no consumo de água quando a umidade variava de 20 a 50%, relatando temperatura do ar média ao longo do período de 21,96 °C, com variação de 5,56 a 33,33 °C. Ultrapassando o nível de 50% da umidade relativa do ar, o consumo de água diminuía cerca de 1L/animal/dia para cada acréscimo de 10% na umidade.

Ahlberg et al. (2018) incluíram a umidade relativa média do dia em suas equações de predição, apesar de menos influente que a temperatura média do dia, por entenderem que a umidade contribui para a carga de calor experimentada pelo animal. Os valores médios de temperatura e umidade do ar, relatados pelos autores para os 5 testes realizados no estudo, variaram de 4,03 °C a 28,06 °C e 63% a 75,71%, respectivamente.

Correlação negativa (-0,41) entre o consumo de água e a umidade relativa do ar foi relatada por Zanetti et al. (2019). Os autores estimaram ainda, por meio da proposição de um modelo de predição do consumo de água, que o aumento de 1% na umidade relativa deve resultar em uma redução de 0,259 kg de água no consumo diário, estando os animais sob temperatura máxima do ar variando de 21,2 a 27,3 °C. Os animais avaliados por Ahlberg et al. (2018) também apresentaram redução no consumo de água em situações de aumento da umidade relativa, quando avaliados em 5 testes, com temperatura média do ar variando entre 4,03 °C e 28,06 °C.

A relação negativa entre umidade do ar e consumo de água se dá em função da variação da perda de água durante a respiração. Em condições de elevada saturação do ar a perda de água pelo animal será menor, quando comparado a situações de baixa umidade (NRC, 1981). Ahlberg et al. (2018) sinalizaram que a umidade relativa elevada dificulta também a dissipação do calor através do processo de resfriamento evaporativo, quando avaliados novilhos Angus

mestiços em 5 testes, com temperatura média do ar variando entre 4,03 °C e 28,06 °C.

A influência da umidade pode variar em função da raça do animal. Finch (1986) observaram que a taxa de transpiração, e consequente perda de água, em bovinos da raça Brahman expostos ao estresse por calor não foi afetada pela umidade do ar, já os animais da raça Shorthorn tiveram a taxa de transpiração reduzida à medida que a umidade aumentou. A mesma tendência foi relatada por Thompson et al. (1953), na comparação de vacas das raças Brahman e Holandesa.

Arias e Mader (2011) estudando a influência de variáveis meteorológicas sob o consumo de água por novilhos e novilhas mestiços Angus, na fase de terminação em confinamento nas estações de verão e inverno, não identificaram a umidade relativa como um fator relevante. Somente quando a umidade foi associada à temperatura ambiente pelo cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), o coeficiente de regressão foi de 0,57, ou seja, respondeu por 57% da variação da ingestão de água.

2.2.2.3. Índice de Temperatura e Umidade

Uma alternativa ao uso das variáveis de umidade e temperatura isoladas nas equações de predição do consumo de água é a inclusão do índice de temperatura e umidade. Este índice tem como objetivo integrar os componentes térmicos do ambiente em uma única medida que reflete seu impacto potencial na homeostase térmica.

Inicialmente delineado por Thom (1959), para humanos, o índice de estresse térmico foi estudado por vários outros autores e além da temperatura foram sendo agregadas outras variáveis meteorológicas. Os estudos para animais focam no estresse causado pelos efeitos combinados de temperatura e umidade, identificando situações críticas ao bem-estar e desempenho dos animais, auxilia na escolha de ferramentas para mitigação do estresse por calor e define em quais momentos essas ferramentas devem ser utilizadas (BERMAN et al., 2016).

Apesar de ser um índice que indica melhor a condição de conforto térmico dos animais, Arias e Mader (2011) não encontraram diferença no coeficiente das equações de regressão para predição do consumo de água de bovinos quando utilizado o ITU, em detrimento das informações de temperatura. Para equação preditiva de consumo no verão, os autores utilizaram dados de consumo de matéria seca, radiação solar e temperatura mínima ($R^2=0,23$), quando a temperatura mínima foi substituída pelo ITU o R^2 foi de 0,24. O mesmo ocorreu para a equações destinada aos meses de inverno, cujo coeficiente de regressão foi de 0,23 utilizando dados de consumo de matéria seca, radiação solar, temperatura máxima, velocidade do vento, umidade

relativa e precipitação, e de 0,24 quando o ITU substituiu a temperatura máxima. Já o modelo geral proposto pelos autores apresentava o valor de R^2 igual a 0,65, utilizando como variáveis preditoras do consumo de água, o consumo de matéria seca, a radiação solar e a temperatura mínima ou o ITU.

Para verificação da influência dos fatores meteorológicos sob o consumo de água os estudos avaliam e demonstram o efeito de cada fator de forma isolada, quantificando quanto cada um explicaria a variação no consumo de água pelos animais. No entanto, o efeito do ambiente é complexo e a combinação dos fatores também influenciará o consumo de água. Por este motivo vários fatores são usualmente utilizados quando se deseja estimar a ingestão de água por meio de equações de predição.

2.3. Equações de predição de ingestão de água

Equações de predição de consumo de água pelos bovinos têm sido sugeridas por vários autores e outras devem surgir no futuro. Os modelos de previsão devem ser incrementados à medida que novos dados são coletados, especialmente se essas informações forem coletadas em diferentes locais e de diversas categorias animais. Somente dessa forma será possível melhorar as previsões de consumo de água, sendo possível predizer o consumo de água de animais em vários sistemas de produção (AHLBERG et al., 2018).

Os modelos são robustos para serem aplicados em situações semelhantes às que lhe deram origem. A comparação dos dados de consumo de água observados em animais Nelore em condições tropicais e os valores preditos para estes mesmos animais a partir de equações publicadas para animais taurinos, em condições temperadas, foi realizada por Zanetti et al. (2019). Os resultados mostraram que as 7 equações testadas superestimaram em até 253% o consumo de água por animais zebuínos avaliados no sudeste do Brasil. Além do fator genético, as condições climáticas são apontadas como grande responsável pela baixa acurácia na aplicação dos modelos observada pelos autores. Concluíram que os sistemas de criação de bovinos nos trópicos se diferenciam das regiões temperadas e submetem os animais a altas temperaturas, com pequena oscilação diária e elevada umidade e precipitação.

A correlação entre o consumo de água observado por Ahlberg et al. (2018) com as previsões calculadas pelas equações de Arias e Mader (2011) e por Winchester e Morris (1956) foram de 0,51 e 0,49, respectivamente. Diferenças no mérito genético e na variação meteorológica foram apontadas como possível justificativa para as correlações medianas.

Das várias equações de predição do consumo de água disponíveis na literatura, a maioria

delas é oriunda de estudos com *Bos taurus*, em condições de clima temperado. As equações utilizam como preditores as variáveis intrínsecas e extrínsecas discutidas anteriormente, atribuindo a elas pesos diferentes conforme o nível de influência sobre o comportamento ingestivo de água.

Zanetti et al. (2019), a partir de dados coletados em experimentos no sudeste do Brasil, para predizer especificamente o consumo de água de animais Nelore criados nos trópicos em confinamento, propuseram a seguinte equação:

$$WI = 9,449 + 0,190 (MBW) + 0,271 (Tmax) - 0,259 (HU) + 0,489 (DMI)$$

Onde: WI é o consumo de água, MBW é o peso vivo metabólico ($kg^{0,75}$), Tmax é a temperatura máxima ($^{\circ}C$), HU é a umidade relativa (%) e DMI é o consumo de matéria seca (kg/d).

Considerando que o consumo de água diário não é influenciado apenas pelo consumo de matéria seca e pela temperatura ambiente, mas também pela combinação de outros fatores climáticos Arias e Mader (2011) propuseram duas equações a partir das informações de novilhos e novilhas mestiços Angus em confinamento. Uma das equações desenvolvidas utiliza na sua predição considerando a temperatura mínima, como segue:

$$DWI = 5,29 + 1,03 (DMI) + 0,04 (SR) + 0,45 (Tmin) (R^2= 0,65)$$

Onde: DWI é o consumo de água; DMI é o consumo de matéria seca (kg/d), SR é a radiação solar ($W.m^{-2}$) e Tmin é a temperatura mínima ($^{\circ}C$).

A segunda equação desenvolvida por Arias e Mader (2011), utiliza na sua predição o índice de temperatura e umidade, como segue,

$$DWI = -7,31 + 1,00 (DMI) + 0,04 (SR) + 0,30 (THI) (R^2= 0,65)$$

Onde: DWI é o consumo de água diário; DMI é o consumo de matéria seca (kg/d), SR é a radiação ($W.m^{-2}$) e o THI é o índice de temperatura e umidade, calculado pela equação (THOM, 1959; NOAA, 1976),

$$THI = 0,8 (Ta) + [(RH/100)(Ta - 14,4)] + 46,4$$

Onde: THI é o índice de Temperatura e Umidade, Ta é a temperatura do ar e RH é a umidade relativa (%)

Também Ahlberg et al. (2018) propuseram duas equações, a partir dos dados de novilhos mestiços, mantidos em confinamento em Oklahoma. A primeira considera o consumo de água *ad libitum* e a segunda é sugerida para a estação do verão, como segue:

$$WI \text{ } ad \text{ } libitum = 0,71 + 2,63 (DMI) - 0,009 (MBW) + 0,76 (Tmed) - 0,06 (HU) + 0,23 (SR) - 0,11 (WS) \quad (R^2 = 0,41)$$

Onde: WI *ad libitum* é o consumo de água livre, DMI é o consumo de matéria seca (kg/d), MBW é o peso vivo metabólico (kg^{0,75}), Tmed é a temperatura média do dia (°C), HU é umidade relativa (%), SR é radiação solar (W.m⁻²) e WS é a velocidade do vento (m.s⁻¹).

$$WI \text{ } summer = -9,74 + 2,32 (DMI) + 0,11 (MBW) + 1,31 (Tmed) - 0,17 (HU) - 0,03 (SR) - 0,27 (WS) \quad (R^2 = 0,34)$$

Onde: WI *summer* é o consumo de água no verão, DMI é o consumo de matéria seca (kg/d), MBW é o peso vivo metabólico (kg^{0,75}), Tmed é a temperatura média do dia (°C), HU é umidade relativa (%), SR é radiação solar (W.m⁻²) e WS é a velocidade do vento (m.s⁻¹).

2.3. Consumo hídrico residual

Os modelos de predição de consumo de água, em sua maioria, não explicam totalmente o comportamento ingestivo de água pelos bovinos. Zanetti et al. (2019) citaram que muitos fatores intrínsecos e extrínsecos podem ser adicionados às equações de predição, mas a influência do metabolismo e comportamento individual do animal ainda não são conhecidos. A resposta dos animais às condições ambientais adversas se mostra altamente variável e com traços de individualidade (ARIAS; MADER, 2011).

Ahlberg et al. (2018), a partir dos coeficientes de determinação (0,34 a 0,41) das equações de predição de água para novilhos, em diferentes estações do ano e diversos manejos (0,34 a 0,41), também apontaram uma variação individual marcante, que não foi contabilizada nos modelos. Tal fato levanta a hipótese de ser possível a seleção de animais que apresentam menor consumo de água que outros em condições de ambiente e manejo semelhantes.

Dessa forma, a seleção de animais mais eficientes deve ser baseada em parâmetros que não alterem o seu desempenho zootécnico. Apesar de Brew et al. (2011) terem relatado a correlação positiva e significativa entre o consumo de água e o ganho médio diário para novilhos e novilhas de diferentes raças e cruzamentos, Ahlberg et al. (2019) verificaram que a seleção de animais que apresentam menor consumo de água não implica em queda no desempenho. Os autores relataram correlação genética e fenotípica entre consumo de água e ganho médio diário de 0,05 e -0,094, respectivamente.

Medidas de eficiência já foram calculadas por Ahlberg et al. (2019) a partir do consumo de água e do desempenho animal, como a conversão hídrica, chamada de relação água: ganho. Os autores definem este índice como resultado da divisão do consumo diário de água pelo ganho médio diário, que representa a quantidade de água necessária para o ganho de 1 kg de peso corporal. No entanto, a seleção de animais com baixos valores de conversão hídrica, ou seja, animais que consomem menor quantidade de água para 1 kg de ganho de peso, pode ter como consequência a seleção de animais com menor desempenho. Tal fato pode ocorrer pois este índice não considera o GMD do animal, desta forma ele pode ser eficiente na utilização da água, mas não eficiente para o sistema de produção. O menor consumo de água por um animal pode acarretar menor consumo de alimento e, consequentemente, menor desempenho, exigindo um cuidado na avaliação desta variável. Sendo assim, a elaboração de uma variável que consiga mensurar a quantidade estimada de água que um animal deve consumir, com base em suas características e do ambiente e comparar com o consumo de água observado pode permitir a identificação de animais mais eficientes. Nesse sentido, Ahlberg et al. (2019) sugeriram o índice de consumo hídrico residual (CHR), à semelhança do raciocínio utilizado no cálculo do consumo alimentar residual, o CAR, já estabelecido em pesquisas que visam a seleção de animais que consomem menos alimento que o predito (KOCH et al., 1963).

Ahlberg et al. (2019) sugeriram o cálculo do consumo hídrico residual como:

$$RWI = WI - eWI$$

Onde RWI é o consumo de água residual, WI é definido como consumo de água observado e eWI é o consumo de água esperado, calculado segundo a equação:

$$eWI = \hat{b}0 + \hat{b}1(DMI) + \hat{b}2(MMWT)$$

Onde: \hat{b}_0 é o intercepto, \hat{b}_1 é o coeficiente de regressão para o consumo de matéria seca (DMI) e \hat{b}_2 é o coeficiente de regressão para o peso corporal metabólico médio (MMWT).

Dessa forma, o consumo hídrico residual consiste em determinar a diferença entre o consumo de água predito e o consumo de água observado. Quanto menor o valor obtido, mais eficiente pode ser considerado o animal.

No entanto, o consumo de água e o consumo de alimento estão diretamente relacionados e por consequência relacionados ao crescimento do animal. Zanetti et al. (2019) relataram correlação do consumo de água com o consumo de matéria seca de 0,14. Os coeficientes de determinação obtidos pela regressão univariada do consumo de água e de matéria seca descritos por Ahlberg et al. (2018) (0,12) e por Sexson et al. (2012) (0,349) também demonstram a relação entre as duas variáveis. Dessa forma, selecionar animais pelo consumo hídrico residual a partir da equação citada pode acarretar a seleção de animais com menor crescimento, pois consomem menos água, menos alimento e podem apresentar menor desempenho, assim como apontado para a seleção de animais segundo a conversão hídrica.

Uma alternativa viável, e inclusive apontada por Ahlberg et al. (2019), que propuseram o índice do consumo hídrico residual, é a adição do ganho médio diário no cálculo do consumo hídrico residual. Brew et al. (2011) observaram que os animais que consumiam mais água apresentavam maior ganho de peso, mas não necessariamente foram mais ou menos eficientes em termos de consumo alimentar, tal fato corrobora a necessidade de inclusão do ganho de peso no cálculo do consumo hídrico residual (CHR).

Uma vez que apresentam valores de herdabilidade classificados como moderados o consumo de água e os índices advindos dele são passíveis de seleção. Ahlberg et al. (2019) relataram herdabilidade de 0,39 para o consumo de água diário, 0,37 para o consumo hídrico residual e 0,39 para o índice de conversão de água em ganho de peso.

REFERÊNCIAS

AHLBERG, C. M. *et al.* Water Intake in Growing Beef Cattle. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, Manhattan, v. 3, n. 1, 2017.
<https://doi.org/10.4148/2378-5977.1348>

AHLBERG, C. M. *et al.* Environmental effects on water intake and water intake prediction in growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 96, n. 10, p. 4368-4384, 2018.
<https://doi.org/10.1093/jas/sky267>

AHLBERG, C. M. *et al.* Characterization of water intake and water efficiency in beef cattle^{1,2}. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, n. 12, p. 4770-4782, 17 dez. 2019.
<https://doi.org/10.1093/jas/skz354>

ALI, S.; GOONEWARDENE, L. A.; BASARAB, J. A. Estimating water consumption and factors affecting intake in grazing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, p. 551-554, 1994.
<https://doi.org/10.4141/cjas94-077>

ARIAS, R. A.; MADER, T. L. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 1, p. 245-251, 2011.
<https://doi.org/10.2527/jas.2010-3014>

BERMAN, A. *et al.* A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 10, p. 1453-1462, 2016.
<https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>

BREW, M. N. *et al.* Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. **Livestock Science**, Suwon, v. 140, n. 1-3, p. 297-300, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.030>

COOPER, G. M. **The Cell: A Molecular Approach**. Sunderland (MA): Sinauer Associates, 2. ed. 2000.

DUKES. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 13. ed. 740 p., 2006.

FAO. **Water use of livestock production systems and supply chains - Guidelines for assessment (Draft for public review)**. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome, Italy, 2018.

FINCH, V. A. Body Temperature in Beef Cattle: Its Control and Relevance to Production in the Tropics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 2, p. 531-542, 1 fev. 1986.
<https://doi.org/10.2527/jas1986.622531x>

HANSEN, P. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 82-83, p. 349-360, jul. 2004.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>

HOEKSTRA, A.Y. et al. **The water footprint assessment manual: Setting the global standard.** London: Earthscan, p 203, 2011.

KLEIBER, M. Body size and metabolic rate. **Physiological Reviews**, Rockville, v. 27, n. 4, 1947.
<https://doi.org/10.1152/physrev.1947.27.4.511>

KOCH, R. M. *et al.* Efficiency of Feed Use in Beef Cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, n. 2, p. 486-494, 1 maio 1963.
<https://doi.org/10.2527/jas1963.222486x>

LEITCH, M. A.; THOMPSON, J. S. The water economy of farm animals. **Nutrition abstracts and reviews**. n. 14, p.197-223, 1944.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 712-719, 1 abr. 2006.
<https://doi.org/10.2527/2006.843712x>

MEYER, U.; STAHL, W.; FLACHOWSKY, G. Investigations on the water intake of growing bulls. **Livestock Science**, Suwon, v. 103, n. 1-2, p. 186-191, ago. 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.02.009>

BENEDICT, F. G.; RITZMAN, E. G. The effect of varying feed levels on the physiological economy of steers. **N. H. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.** University of New Hampshire, Durham. 26. 1924.

SEXSON, J. L. *et al.* Predicting water intake by yearling feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 1920-1928, 2012.
<https://doi.org/10.2527/jas.2011-4307>

THOM, E.C. **The discomfort index.** Weatherwise, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959. DOI:
<https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>.

THOMPSON, H.J., WORSTELL, D.M., BRODY, S. **Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals.** XXIII. The effect of humidity on insensible weight loss, total vaporized moisture, and surface temperature in cattle. **Mo. Res. Bull.** 531. 1953.

WWAP (UNESCO World Water Assessment Programme). **The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind.** Paris: UNESCO. 2019.

WINCHESTER, C. F.; MORRIS, M. J. Water intake rates of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 15, p. 722-740, 1956.
<https://doi.org/10.2527/jas1956.153722x>

ZANETTI, D. *et al.* Prediction of water intake to Bos indicus beef cattle raised under tropical conditions. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 97, n. 3, p. 1364-1374, 2019.
<https://doi.org/10.1093/jas/skz003>

CAPÍTULO 2

(Artigo submetido na Revista International Journal of Biometeorology, ISSN eletrônico 1432-1254)

EFETO DOS FATORES METEOROLÓGICOS NA PREDIÇÃO DA INGESTÃO DE
ÁGUA DE TOUROS NELORE EM AMBIENTE TROPICAL

EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE PREDICTION OF NELLORE
BULLS WATER INGESTION IN A TROPICAL ENVIRONMENT

Danielle Leal Matarim^{1,2}

Mara Regina Bueno De Mattos Nascimento¹

Juliana Jorge Paschoal²

¹ Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

³ Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, MG, Brasil.

Autor para correspondência: danielle.matarim@fazu.br

RESUMO

Os dados de consumo voluntário de água de 181 touros Nelore, provenientes de 2 provas de desempenho conduzidas de 2017 a 2018, foram utilizados para a identificação dos principais fatores que influenciam a ingestão de água. Um total de 7958 mensurações de peso corporal do animal (PC), consumo de matéria seca (CMS) e variáveis do ambiente térmico, no sudeste do Brasil, foram relacionadas com o consumo de água por análise de regressão. As características com maiores correlações com o consumo de água foram utilizadas na análise de regressão múltipla para elaboração de uma equação de predição do consumo de água (equação I). As variáveis que mais influenciaram o consumo de água (CA) foram o consumo de matéria seca (CMS) e o peso metabólico do animal (PM), seguidas pela temperatura mínima (Tmin) e umidade relativa (UR) ($P<0,001$). A partir destes dados foi elaborada a equação, $CA = 4,719 + 0,979 \times CMS + 0,123 \times PM - 0,195 \times Tmin - 0,079 \times UR$, $R^2=0,26$ ($P<0,001$). A equação I e a equação II, disponível na literatura e indicada para *Bos indicus*, foram aplicadas a um novo conjunto de dados e os valores preditos e observados foram comparados. Ambas as equações explicaram 19% da variabilidade do consumo de água dos animais do grupo testado.

PALAVRAS-CHAVE: *Bos indicus*, bovino de corte, consumo de matéria seca, índice de temperatura e umidade.

ABSTRACT

The voluntary water intake data of 181 Nellore bulls, from 2 performance tests conducted from 2017 to 2018, were used to identify the main factors that influence water intake (WI). A total of 7958 measurements of the animal's body weight (BW), dry matter intake (DMI) and thermal environment variables, in southeastern Brazil, were related to water intake by regression analysis. The characteristics with the highest correlations with WI were used in the multiple regression analysis to elaborate a water intake prediction equation (equation I). The variables that most influenced water intake (WI) were dry matter intake (DMI) and the animal's metabolic body weight (MBW), followed by minimum temperature (Tmin) and relative humidity (RH) ($P < 0.001$). From this data the equation was elaborated, $WI = 4.719 + 0.979 \times DMI + 0.123 \times MBW - 0.195 \times Tmin - 0.079 \times RH$, $R^2 = 0.26$ ($P < 0.001$). Equation I and equation II, available in the literature and indicated for *Bos indicus*, were applied to a new set of data and the predicted and observed values were compared. Both equations explained 19% of the water consumption variability of the animals in the tested group.

KEYWORDS: *Bos indicus*, beef cattle, dry matter intake, temperature and humidity index.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente a água é considerada um recurso barato, facilmente disponível e renovável. No entanto, esse cenário pode não ser mantido no futuro (Brew et al. 2011). A expectativa é que as mudanças climáticas modifiquem as fontes de água doce renováveis em muitas regiões do mundo, alterando os padrões de temperatura e precipitação, além do aumento da evaporação (Flörke et al. 2018). A quantidade e qualidade da água está relacionada com o aumento constante da população mundial, já que esse crescimento populacional amplia a demanda por alimentos, o que traz como consequência o uso de recursos hídricos para a sua produção (Rebouças 2002). A necessidade de água pelos bovinos se dá pela sua participação em processos fisiológicos relacionados à manutenção, crescimento, engorda e reprodução (National Research Council 2016).

O consumo de água varia em função de fatores relacionados ao próprio animal e ao ambiente. Condições ambientais, como temperatura e umidade do ar e velocidade do vento, alteram o consumo de água; outros são oriundos de variações de manejo e de desempenho, como tipo de dieta, ingestão de matéria seca, teor de sódio dos alimentos e ganho de peso; e ainda podem ser derivadas do próprio animal como raça, categoria, tamanho, peso e idade

(Brew et al. 2011; Palhares 2013; Oliveira et al. 2016). Assim faz-se necessário investigar a interação entre estes fatores em diferentes localidades, a partir da avaliação de animais com características distintas, a fim de estabelecer equações capazes de estimar o consumo de água. A predição da ingestão de água visa o planejamento de manejo e instalações, e ainda pode fornecer subsídios para a seleção de animais mais eficientes quanto ao uso da água de bebida, ou seja, animais que consomem menor quantidade de água que o predito e, portanto, consomem menos água para a mesma produção de leite ou ganho de peso.

A necessidade de predição do consumo de água por bovinos já foi citada por Winchester e Morris (1956), principalmente, em áreas de oferta limitada de água, onde conhecer sua necessidade é tão importante quanto conhecer os outros requerimentos nutricionais. Algumas equações de predição estão disponíveis na literatura, como as sugeridas por Meyer et al. (2006) para touros Holandeses na Alemanha, Arias e Mader (2011) para novilhos e novilhas cruzadas Angus, nos Estados Unidos, Sexson et al. (2012) para novilhos de corte nos EUA e Ahlberg et al. (2018) para novilhos Angus. No entanto, equações desenvolvidas em condições de clima temperado e com base em dados coletados em bovinos taurinos podem não estimar com acurácia o consumo de água por animais criados nos trópicos. Tal fato foi descrito por Zanetti et al. (2019), quando compararam valores de consumo de água observados em novilhas e novilhos da raça Nelore no sudeste do Brasil, com valores preditos por 8 equações desenvolvidas no hemisfério norte. Os autores verificaram que a predição não ocorre de forma acurada e propuseram uma equação mais precisa para ser utilizada em sistemas de produção em ambiente tropical. No entanto, os modelos de previsão são tão robustos quanto os dados sobre os quais foram baseados. Portanto, a predição de consumo de água em animais de diferentes tamanhos, composição corporal ou em condições ambientais diferentes dos dados que deram origem à equação, não será tão acurada (Ahlberg et al. 2018).

Assim, objetivou-se avaliar a relação entre o consumo diário de água e as variáveis meteorológicas e de desempenho, bem como sugerir uma equação de predição para touros jovens da raça Nelore nos trópicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de consumo de água (CA), de alimento e peso corporal (PC) foram obtidos no sistema Intergado® (Intergado Ltd., Betim, Minas Gerais, Brazil), instalado nas dependências do confinamento do campus das Faculdades Associadas de Uberaba, em Uberaba, Triângulo

Mineiro, Minas Gerais ($19^{\circ}44'$ de latitude Sul e $47^{\circ}57'$ de longitude Oeste de Greenwich, a 752 metros de altitude).

A unidade climática do local, segundo classificação de Novais et al. (2018), é tropical semiseco meridional dos patamares do chapadão Uberlândia-Uberaba e do planalto de Araxá. Está dentro do clima zonal quente, com seis meses secos (abril a setembro), e as temperaturas mínimas observadas em junho, com variação de 18° a 20°C , com precipitação pluviométrica anual de 1350 a 1600 mm.

Foram utilizados 9 currais, providos de um ou dois bebedouros e três ou quatro cochos de alimentação, garantindo relação máxima de 8 animais por cocho. Cada curral possuía 49 metros de comprimento e 17 de largura, garantindo uma área mínima de 30 m^2 por animal. A área dos cochos era coberta com telha de cimento amianto, e a cobertura se estendia além dos cochos, garantindo uma área sombreada de 3 m^2 por animal, o restante da área não possuía sombra e era de terra batida (27 m^2 por animal).

As instalações contavam com o sistema Intergado® composto de cochos eletrônicos e bebedouros automatizados. Os comedouros, apoiados sobre células de carga, possibilitaram o registro do total de alimento consumido por animal a cada ida ao cocho. A pesagem dos animais ocorreu diariamente, já que os bebedouros possuíam plataformas de pesagem estrategicamente instaladas em conjunto com o bebedouro, o que permitia a pesagem dos animais todas as vezes que bebiam água, juntamente com a informação do consumo de água, obtido pela diferença do peso do animal na entrada e na saída da plataforma. Todas as informações registradas foram enviadas via web para um computador e monitoradas diariamente.

As provas tinham duração de 91 dias, sendo os 21 dias iniciais de adaptação à dieta e às instalações, principalmente ao bebedouro, que apresentava um degrau para entrada e acesso à água. Os tourinhos receberam um brinco (ear tag) na orelha esquerda contendo um chip eletrônico com identificação única, capaz de captar e registrar todas as ações relacionadas ao consumo de alimento e água. A dieta, formulada para ganho de 1,3 kg/dia, com 14% de proteína bruta (PB) e 70% de nutrientes digestíveis totais (NDT) era composta por 60% de silagem de milho e 40% de ração concentrada, foi fornecida 4 vezes ao dia, às 06:00, 10:00, 12:00 e 16:00. Foram permitidas sobras diárias entre 5 a 10% do fornecido, com ajuste diário, assegurando o consumo *ad libitum*.

O consumo de água diário e o consumo de matéria seca (CMS) foram coletados de 181 tourinhos da raça Nelore registrados, de 18 a 30 meses de idade e peso médio de $638,12 \pm 86,31$ kg ao longo do período experimental, provenientes de diferentes propriedades de vários estados brasileiros, advindos de diferentes sistemas de criação, que foram avaliados em 2 provas de

desempenho realizadas no período de dois anos. A prova 1 ($n = 88$), ocorreu de junho a agosto de 2017 (inverno) e a prova 2 ($n = 93$) de junho a agosto de 2018 (inverno).

O consumo diário de matéria natural (kg), consumo diário de água (kg) e peso corporal diário (kg) foram obtidos a partir das informações coletadas via sistema Intergado®. Semanalmente foi realizada amostragem para cálculo da matéria seca da dieta ofertada e a média dessas medições foi utilizada para o cálculo do consumo diário de matéria seca (CMS). Posteriormente, calculou-se o peso corporal metabólico (PM - peso corporal $0,75$).

As variáveis meteorológicas foram obtidas da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 700 m do local onde foram realizadas as provas. Foram coletadas informações diárias de temperatura mínima ($T^{\circ}\text{mín}$), temperatura máxima ($T^{\circ}\text{máx}$, $^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (UR, %). O Índice de Temperatura e Umidade foi calculado pela equação (Berman et al. 2016):

$$\text{ITU} = 3.43 + 1.058 \times \text{Ta} - 0.293 \times \text{UR} + 0.0164 \times \text{Ta} \times \text{UR} + 35.7$$

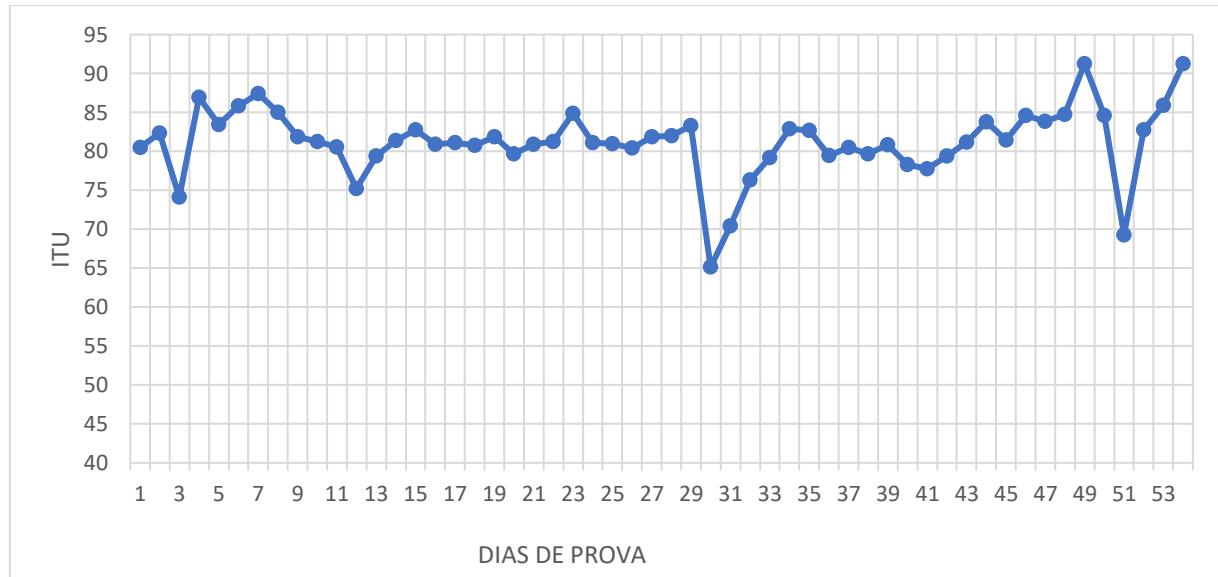
Onde ITU é o índice de temperatura e umidade, Ta é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e UR é a umidade relativa (%).

Para o cálculo do ITU foram consideradas a temperatura máxima e umidade média, determinadas diariamente, por representar a pior condição ambiental à qual os animais foram expostos, conforme recomendado por Bertocchi et al. (2014).

Figura 1 – Valores de ITU observados durante a prova 1.



Figura 2 – Valores de ITU observados durante a prova 2.



Após a compilação de todos os dados coletados foram retirados os registros diários em que uma das variáveis não foi devidamente registrada, por causa do mal funcionamento dos equipamentos ou medições inconsistentes, totalizando 7958 observações para análise.

Foi realizada análise descritiva relativa a cada prova. Todas as variáveis foram relacionadas com o consumo de água por meio de correlação de Pearson. Procedeu-se a análise factorial exploratória multivariada para identificação dos fatores a serem utilizados na análise de regressão múltipla, para a formação de uma equação de predição de consumo de água (Equação I), pelo SPSS Base 11.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL).

A partir de levantamento bibliográfico foi selecionada uma equação de predição de consumo de água sugerida para bovinos da raça Nelore criados nos trópicos. A equação proposta por Zanetti et al. (2019), foi elaborada a partir de dados coletados em diferentes experimentos com machos e fêmeas jovens da raça Nelore, com idade média de 8 a 16 meses e peso médio de 260 a 377 kg, conforme descrito:

$$WI = 9,449 + 0,190 \times MBW + 0,271 \times Tmax - 0,259 \times HU + 0,489 \times DMI \quad [\text{Equação II}]$$

Onde: WI é o consumo de água, MBW é o peso vivo metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), Tmax é a temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$), HU é a umidade relativa (%) e DMI é o consumo de matéria seca em kg/d .

Para validação as equações I e II foram aplicadas a um novo conjunto de dados, provenientes de uma prova de desempenho realizada entre os meses de julho a setembro de 2014. Participaram desta prova 18 animais da raça Nelore com peso médio de $511,52 \pm 78,30$ kg, PM médio de $107,32 \pm 12,32$ kg; com idade entre 15 e 18 meses. Durante a prova os animais apresentaram CMS igual a $9,93 \pm 1,82$ kg, e as variáveis climatológicas observadas foram ITU, com média de $80,52 \pm 5,70$; Tmáx de $29,30 \pm 3,27$ °C; Tmín média de $13,66 \pm 2,29$ °C e UR média de $58,29 \pm 13,17\%$. Os valores preditos pelas 2 equações foram confrontados com o consumo de água observado utilizando um modelo de regressão: $Y = a + b.X$, onde Y é o consumo de água observado, “a” a interseção da reta, “b” o coeficiente angular e X o consumo de água predito. A regressão foi avaliada utilizando as hipóteses: H0: a=0 e H0: b=1 e Ha: H0 rejeitada. As hipóteses nulas não rejeitadas significam que a equação é acurada para estimativa do consumo de água dos animais.

As análises deste estudo foram baseadas somente na água de bebida, e não incluiu a água presente nos alimentos.

RESULTADOS

A média da temperatura máxima das provas foi de $28,39 \pm 2,69$ °C, a mínima de $13,28 \pm 2,57$ °C, a umidade relativa de $58,76 \pm 9,93\%$ e ITU de $79,24 \pm 5,59$.

Tabela 1 – Médias, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis do ambiente térmico coletadas durante o período experimental das 2 provas de desempenho de touros da raça Nelore em ambiente tropical.

Variável	Prova	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Tmáx, °C	1	27,16	3,23	14,80	34,10
	2	29,44	1,46	20,7	33,00
Tmín, °C	1	12,11	2,32	5,8	18,6
	2	14,27	2,34	6,8	18,2
UR, %	1	55,65	9,19	41,5	88,00
	2	61,38	9,78	35,25	88,00
ITU	1	76,11	6,05	50,37	88,12
	2	81,88	3,41	65,12	91,23

Tmáx: Temperatura do ar máxima do dia, Tmín: Temperatura do ar mínima do dia, UR: umidade relativa do ar, ITU: índice de temperatura e umidade.

O peso corporal médio foi de $638,12 \pm 86,31$ kg e apresentou grande amplitude dentro de cada prova, por isso foi calculado também o peso metabólico (PM), que apresentou valor médio de $126,42 \pm 12,85$ kg (Tabela 2). O peso metabólico é uma alternativa quando há a necessidade de comparação de consumo de alimento e exigências nutricionais de animais com pesos e superfícies corporais diferentes. O consumo médio de água observado por animal foi de $24,28 \pm 7,35$ kg.dia $^{-1}$ e o consumo de matéria seca $11,53 \pm 2,49$ kg.dia $^{-1}$ por animal.

Tabela 2 – Médias, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis de desempenho durante o período experimental das 2 provas de desempenho de touros da raça Nelore em ambiente tropical.

Variável	Prova	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
PC, kg	1	663,57	90,72	434,1	1174,25
	2	612,67	74,87	345,00	876,00
PM, kg	1	130,51	13,38	95,10	200,59
	2	122,97	11,29	80,05	161,02
CA, kg	1	28,05	7,15	4,95	57,275
	2	21,10	5,87	3,65	58,7
CA, %PC	1	4,24	0,99	0,79	8,67
	2	3,48	1,03	0,65	10,70
CMS, kg	1	12,36	2,48	1,84	29,00
	2	10,83	2,28	2,59	37,12
CMS, %PC	1	1,87	0,36	0,23	3,98
	2	1,78	0,37	0,40	5,65

PC: Peso corporal, PM: Peso metabólico, CA: Consumo de água, CA, %PC: Consumo de água em porcentagem do peso corporal, CMS: Consumo de matéria seca, CMS, %PC: Consumo de matéria em porcentagem do peso corporal.

A regressão linear simples das características coletadas para a predição do consumo de água resultou em valores significativos ($P<0,001$), exceto quando realizada a partir da temperatura máxima. O CMS e as medidas de peso apresentaram coeficientes angulares positivos, ao contrário das variáveis meteorológicas, cujos coeficientes para predição do consumo de água foram negativos (Tabela 3). Dentro da faixa avaliada, os coeficientes indicam um acréscimo de 0,98 kg de água a cada acréscimo de 1 kg de alimento consumido, com base na matéria seca. O aumento de consumo em 0,123 kg de água também foi previsto para cada

acrúscimo de unidade de PM. O acréscimo nos valores de Tmín e UR tende a gerar redução no consumo de água pelos animais. Os maiores valores de R^2 foram encontrados para CMS e PV/PM.

Tabela 3. Parâmetros de regressão linear simples para predição do consumo de água ($\text{kg.animal.dia}^{-1}$) para touros da raça Nelore criados nos trópicos.

Variável	Interseção	Coeficiente angular	Erro padrão	R^2	P-valor
ITU	33,39	-0,115	7,32	0,007	<0,001
Tmáx	25,89	-0,057	7,35	0,0004	0,064
Tmín	31,47	-0,542	7,22	0,035	<0,001
UR	33,49	-0,157	7,19	0,045	<0,001
CMS	9,46	1,285	6,61	0,190	<0,001
PC	3,82	0,032	6,81	0,142	<0,001
PM	-2,99	0,215	6,81	0,142	<0,001

ITU: índice de temperatura e umidade, Tmáx: Temperatura do ar máxima do dia, Tmín: Temperatura do ar mínima do dia, UR: umidade relativa do ar, CMS: Consumo de matéria seca, PC: Peso corporal, PM: Peso metabólico.

Os coeficientes de correlação entre o consumo de água e as demais variáveis foram significativos para todas as variáveis, exceto para a temperatura máxima. Apresentaram-se negativos os coeficientes de correlação entre o CA e as variáveis ITU, Tmax, Tmin e umidade relativa. As correlações foram de fraca a moderada magnitude, sendo os maiores valores encontrados para o consumo de água e CMS e PC/PM (Tabela 4).

Tabela 4. Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis do ambiente térmico e de desempenho, com coeficientes de correlação na parte inferior da tabela e valores de P na parte superior.

	CA	ITU	Tmáx	Tmín	UR	CMS	PC	PM
CA		<0.0001	0,06	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
ITU	-0,09		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Tmáx	-0,02	0,95		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0,140	0,140
Tmín	-0,19	0,46	0,34		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
UR	-0,21	0,12	-0,17	0,39		<0.0001	<0.0001	<0.0001
CMS	0,44	-0,18	-0,15	-0,14	-0,09		<0.0001	<0.0001
PC	0,38	-0,05	0,02	-0,14	-0,21	0,39		<0.0001
PM	0,38	-0,05	0,02	-0,14	-0,21	0,39	1	

CA: Consumo de água, ITU: índice de temperatura e umidade, Tmáx: Temperatura do ar máxima do dia, Tmín: Temperatura do ar mínima do dia, UR: umidade relativa do ar, CMS: Consumo de matéria seca, PC: Peso corporal, PM: Peso metabólico.

Identificadas as variáveis mais relacionadas ao consumo de água, foi proposta uma equação de predição do consumo de água para tourinhos Nelore criados nos trópicos, com base em uma análise fatorial exploratória multivariada, seguida da análise de regressão múltipla. Foram utilizadas as variáveis: CMS, PM, Tmin e UR (Tabela 5). Na regressão todas as características foram significativas ($P<0,001$), e explicam 26,22 % da variação do consumo de água pelos animais.

Tabela 5. Parâmetros de regressão múltipla para predição do consumo de água ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$).

Variável	Coeficiente angular	Erro padrão	P-valor
Interseção	4,718	0,952	<0,001
CMS	0,979	0,030	<0,001
PM	0,123	0,006	<0,001
Tmin	-0,195	0,030	<0,001
UR	-0,079	0,008	<0,001

CMS: consumo de matéria seca, PM: peso corporal metabólico, Tmin: temperatura do ar mínima do dia, UR: umidade relativa do ar.

A equação proposta (Equação I), $CA = 4,719 + 0,979 \times CMS + 0,123 \times PM - 0,195 \times Tmin - 0,079 \times UR$, foi aplicada a um novo conjunto de dados e os valores preditos foram comparados com os valores observados, por regressão, assim como foi feita com a equação de Zanetti et al. (2019) (Equação II) (Tabela 6). As análises de regressão entre os valores de consumo de água observados e os valores previstos pelas duas equações foram significativas ($P < 0,001$) e apresentaram mesmo coeficiente de determinação, $R^2 = 0,19$. Os valores médios de consumo de água demonstram que a equação II superestimou em 20% a ingestão média de água pelos animais. O consumo médio estimado pela equação I foi 11 % inferior ao consumo médio de água observado.

Tabela 6. Parâmetros de regressão comparativo entre o consumo de água observado em touros Nelore e os valores preditos pela equação proposta neste estudo (I) e pela equação II.

	Observado	Predito - Equação I	Predito - Equação II
Média, kg	22,92	20,37	27,54
Desvio padrão	7,08	3,13	5,55
Mínimo, kg	4,15	12,29	9,58
Máximo, kg	61,88	29,15	39,31
Parâmetros da regressão			
Interseção	-	2,34	7,36
Coeficiente angular	-	1,01	0,57
P-valor	-	<0,001	<0,001
R^2	-	0,19	0,19

Equação I: equação de predição do consumo de água proposta por este estudo. Equação II: equação proposta para *Bos indicus* em ambiente tropical por Zanetti et al. (2019).

DISCUSSÃO

Apesar de Berman et al. (2016) não sugerirem a classificação do ITU, Mader et al. (2006) estabeleceram categorias de estresse por calor, assim o ITU observado no presente estudo foi classificado como perigoso ao conforto térmico e ao desempenho dos animais. Os valores de temperatura máxima (Tabela 1) estão acima dos valores considerados ideais para a maior parte dos bovinos, que é de 13 a 18 °C (Barbosa e Silva 1995; Baeta e Souza 2010). No

entanto, estima-se que estes parâmetros sejam mais elevados para animais *Bos indicus*. Segundo Hansen (2004), a evolução de *Bos taurus* e *Bos indicus* ocorreu de forma separada, promovendo a expressão de genes que conferem ao último grupo termotolerância, a nível fisiológico e celular. Os animais zebuínos têm maior capacidade de regular a temperatura corporal em condições de estresse por calor que animais taurinos, uma vez que apresentam taxas metabólicas mais baixas e maior eficiência na perda de calor. Outras características como as propriedades do pelo dos zebuínos ainda são apontadas como fatores que aumentam a perda de calor por condução e convecção, além de reduzir a absorção da radiação solar.

O consumo médio de água observado, mesmo quando ajustado para o peso metabólico, 0,19 L/ kg de PM (Tabela 2) foi menor que o observado por Brew et al. (2011) que relataram ingestão média de $0,38 \text{ L} \pm 0,11 \text{ L/ kg de PM}$, ao avaliar novilhas, novilhos e touros, de 7 a 9 meses de idade, de doze raças e cruzamento. Dentre as composições raciais analisadas por Brew et al. (2011) os animais advindos de cruzamentos com raças adaptadas aos trópicos consumiram menor quantidade de água que raças continentais e britânicas, mesmo quando o consumo de água foi ajustado para o peso vivo metabólico. Os menores consumos foram observados em animais Brahman (*Bos indicus*) e Romosinuano (*Bos taurus* adaptado ao trópico) e os maiores valores de consumo de água foram em animais provenientes do cruzamento das raças Charolês x Angus.

Segundo Winchester e Morris (1956), animais *Bos indicus* consomem menor quantidade de água que *Bos taurus* quando submetidos às mesmas condições de temperatura ambiente, devido à adaptação genética resultante do local onde estes animais foram selecionados, que garantiu a expressão de genes termotolerantes (Hansen 2004).

O CMS e o peso corporal do animal foram identificados como maiores influenciadores do consumo de água (Tabela 3). Os fatores meteorológicos foram significativos para predição do consumo de água, exceto a temperatura máxima, mas com coeficientes de regressão baixos, assim como foram baixos os coeficientes de correlação destas variáveis com o CA. A associação do CA com a temperatura e umidade do ar já foram relatadas por outros autores (Arias e Mader 2011; Sexson et al. 2012). A temperatura do ar, a temperatura mínima e o ITU foram apontados por Arias e Mader (2011) como os principais fatores que afetam o consumo de água de bovinos em terminação. Nos trópicos a temperatura máxima é considerada o principal desafio, principalmente nas estações primavera e verão. No entanto, os dados desta pesquisa mostram que em condições de inverno, com temperatura mínima inferior à faixa recomendada, de 13 a 18 °C (Barbosa e Silva 1995; Baeta e Souza 2010), a Tmín pode exercer influência sobre o consumo de água e de alimento.

A ingestão de alimento é determinada, em parte, pela capacidade do organismo em dissipar o calor do metabolismo dos alimentos e a variável que mais influencia na necessidade de calor de um organismo é a temperatura ambiente. Dessa forma, observa-se que em condições de temperaturas elevadas a perda de calor é dificultada, fazendo com que o consumo de alimento seja reduzido, a fim de não gerar incremento calórico. Por outro lado, em condições de baixas temperaturas a ingestão de alimento deve ser aumentada, pois o corpo pode usar o calor extra gerado para a manutenção da temperatura corporal (Brobeck 1997). Em geral, a ingestão voluntária de alimentos tende a diminuir à medida que a temperatura ambiente aumenta e acresce quando a temperatura ambiente diminui. Para gado de corte estima-se que a faixa adequada seja de 15 a 25 °C, e em condições de temperatura ambiente variando de 5 a 15 °C os animais têm seu consumo estimulado em 2 a 5% (National Research Council 1981). No presente estudo foi observado aumento no consumo de água quando houve redução na temperatura mínima que pode ser explicado pela correlação entre o consumo de alimento e o consumo de água.

Ali et al. (1994) verificaram que a temperatura e umidade do ar são fatores que influenciam diretamente o consumo de água em locais quentes. Os autores observaram que a cada 1 °C de aumento na temperatura ambiente o consumo aumentava em 0,81 L/animal e a cada decréscimo de uma unidade percentual na umidade relativa aumentava 0,68 litros/animal, avaliando animais Angus de diferentes categorias em ambiente com variação de temperatura entre 3,6 a 21,9 °C e umidade na faixa entre 43,4 e 95%. A influência da temperatura e da umidade foram menores no presente estudo, espera-se que haja um decréscimo de 0,195 kg no consumo de água a cada 1 °C de acréscimo na temperatura mínima e decréscimo de 0,079 kg no consumo de água a cada unidade percentual de aumento da UR, no entanto, estes fatores isoladamente explicam parte insignificante da variação do consumo de água.

A correlação negativa entre o consumo de água e a UR também foi descrita por Meyer et al. (2006) ao avaliar touros Holandeses. Quando submetidos a altas temperaturas, os animais lançam mão de mecanismos para manutenção da temperatura corporal (Valente et al. 2015). Um mecanismo importante é a redução na ingestão de alimento, para reduzir o incremento calórico (O'Brien et al. 2010). Outros mecanismos para manter a homeostase térmica são os aumentos da ingestão de água, da sudorese e da frequência respiratória e redução na frequência cardíaca (Horowitz 2002). No entanto, a temperatura elevada associada à alta umidade do ar diminui a eficiência da perda de água para o ambiente, e por consequência diminui a necessidade de aumento na ingestão de água. Em condições de temperaturas mais amenas, ou abaixo da faixa de conforto térmico como as observadas neste estudo, a umidade é menos

influente e a sua combinação com a temperatura máxima na formação do ITU não explicou o comportamento do consumo de água pelos animais (Tabela 3). Apesar dos baixos coeficientes de regressão (Tabela 3) e correlação (Tabela 4) entre consumo de água e Tmin e UR, a inclusão destas variáveis no modelo elevou o coeficiente de determinação.

Para a equação proposta (Tabela 5) foram utilizadas as informações de CMS, PVM, Tmin e UR, como segue:

$$CA = 4,719 + 0,979 \times CMS + 0,123 \times PVM - 0,195 \times Tmin - 0,079 \times UR \quad [\text{Equação I}]$$

A equação proposta apresentou $R^2 = 0,26$, semelhante ao encontrado por Arias e Mader (2011) que sugeriram, com base em 7 estudos com novilhas e novilhos mestiços Angus, equações para o verão e o inverno, relatando coeficientes de determinação de 0,23 e 0,21, respectivamente. O modelo para o verão contava com informações de radiação solar, temperatura mínima e consumo de matéria seca, já o modelo do inverno contemplava, além das variáveis já citadas, a temperatura máxima, a velocidade do vento, a umidade relativa e a precipitação. No entanto, quando o modelo de Arias e Mader (2011) não considerou a estação, o coeficiente de determinação foi de 0,65. Os autores observaram ainda que a inclusão do ITU, em substituição à temperatura do ar, aumentou a acurácia da predição. Um modelo de predição geral, englobando dados de consumo de água no inverno e no verão, também foi desenvolvido por Ahlberg et al. (2018), com coeficiente de determinação de 0,34 a 0,40. O modelo incluía consumo de matéria seca, peso metabólico, temperatura do ar média, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar diária.

Meyer et al. (2006) relataram coeficiente de determinação de 0,35 para equação de predição de consumo de água para touros Holandeses, incluindo temperatura do ar, consumo de matéria seca, porcentagem de volumoso na dieta, porcentagem de matéria seca da forragem e peso corporal. Os autores observaram que o consumo de água aumentava em 1,4 L a cada 100 kg de peso vivo adicional. No presente estudo o aumento do consumo de água foi de 3,2 a cada 100 kg acrescidos no peso vivo, dentro da faixa de peso avaliada (Tabela 3).

O peso do animal, tanto o corporal como o metabólico, também foi identificado como fator de influência sob o consumo de água pelos animais, explicando 14,2% da ingestão (Tabela 3).

À medida que o consumo de alimento aumentou também ocorreu acréscimo na ingestão de água. O presente estudo, assim como os de Ahlberg et al. (2018), Zanetti et al. (2019), Sexson et al. (2012) e Arias e Mader (2011), encontraram relação positiva entre consumo de água e

consumo de alimento. Na equação de predição o coeficiente angular do consumo de matéria seca (0,979) foi menor que o relatado por Ahlberg et al. (2018) (2,17) e Arias e Mader (2011) (1,03), e superior aos relatados por Zanetti et al. (2019) (0,489) e Sexson et al. (2012) (0,349).

A inclusão da porcentagem de volumoso na dieta e seu teor de matéria seca na equação de predição de consumo de água, relatada por Meyer et al. (2006) é justificável pois os animais obtém água para os processos fisiológicos de três fontes, a água de bebida, a água presente nos alimentos e a água metabólica (Winchester e Morris 1956). Os animais avaliados neste estudo foram submetidos a dietas de mesma composição, portanto, este fator não foi incluído na equação de predição.

A predição do consumo de água por animal é difícil de ser determinada uma vez que o consumo sofre grande variação individual, além de um mesmo animal alterar sua ingestão em dias consecutivos sob condições aparentemente semelhantes. No entanto, é provável estimar com confiabilidade a ingestão de água de um lote de animais sob as mesmas condições (Winchester e Morris 1956). Os resultados deste estudo indicam que 74% da variação do consumo de água foram advindos de outros fatores, que não foram inclusos na equação, ou são provenientes de variação individual. Caso essa variação de consumo seja advinda do próprio indivíduo, há a possibilidade de seleção de animais mais eficientes quanto ao uso da água.

As equações I e II, quando aplicadas a um novo conjunto de dados coletados de animais Nelore avaliados em outra prova de desempenho, explicaram 19% da variação do consumo de água. Ambas as equações utilizam os dados de peso metabólico, consumo de matéria seca, umidade relativa e temperatura do ar. A diferença entre as equações está no tipo de temperatura considerada, na equação I é utilizada a temperatura mínima e na equação II a temperatura máxima. Os dados utilizados por Zanetti et al. (2019) para elaboração da equação II foram coletados em períodos em que a temperatura máxima apresentou média de 25,62°C, o que provavelmente não representava desafio ao conforto térmico dos animais. Portanto, em condições de termoneutralidade as duas equações apresentaram a mesma acurácia na predição.

Como tendência os estudos sobre consumo de água têm mostrado que os fatores ambientais devem ser controlados, quando possível, utilizando-se principalmente estratégias sustentáveis que garantem bem-estar aos animais, colaborando para o menor consumo de água. Aliado a isso uma possível seleção de animais mais eficientes na conversão de água e alimento em desempenho pode ser uma alternativa.

CONCLUSÃO

O consumo de água por animais Nelore foi principalmente influenciado pelo peso corporal e pelo consumo de matéria seca. Em condições de inverno, mesmo em região de clima tropical, a temperatura mínima pode influenciar no consumo de água de touros jovens em confinamento, sendo sugerida a equação $CA = 4,719 + 0,979 \times CMS + 0,123 \times PVM - 0,195 \times Tmin - 0,079 \times UR$, $R^2=0,26$ ($P<0,001$).

AGRADECIMENTOS

À FAZU, Faculdades Associadas de Uberaba, pelo suporte e pelos dados disponibilizados.

REFERÊNCIAS

- Ahlberg CM, Allwardt K, Broocks A et al (2018) Environmental effects on water intake and water intake prediction in growing beef cattle. *J Anim Sci* 96:4368–4384.
<https://doi.org/10.1093/jas/sky267>
- Ahlberg CM, Allwardt K, Broocks A et al (2019) Characterization of water intake and water efficiency in beef cattle1,2. *J Anim Sci* 97:4770–4782.
<https://doi.org/10.1093/jas/skz354>
- Ahlberg CM, Allwardt K, Broocks A, Bruno K (2017) Water Intake in Growing Beef Cattle. *Kansas Agric Exp Stn Res Reports* 3:.. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1348>
- Ali S, Goonewardene LA, Basarab JA (1994) Estimating water consumption and factors affecting intake in grazing cattle. *Can J Anim Sci* 74:551–554
- Arias RA, Mader TL (2011) Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *J Anim Sci* 89:245–251. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3014>
- Brew MN, Myer RO, Hersom MJ et al (2011) Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. *Livest Sci* 140:297–300.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.030>
- Brobeck JR (1997) Food intake as a mechanism of temperature regulation. *Obes Res* 5:641–645. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1997.tb00589.x>
- Hansen P. (2004) Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim Reprod Sci* 82–83:349–360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>

- Lepkovsky S, Lyman R, Fleming D et al (1957) Gastrointestinal regulation of water and its effect on food intake and rate of digestion. *Am J Physiol* 188:327–331.
<https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1957.188.2.327>
- Mekonnen MM, Hoekstra AY (2012) A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* 15:401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Meyer U, Stahl W, Flachowsky G (2006) Investigations on the water intake of growing bulls. *Livest Sci* 103:186–191. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.02.009>
- Sexson JL, Wagner JJ, Engle TE, Eickhoff J (2012) Predicting water intake by yearling feedlot steers. *J Anim Sci* 90:1920–1928. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4307>
- Valente ÉEL, Chizzotti ML, De Oliveira CVR et al (2015) Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. *Semin Agrar* 36:4565–4574. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4565>
- Winchester CF, Morris MJ (1956) Water intake rates of cattle. *J Anim Sci* 15:722–740
- Zanetti D, Prados LF, Menezes ACB et al (2019) Prediction of water intake to *Bos indicus* beef cattle raised under tropical conditions. *J Anim Sci* 97:1364–1374.
<https://doi.org/10.1093/jas/skz003>

DECLARAÇÕES

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001, através do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade de Uberlândia.

Conflito de interesse: Os autores declaram não ter conflito de interesse.

Todos os autores contribuíram para a concepção e delineamento do estudo. A preparação do material, a coleta e a análise dos dados foram realizadas por Danielle Leal Matarim, Mara Regina Bueno De Mattos Nascimento e Juliana Jorge Paschoal. O primeiro rascunho do manuscrito foi escrito por Danielle Leal Matarim e todos os autores comentaram as versões anteriores do manuscrito. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Os conjuntos de dados gerados durante e / ou analisados durante o estudo atual estão disponíveis com o autor correspondente, mediante solicitação razoável.

CAPÍTULO 3

(Redigido de acordo com as normas da Revista Journal of Animal Science, ISSN Eletrônico:
1525-3163)

1 Eficiência hídrica em bovinos Nelore confinados¹

2 Danielle Leal Matarim* †

3 Mara Regina Bueno De Mattos Nascimento*

4 Juliana Jorge Paschoal†

5

6 *Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG,

7 Brasil †Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, MG, Brasil.

8

9 ¹Autor para correspondência:

10 **Danielle Matarim**

11 **Faculdades Associadas de Uberaba**

12 **Uberaba, MG**

13 **38061-500**

14 danielle.matarim@fazu.br

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

RESUMO

27

28 As mudanças climáticas são um fator importante a ser considerado na criação de bovinos de
29 corte. Dentro deste contexto, identificar bovinos mais eficientes no uso da água é uma estratégia
30 fundamental. Assim, neste estudo objetivou-se propor, para bovinos de corte confinados da raça
31 Nelore, medidas que quantifiquem a sua eficiência no uso da água ingerida, bem como avaliar
32 a relação dessas variáveis com o desempenho. Foram utilizados dados de 220 touros da raça
33 Nelore de 10 a 24 meses de idade, participantes de provas de desempenho, no sudeste do Brasil.
34 Os animais foram mantidos em confinamento com sistema Intergado®. Foram coletados dados
35 de ingestão de água (IA), consumo de matéria seca (CMS), peso vivo e ganho de peso médio
36 diário (GMD) e calculadas as medidas de eficiência hídrica, a conversão hídrica (CH) e o
37 consumo hídrico residual (CHR), à semelhança dos índices de eficiência alimentar. O CHR se
38 baseou em uma estimativa de consumo prevista a partir do peso vivo metabólico e do GMD.
39 Os animais foram classificados quanto ao CHR em negativos e positivos. Os animais mais
40 eficientes (CHR -) apresentaram médias também negativas para o consumo alimentar residual
41 (CAR), menor ingestão de água e melhores índices de conversão hídrica. Os animais menos
42 eficientes (CHR+) consumiram mais água, mas apresentaram CMS e ganho de peso
43 semelhantes aos animais mais eficientes. O CHR não correlacionou com o peso vivo
44 metabólico. A correlação entre o CHR e o consumo alimentar residual (CAR) foi positiva
45 (0,40), indicando que os animais com maior eficiência hídrica também tendem a ser os mais
46 eficientes na utilização do alimento consumido. A seleção para CHR buscando animais mais
47 eficientes não altera o desempenho dos bovinos.

48

49 **Palavras-chave:** consumo alimentar residual, consumo hídrico residual, conversão hídrica, *Bos*
50 *indicus*.

ABSTRACT

52

53 Climate change is an important factor to be considered when raising beef cattle. Within this
54 context, identifying more efficient water-use cattle is an interesting strategy. Thus, this study
55 aimed to propose measures for confined beef cattle measures that quantify their efficiency in
56 the use of ingested water, as well as to evaluate the relationship of these variables with their
57 performance. Data from 220 Nellore bulls from 10 to 24 months of age, participating in
58 performance tests, in southeastern Brazil were used. The animals were kept in feedlot with the
59 Intergado® system. Data on water intake (WI), dry matter intake (DMI), body weight, average
60 daily gain (ADG) were collected and water efficiency measures were calculated, such as water
61 conversion (WC) and residual water intake (RWI), similar to food efficiency indexes. RWI was
62 based on a consumption estimate projected from metabolic weight and ADG. The animals were
63 classified as negative and positive for RWI. The most efficient animals (RWI-) also presented
64 negative means for residual feed intake (RFI), less water intake and better water conversion
65 rates. The less efficient animals (RWI+) consumed more water but presented DMI and weight
66 gain similar to the more efficient animals. RWI did not correlate with metabolic body weight.
67 The correlation between RWI and residual feed intake (RFI) was positive (0.40), indicating that
68 animals with greater water efficiency also tend to be the most efficient in using the food
69 consumed. The selection for RWI for more efficient animals does not change the performance
70 of cattle.

71

72 **Keywords:** *Bos indicus*, residual feed intake, residual water intake, water conversion.

73

74

75

76

77 INTRODUÇÃO

78

79 Segundo informações do WWAP (2016) o uso da água tem aumentado cerca de 1% ao ano
80 desde a década de 80, devido à combinação de fatores como crescimento populacional,
81 desenvolvimento socioeconômico e mudanças no padrão de consumo. Dessa forma, o
82 crescimento esperado até 2050 é de uma demanda de 20 a 30% superior à atual. A
83 disponibilidade de água doce é vital para a sobrevivência de qualquer país e a sua escassez pode
84 prejudicar a produção agrícola e o desenvolvimento industrial e econômico (Crellin 2018). A
85 agricultura, incluindo irrigação, pecuária e aquicultura, respondem pela maior demanda de
86 água, cerca de 69% da captação anual em todo o mundo (WWAP 2019). Portanto, mudanças
87 neste setor são essenciais para a conservação da água. Entre as medidas de recomendação para
88 mitigar as complicações advindas de uma situação de um provável estresse hídrico estão
89 políticas que incentivem a adoção de uma infraestrutura agrícola mais sustentável (Crellin
90 2018).

91 Especificamente na pecuária, a água tem papel essencial nos organismos animais pois compõe
92 aproximadamente 70% da massa total de células (Cooper 2000). Muitos estudos têm sido
93 desenvolvidos com o intuito de conhecer o consumo de água de bebida e o comportamento de
94 ingestão hídrica de bovinos (Arias and Mader 2011; Ahlberg et al. 2018; Zanetti et al. 2019).
95 Estas pesquisas evidenciaram a influência de fatores ambientais no consumo de água e propõem
96 equações de predição para bovinos de diferentes categorias e condições de manejo.

97 Conhecer a influência dos fatores que interferem no consumo de água se torna ainda mais
98 importante diante do cenário de mudanças climáticas. De posse dessas informações e frente às
99 alterações do clima os produtores podem traçar estratégias para melhor gerenciamento dos
100 recursos hídricos (Ahlberg et al. 2018). Além de conhecer o comportamento de ingestão de
101 água, a projeção de limitação de recursos disponíveis para a produção agropecuária fez surgir

102 a necessidade de identificar e selecionar animais eficientes, que possam produzir mais com
103 menos insumos (Ahlberg et al. 2017). O valor de herdabilidade para o consumo de água em
104 bovinos é de 0,39, o que demonstra que a característica é passível de seleção e melhoramento
105 (Ahlberg et al. 2019).

106 Dessa forma, objetivou-se estabelecer índices da eficiência hídrica de bovinos de corte
107 confinados, que permitam a seleção de animais mais eficientes, e verificar como essas medidas
108 de eficiência hídrica estão relacionadas às medidas de desempenho zootécnico.

109

110 MATERIAL E MÉTODOS

111

112 *Design do estudo*

113 Dados de consumo de água e de alimento de 220 touros da raça Nelore, de 10 a 24 meses de
114 idade, foram coletados pelo sistema Intergado® (Intergado Ltd., Betim, Minas Gerais, Brasil),
115 instalado no confinamento do campus das Faculdades Associadas de Uberaba, em Uberaba,
116 Minas Gerais (19°44' de latitude Sul e 47°57' de longitude Oeste de Greenwich, a 752 metros
117 de altitude). A unidade climática do local, segundo classificação de Novais et al. (2018), é
118 tropical semiseco meridional dos patamares do chapadão Uberlândia-Uberaba e do planalto de
119 Araxá. Está dentro do clima zonal quente, com seis meses secos (abril a setembro), e as
120 temperaturas mínimas observadas em junho, com variação de 18 a 20 °C, com precipitação
121 pluviométrica anual de 1350 a 1600 mm.

122 Os animais participaram de provas de performance e foram avaliados de 2014 a 2018. As
123 provas foram separadas por ano e grupo contemporâneo, considerando a diferença máxima de
124 90 dias de idade entre os animais participantes. A prova 1 ocorreu de junho a setembro de 2014
125 (n=18 - 15 a 18 meses), as provas 2 (n=24 – 10 a 13 meses) e 3 (n=24 – 14 a 17 meses) de abril
126 a junho de 2017, as provas 4 (n=12 – 18 a 21 meses) e 5 (n=47 – 21 a 24 meses) de junho a

127 agosto de 2017, a prova 6 de outubro de 2017 a janeiro de 2018 (n=24 – 18 a 21 meses) e as
128 provas 7 (n=11 – 18 a 21 meses) e 8 (n=60 – 21 a 24 meses) de junho a agosto de 2018.

129 O confinamento contava com 9 currais, sendo que cada curral possuía um ou dois bebedouros
130 e três ou quatro cochos de alimentação, garantindo relação máxima de 8 animais por cocho. Os
131 currais garantiam uma área mínima de 30 m² por animal. A área dos cochos e bebedouros era
132 coberta e o restante da área não possuía sombra e era de terra batida.

133 A dieta foi formulada para ganho de 1,3 kg/dia, com 14% de proteína bruta (PB) e 70% de
134 nutrientes digestíveis totais (NDT), composta por 60% volumoso e 40% concentrado, fornecida
135 4 vezes ao dia, às 06:00, 10:00, 12:00 e 16:00. Foram permitidas sobras diárias entre 5 a 10%
136 do fornecido, com ajuste diário assegurando o consumo *ad libitum*. Amostras semanais da dieta
137 total foram coletadas para cálculo da matéria seca e o valor médio de matéria seca ao longo do
138 período foi utilizado para conversão dos dados de consumo de matéria natural para matéria
139 seca. Os dados de consumo de água e alimento foram fornecidos pelo sistema Intergado®,
140 através de cochos eletrônicos e bebedouros automatizados. Todas as informações registradas
141 foram enviadas via web para um computador e monitoradas diariamente. A partir dos dados
142 diários foram calculadas as médias para o consumo de água e de matéria seca durante a prova,
143 para cada animal.

144 Em cada prova, o período total foi de 91 dias sendo 21 dias de adaptação à dieta e à instalação
145 e 70 dias de avaliações. A pesagem dos touros foi realizada no início e fim do período
146 experimental, com jejum prévio e pesagem em balança eletrônica.

147 A partir dos dados de peso vivo inicial, peso vivo final e a duração da prova em dias, foi
148 calculado o ganho médio diário (GMD). O peso inicial, final e as pesagens diárias na plataforma
149 do bebedouro foram base para o cálculo do peso vivo médio (PVM), calculado por regressão
150 para o 35º dia de prova, e para o peso vivo metabólico médio (PVM^{0,75}). A ingestão de água

151 (IA) e o consumo de matéria seca (CMS) foram expressos em kg/dia e em % do peso vivo, a
 152 fim de permitir a comparação de consumo entre animais com pesos diferentes.

153

154 ***Cálculo dos índices de eficiência***

155 Duas medidas de eficiência relacionadas ao consumo de alimento foram calculadas: a conversão
 156 alimentar, que indica a quantidade necessária de alimento para o ganho de 1 kg de peso e o
 157 consumo alimentar residual (CAR). A conversão alimentar foi calculada a partir dos dados de
 158 consumo de matéria seca e ganho de peso, como segue:

159
$$CA = \frac{CMS}{GMD}$$

160 Onde: CA é a conversão alimentar, CMS o consumo de matéria seca diário (kg) e GMD é o
 161 ganho médio de peso diário (kg).

162

163 O consumo alimentar residual, calculado dentro de grupo contemporâneo em cada prova, foi
 164 estimado como o resíduo da equação de regressão do consumo de matéria seca (CMS) em
 165 função do peso vivo metabólico (PV^{0,75}) e o ganho médio diário (GMD), conforme modelo
 166 proposto por Koch et al. (1963):

167
$$CMSe = \beta_0 + \beta_P * PV^{0,75} + \beta_G * GMD + erro_{(1)}$$

168 Em que: CMSe é o consumo de matéria seca estimado, β_0 é o intercepto da regressão, β_P e β_G
 169 são coeficientes de regressão linear do peso metabólico e do ganho médio diário,
 170 respectivamente.

171

172 A partir desse dado procedeu-se então o cálculo da diferença entre o consumo de matéria seca
 173 observado e o estimado:

174
$$CAR = CMS - CMSe$$

175 Onde: CAR é o consumo alimentar residual, CMS é o consumo de matéria seca observado (kg)
 176 e CMSe é o consumo de matéria seca estimado (kg).

177

178 Para as medidas de ingestão de água também foram calculados indicadores de eficiência, à
 179 semelhança dos cálculos realizados para o consumo alimentar, dando origem aos índices:
 180 conversão hídrica e consumo hídrico residual (Ahlberg et al. 2019).

181 A conversão hídrica foi obtida pela divisão da ingestão de água diária pelo ganho médio diário
 182 de cada animal, conforme o cálculo:

$$183 \quad CH = \frac{IA}{GMD}$$

184 Onde: CH é a conversão hídrica, IA a ingestão de água (kg) e GMD o ganho de peso médio
 185 diário (kg).

186

187 O consumo hídrico residual (CHR), sugerido por Ahlberg et al. (2019) é um índice de eficiência
 188 que se baseia na diferença entre o consumo diário de água observado e o consumo de água
 189 estimado. O consumo de água estimado pelos autores é baseado no peso vivo metabólico e no
 190 consumo de matéria seca. O presente estudo utilizou o índice, mas para o cálculo do consumo
 191 de água estimado foram utilizadas as informações de peso vivo metabólico do animal e do
 192 ganho médio diário, semelhante às variáveis utilizadas por Koch et al. (1963) para estimar o
 193 consumo de matéria seca para o cálculo do CAR.

194 O CHR foi estimado como o resíduo da equação de regressão da ingestão de água (IA) em
 195 função do peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$) e o ganho médio diário (GMD), conforme adaptação
 196 do modelo proposto por Ahlberg et al. (2019).

197 Assim, a ingestão de água predita foi calculada conforme a equação:

$$198 \quad IAe = \beta_0 + \beta_P * PV^{0,75} + \beta_G * GMD + erro. \quad (2)$$

199 Onde: IAe é a ingestão de água estimada, β_0 é o intercepto da regressão, β_P e β_G são
200 coeficientes de regressão linear do peso vivo metabólico e do ganho médio diário,
201 respectivamente.

202

203 Após, os animais foram classificados, por prova, pela equação:

204
$$CHR = IA - IAe$$

205 Onde: CHR é o consumo hídrico residual, IA é a ingestão de água observada (kg) e a IAe é a
206 ingestão de água estimada (kg).

207

208 ***Análise estatística***

209 Após a análise descritiva dos dados, dentro de cada prova, os animais foram classificados
210 segundo o CHR: como consumo hídrico residual negativo (CHR-) e consumo hídrico residual
211 positivo (CHR+). A partir dessa categorização as variáveis peso vivo, GMD, CMS, CA, CAR,
212 IA, CH e CHR foram comparadas entre os grupos pelo teste t de Student ($P<0,05$). Também foi
213 realizada correlação de Pearson ($P<0,05$) sob três formas de divisão dos dados, primeiro uma
214 geral contemplando todos os dados, outra com animais de CHR- e outra com animais CHR+.
215 As análises estatísticas foram executadas pelo software Action 2014 (Estatcamp, São Carlos,
216 SP).

217

218 **RESULTADOS**

219

220 A classificação dos animais segundo o CHR resultou em 114 animais classificados como
221 negativos e 106 como CHR positivo. A partir dessa categorização foi observado que os animais
222 com consumo hídrico residual positivo e negativo apresentaram peso inicial, final e peso vivo
223 metabólico semelhantes, exceto na prova 4, demonstrando a não influência do peso do animal

224 na medida de eficiência (Tabela 2). O ganho médio diário também foi semelhante entre os dois
225 grupos de CHR em todas as provas analisadas. O consumo de matéria seca diário também não
226 diferiu entre grupos de CHR em 5 provas. Nas provas em que o CMS foi diferente entre os
227 grupos os animais CHR+ apresentaram maior CMS que os animais CHR- (Tabela 2).

228 A conversão alimentar não diferiu em grupos CHR- e CHR+, porém quando considerou todos
229 os dados, o grupo CHR- apresentou melhor conversão alimentar em relação ao grupo CHR+.

230 Os dados de todas as provas mostraram que os animais classificados como CHR positivo
231 também são positivos para o CAR e os negativos para o CHR também são negativos para o
232 CAR (Tabela 2). Houve diferença significativa entre os grupos CHR- e CHR+ para o CAR nas
233 provas 4 e 5, nas quais os animais que consumiram menos água que o predito (CHR-) também
234 consumiram menor quantidade de alimento que o esperado (Tabela 2) (Figura 1). A ingestão
235 de água, em $\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ e em % peso vivo, foi significativamente superior nos grupos de consumo
236 hídrico residual positivo, exceto na prova 2, na qual a ingestão de água média dos animais
237 CHR+ foi 3,21 kg superior à média de IA dos animais CHR- (Tabela 2). Em 6 provas verificou-
238 se que os animais CHR- foram mais eficientes na conversão da água em ganho de peso que os
239 animais CHR+ (Tabela 2).

240 Considerando os dados de todas as provas, observou-se correlação positiva, de moderada a
241 baixa magnitude, entre ingestão de água e ganho médio diário, peso vivo metabólico, consumo
242 alimentar residual, consumo de matéria seca e consumo hídrico residual e não correlacionou
243 com conversão alimentar (Tabela 3). Não houve correlação entre consumo hídrico residual e
244 ganho médio diário e peso vivo metabólico (Tabela 3). Correlações positivas foram observadas
245 entre CHR e consumo de matéria seca, conversão alimentar, CAR e conversão hídrica (Tabela
246 3). Quando considerou somente o grupo CHR- observou-se correlação positiva e moderada
247 entre ingestão de água e ganho médio diário e consumo de matéria seca; correlação positiva,
248 mas, baixa, com peso vivo metabólico e CHR e não correlacionou com conversão alimentar e

249 com o CAR (Tabela 3). No grupo CHR- não houve correlação entre CHR e GMD; PVM; CMS
250 e conversão alimentar. Correlações positivas e moderadas foram verificadas entre CHR e CAR
251 e conversão hídrica. No grupo CHR+ as correlações entre ingestão de água e demais variáveis
252 foram semelhantes ao grupo CRH-, exceto para a correlação entre CHR e as variáveis GMD e
253 CMS (Tabela 3).

254

255 **DISCUSSÃO**

256

257 A análise das médias das características avaliadas, dos dois grupos separados pelo critério de
258 eficiência do uso da água, mostrou que o índice proposto é independente do peso, do GMD, do
259 CMS e da CA. Dessa forma, é possível afirmar que a seleção de animais com consumo hídrico
260 residual negativo não resultará em animais que consomem menos alimento ou apresentem
261 menor ganho de peso.

262 A classificação dos animais como CHR positivo e negativo se mostrou eficiente pois as médias
263 de CHR dos dois grupos diferiram. A diferença entre as médias dos grupos CHR+ e CHR- foi
264 observada também nas outras características diretamente relacionadas à IA. Havia preocupação
265 nessa classificação e até a possibilidade de se criar faixas de consumo, como realizado por
266 Ahlberg et al. (2019), no entanto, somente a divisão em CHR positivo e negativo foi suficiente
267 para garantir diferença entre os grupos.

268 A correlação entre a ingestão de água e o consumo de matéria seca foi positiva e moderada. O
269 consumo de água aumenta com a ingestão de matéria seca possivelmente pela maior
270 necessidade de água utilizada no processo de digestão. Valores de correlação fenotípica e
271 genotípica entre IA e CMS foram relatados por Ahlberg et al. (2019) para novilhos mestiços de
272 corte, 0,389 e 0,34, respectivamente. A correlação positiva entre IA e consumo de alimento

273 também foi relatada por Brew et al. (2011) avaliando novilhos e novilhas de corte de diferentes
274 raças e cruzamentos.

275 A ingestão de água está relacionada também com o GMD, provavelmente pela relação da IA e
276 o CMS e do consumo de alimento com o ganho de peso. Quando todos os dados foram
277 agrupados a correlação entre IA e GMD foi de 0,39, e de 0,38 e 0,51 para os grupos CHR- e
278 CHR+, respectivamente. Os valores observados foram superiores aos relatados por Ahlberg et
279 al. (2019), -0,109 para a correlação fenotípica entre IA e GMD e 0,05 a correlação genotípica
280 em animais *Bos taurus*. A divergência entre os valores da correlação poderia ser atribuída à
281 raça dos animais. No entanto, Brew et al. (2011) também verificaram correlação positiva entre
282 IA e GMD quando avaliados animais advindos de 12 cruzamentos de raças taurinas e zebuínas
283 de corte.

284 Medidas de eficiência alimentar, como o CAR, também foram positivamente relacionadas à
285 ingestão de água no grupo geral. O coeficiente de correlação de Pearson encontrado nesta
286 pesquisa foi menor que o relatado por Ahlberg et al. (2019). A correlação genotípica entre IA
287 e CAR evidenciada por Ahlberg et al. (2019), de 0,33, prevê que a seleção para a menor ingestão
288 de água pode resultar na escolha de animais mais eficientes quanto ao uso do alimento. No
289 entanto, a ingestão de água não se mostrou relacionada à conversão alimentar neste estudo, e
290 nem no de Brew et al. (2011). Já Ahlberg et al. (2019) determinaram correlações positivas entre
291 IA e CA, tanto fenotípica (0,383), quanto genotípica (0,90).

292 As medidas de IA e de eficiência hídrica também foram relacionadas. A correlação da IA e a
293 CH, que mede a quantidade de água necessária para o ganho de 1 kg de peso foi positiva e
294 moderada, no grupo geral e no grupo CHR-, e baixa no grupo CHR+. Esses dados mostram que
295 o animal que consome muita água não vai ser o mais eficiente na CH. O aumento na IA gera
296 aumento na CH, e quanto maior o valor da conversão, menos eficiente é considerado o animal.

297 Ahlberg et al. (2019) estimaram correlação fenotípica e genotípica entre IA e CH de 0,711 e
298 0,99, respectivamente.

299 A ingestão de água está positivamente relacionada com o CHR, com coeficientes 0,56; 0,27 e
300 0,53, para o geral, CHR- e CHR+, respectivamente. Dessa forma, animais com elevada ingestão
301 de água, provavelmente estão consumindo mais água que o estimado para o seu peso e ganho
302 de peso, sendo menos eficientes. Correlação positiva entre CHR e IA também foi relatada por
303 Ahlberg et al. (2019). Estes autores estimaram o CHR a partir do consumo de água previsto
304 baseado no peso vivo metabólico e no consumo de matéria seca, enquanto o cálculo do consumo
305 de água estimado no presente estudo considerou o peso vivo metabólico e o ganho de peso
306 médio diário. Segundo Ahlberg et al. (2019), a seleção para a eficiência do uso da água através
307 do CHR calculado a partir do PVM e do CMS pode resultar em diminuição no desempenho,
308 sendo indicado incluir na equação de predição do consumo de água o ganho médio diário.
309 Apesar da diferença na metodologia do cálculo do CHR, a correlação fenotípica foi próxima
310 entre os dois estudos.

311 A relação entre o CHR e o CMS foi diferente entre os grupos CHR positivo e negativo. Para os
312 animais mais eficientes a correlação do CHR com o consumo de alimento não foi observada.
313 Já os animais menos eficientes tendem a consumir mais água que o esperado e têm maior
314 consumo de alimento. Sem considerar a divisão dos animais, Ahlberg et al. (2019) não
315 observaram relação entre CHR e o CMS, apenas a correlação genotípica entre as características
316 foi relatada (-0,10). Tais dados evidenciam a necessidade de mais estudos sobre essa medida de
317 eficiência hídrica e seus possíveis efeitos sobre outras variáveis de produção.

318 A correlação entre o CHR e o CAR não foi significativa no estudo de Ahlberg et al. (2019). No
319 entanto, na presente pesquisa foi observada uma tendência do comportamento entre os dois
320 índices de eficiência. Dos 220 touros jovens avaliados 77 eram eficientes quanto ao uso da água
321 e do alimento, de forma concomitante, e 72 foram considerados menos eficientes em ambos os

322 aspectos, alimentar e hídrico. O número de animais que foram classificados como eficientes em
323 apenas um dos parâmetros foi de 34 (CHR+ e CAR-) e 37 (CHR- e CAR+).
324 Apenas no grupo CHR+ foi observada correlação entre CHR e GMD, no grupo geral e no grupo
325 dos animais mais eficientes não foi observada correlação entre o CHR e o GMD. A partir dos
326 dados analisados, a seleção dos animais mais eficientes quanto ao uso da água não deve alterar
327 o ganho de peso de touros jovens da raça Nelore e pode incrementar a seleção para CAR.

328

329 REFERÊNCIAS

330

331 Ahlberg CM, Allwardt K, Broocks A, et al (2018) Environmental effects on water intake and
332 water intake prediction in growing beef cattle. *J Anim Sci* 96:4368–4384.

333 <https://doi.org/10.1093/jas/sky267>

334 Ahlberg CM, Allwardt K, Broocks A, et al (2019) Characterization of water intake and water
335 efficiency in beef cattle^{1,2}. *J Anim Sci* 97:4770–4782.

336 <https://doi.org/10.1093/jas/skz354>

337 Ahlberg CM, Allwardt K, Broocks A, Bruno K (2017) Water Intake in Growing Beef Cattle.
338 Kansas Agric Exp Stn Res Reports 3:. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1348>

339 Ali S, Goonewardene LA, Basarab JA (1994) Estimating water consumption and factors
340 affecting intake in grazing cattle. *Can J Anim Sci* 74:551–554

341 Arias RA, Mader TL (2011) Environmental factors affecting daily water intake on cattle
342 finished in feedlots. *J Anim Sci* 89:245–251. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3014>

343 Brew MN, Myer RO, Hersom MJ, et al (2011) Water intake and factors affecting water intake
344 of growing beef cattle. *Livest Sci* 140:297–300.

345 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.030>

346 Brobeck JR (1997) Food intake as a mechanism of temperature regulation. *Obes Res* 5:641–

- 347 645. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1997.tb00589.x>
- 348 Hansen P. (2004) Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim*
349 *Reprod Sci* 82–83:349–360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- 350 LEPKOVSKY S, LYMAN R, FLEMING D, et al (1957) Gastrointestinal regulation of water
351 and its effect on food intake and rate of digestion. *Am J Physiol* 188:327–331.
352 <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1957.188.2.327>
- 353 Mekonnen MM, Hoekstra AY (2012) A Global Assessment of the Water Footprint of Farm
354 Animal Products. *Ecosystems* 15:401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- 355 Meyer U, Stahl W, Flachowsky G (2006) Investigations on the water intake of growing bulls.
356 *Livest Sci* 103:186–191. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.02.009>
- 357 Sexson JL, Wagner JJ, Engle TE, Eickhoff J (2012) Predicting water intake by yearling
358 feedlot steers. *J Anim Sci* 90:1920–1928. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4307>
- 359 Valente ÉEL, Chizzotti ML, De Oliveira CVR, et al (2015) Intake, physiological parameters
360 and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. *Semin Agrar* 36:4565–
361 4574. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4565>
- 362 Winchester CF, Morris MJ (1956) Water intake rates of cattle. *J Anim Sci* 15:722–740
- 363 Zanetti D, Prados LF, Menezes ACB, et al (2019) Prediction of water intake to *Bos indicus*
364 beef cattle raised under tropical conditions. *J Anim Sci* 97:1364–1374.
365 <https://doi.org/10.1093/jas/skz003>
- 366
- 367
- 368
- 369
- 370

371
372**Tabela 1.** Resumo descritivo dos dados de consumo e eficiência hídrica e alimentar de touros Nelore em confinamento.

Variável	Prova	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Peso vivo inicial (kg)	1	18	437,289	333,625	603,750	69,649
	2	24	404,833	326,000	4700,000	35,974
	3	24	497,625	401,000	562,000	44,632
	4	12	544,500	422,000	662,000	88,320
	5	47	602,915	416,000	763,000	76,742
	6	24	409,833	352,000	523,000	41,573
	7	11	498,000	409,000	582,000	55,953
	8	60	558,467	431,000	696,000	56,298
Peso vivo final (kg)	1	18	583,901	476,600	685,000	56,879
	2	24	500,542	422,000	585,000	38,675
	3	24	583,000	473,000	655,000	47,802
	4	12	622,167	497,000	729,000	86,714
	5	47	688,638	494,000	847,000	77,757
	6	24	517,875	446,000	633,000	46,672
	7	11	583,909	497,000	653,000	50,558
	8	60	649,783	498,000	797,000	59,400
Peso vivo metabólico (kg)	1	18	106,593	89,709	127,340	9,684
	2	24	97,997	84,727	109,407	5,985
	3	24	111,772	95,509	121,499	7,144
	4	12	118,293	98,937	134,993	13,408
	5	47	127,771	98,309	149,579	11,548
	6	24	99,859	89,402	118,038	7,007
	7	11	110,524	96,436	122,285	8,482
	8	60	121,851	100,592	143,023	8,629
Ganho médio diário (kg)	1	18	1,971	1,054	2,702	0,463
	2	24	1,229	0,877	1,510	0,141
	3	24	1,071	0,639	1,500	0,213
	4	12	1,423	0,793	1,916	0,306
	5	47	1,576	0,930	2,210	0,265
	6	24	1,660	1,308	2,084	0,183
	7	11	1,049	0,793	1,263	0,142
	8	60	1,470	0,935	1,976	0,270
Consumo de matéria seca (kg)	1	18	10,429	7,474	12,868	1,472
	2	24	7,699	6,171	9,904	0,779
	3	24	8,828	7,384	10,563	0,784
	4	12	10,269	6,430	12,989	1,815
	5	47	12,247	9,868	14,435	1,216
	6	24	9,478	8,160	11,823	0,931
	7	11	10,011	8,575	12,659	1,135
	8	60	10,342	7,767	13,188	1,166
Consumo de matéria seca (%PV)	1	18	2,080	1,375	2,672	0,324
	2	24	1,707	1,454	2,012	0,155
	3	24	1,644	1,451	2,021	0,147
	4	12	1,795	1,007	2,366	0,364
	5	47	1,915	1,374	2,249	0,200
	6	24	2,048	1,776	2,435	0,148
	7	11	1,893	1,585	2,210	0,193
	8	60	1,717	1,319	2,060	0,184
Conversão alimentar	1	18	5,513	4,009	8,354	1,205
	2	24	6,351	4,837	8,814	1,027
	3	24	8,496	6,116	12,676	1,559

	4	12	7,516	3,355	10,377	1,826
	5	47	7,956	6,022	13,892	1,453
	6	24	5,741	4,907	6,859	0,519
	7	11	9,710	8,043	13,373	1,778
	8	60	7,211	5,357	11,014	1,222
Consumo alimentar residual	1	18	0,000	-1,632	2,352	1,016
	2	24	0,000	-1,142	1,669	0,658
	3	24	0,000	-0,924	1,092	0,574
	4	12	0,000	-4,412	2,112	1,771
	5	47	0,000	-2,202	1,756	0,915
	6	24	0,000	-0,958	1,441	0,573
	7	11	0,000	-1,557	2,140	0,936
	8	60	0,000	-1,853	1,864	0,883
Ingestão de água (kg.dia⁻¹)	1	18	22,731	17,648	30,084	3,808
	2	24	22,619	16,857	29,131	2,806
	3	24	22,421	18,433	28,921	3,365
	4	12	22,874	14,808	33,839	5,417
	5	47	28,873	19,395	38,123	4,386
	6	24	32,444	24,983	43,519	4,390
	7	11	22,595	18,085	27,908	3,608
	8	60	20,818	12,036	33,245	4,185
Ingestão de água (%PV)	1	18	4,530	2,903	5,940	0,787
	2	24	4,996	4,232	5,705	0,387
	3	24	4,172	3,171	5,774	0,602
	4	12	3,988	2,318	6,782	1,058
	5	47	4,490	3,464	5,752	0,527
	6	24	7,019	5,696	8,787	0,896
	7	11	4,262	3,355	4,978	0,569
	8	60	3,446	2,356	5,573	0,643
Conversão hídrica (kg.kg⁻¹)	1	18	12,014	9,002	17,640	2,795
	2	24	18,593	14,445	26,186	2,937
	3	24	21,498	13,959	31,672	4,224
	4	12	16,787	7,727	25,109	5,040
	5	47	18,738	12,880	36,402	4,003
	6	24	19,641	15,771	25,247	2,505
	7	11	22,037	17,016	35,208	5,608
	8	60	14,408	8,928	21,745	2,898
Consumo hídrico residual	1	18	0,001	-3,724	5,516	2,790
	2	24	0,000	-2,373	3,041	1,671
	3	24	0,000	-4,958	7,628	2,849
	4	12	0,001	-9,509	11,658	5,291
	5	47	0,000	-6,665	7,354	3,106
	6	24	0,000	-5,315	7,398	3,638
	7	11	0,001	-4,816	3,557	3,033
	8	60	0,001	-6,429	10,058	3,336

373

374

375

376 **Tabela 2.** Médias das variáveis de desempenho e eficiência alimentar e hídrica de touros Nelore em confinamento,
 377 segundo a classificação pelo consumo hídrico residual, negativo (CHR-) e positivo (CHR+).

	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4	Prova 5	Prova 6	Prova 7	Prova 8
Peso vivo inicial, kg								
CHR -	437,14 ^a	399,36 ^a	484,92 ^a	509,86 ^a	603,92 ^a	412,92 ^a	502,00 ^a	563,13 ^a
CHR +	437,47 ^a	409,46 ^a	510,33 ^a	593,00 ^b	601,67 ^a	406,18 ^a	495,71 ^a	553,48 ^a
Peso vivo final, kg								
HR -	587,14 ^a	496,54 ^a	567,83 ^a	583,43 ^a	688,27 ^a	520,23 ^a	584,50 ^a	655,26 ^a
CHR +	579,85 ^a	503,92 ^a	598,17 ^a	676,40 ^b	689,09 ^a	515,09 ^a	583,57 ^a	643,93 ^a
Ganho médio diário, kg								
CHR -	1,99 ^a	1,25 ^a	1,05 ^a	1,36 ^a	1,57 ^a	1,65 ^a	1,05 ^a	1,49 ^a
CHR +	1,94 ^a	1,21 ^a	1,09 ^a	1,51 ^a	1,58 ^a	1,67 ^a	1,05 ^a	1,44 ^a
Peso vivo metabólico, kg								
CHR -	106,64 ^a	97,24 ^a	109,63 ^a	112,75 ^b	127,88 ^a	100,34 ^a	111,18 ^a	122,68 ^a
CHR +	106,53 ^a	98,63 ^a	113,92 ^a	126,06 ^a	127,64 ^a	99,29 ^a	110,15 ^a	120,97 ^a
Consumo de matéria seca, kg.dia⁻¹								
CHR -	10,26 ^a	7,33 ^a	8,34 ^b	9,08 ^b	11,93 ^b	9,39 ^a	9,55 ^a	10,33 ^a
CHR +	10,63 ^a	8,01 ^a	9,31 ^a	11,93 ^a	12,64 ^a	9,58 ^a	10,27 ^a	10,36 ^a
Consumo diário de matéria seca, %Peso vivo								
CHR -	2,05 ^a	1,64 ^a	1,59 ^a	1,71 ^a	1,87 ^a	2,02 ^a	1,79 ^a	1,70 ^a
CHR +	2,11 ^a	1,76 ^a	1,69 ^a	1,91 ^a	1,97 ^a	2,08 ^a	1,95 ^a	1,73 ^a
Conversão alimentar								
CHR -	5,37 ^a	5,93 ^a	8,11 ^a	7,14 ^a	7,75 ^a	5,69 ^a	9,14 ^a	7,03 ^a
CHR +	5,69 ^a	6,70 ^a	8,88 ^a	8,04 ^a	8,21 ^a	5,79 ^a	10,03 ^a	7,40 ^a
Consumo alimentar residual (CAR)								
CHR -	-0,23 ^a	-0,30 ^a	-0,35 ^a	-1,00 ^b	-0,31 ^a	-0,11 ^a	-0,52 ^a	-0,12 ^a
CHR +	0,28 ^a	0,26 ^a	0,35 ^a	1,40 ^a	0,39 ^b	0,13 ^a	0,29 ^a	0,12 ^a
Ingestão de água, kg.dia⁻¹								
CHR -	20,85 ^b	20,88 ^a	19,88 ^b	19,01 ^b	26,67 ^b	29,67 ^b	19,12 ^b	18,69 ^b
CHR +	25,07 ^a	24,09 ^a	24,96 ^a	28,28 ^a	31,59 ^a	35,72 ^a	24,58 ^a	23,09 ^a
Ingestão diária de água, %Peso vivo								
CHR -	4,18 ^b	4,66 ^b	3,81 ^b	3,56 ^b	4,14 ^b	6,37 ^b	3,58 ^b	3,06 ^b
CHR +	4,97 ^a	5,28 ^a	4,53 ^a	4,59 ^a	4,92 ^a	7,78 ^a	4,65 ^a	3,86 ^a
Conversão hídrica								
CHR -	10,90 ^a	16,85 ^b	19,37 ^b	15,12 ^a	17,31 ^b	17,97 ^b	18,22 ^b	12,61 ^b
CHR +	13,41 ^a	20,07 ^a	23,62 ^a	19,12 ^a	20,51 ^a	21,61 ^a	24,22 ^a	16,33 ^a
Consumo hídrico residual								
CHR -	-2,03 ^b	-1,48 ^b	-2,12 ^b	-3,31 ^b	-2,19 ^b	-2,80 ^b	-3,63 ^b	-2,46 ^b
CHR +	2,54 ^a	1,25 ^a	2,12 ^a	4,64 ^a	2,71 ^a	3,31 ^a	2,07 ^a	2,64 ^a

378 ^{ab}Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste t de Student (P<0,05).
 379

380 **Tabela 3.** Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis de eficiência hídrica e
 381 desempenho.

	GMD	PVM	CMS	CA	CAR	CH	CHR
Dados com todas as provas							
IA	0,39**	0,18**	0,47**	-0,07 ^{ns}	0,22**	0,46**	0,56**
CHR	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,20**	0,14*	0,40**	0,47**	-
Dados CHR-							
IA	0,38**	0,20*	0,44**	-0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,46**	0,27**
CHR	-0,10 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,35**	0,32**	-
Dados CHR+							
IA	0,51**	0,19*	0,49**	-0,19*	0,14 ^{ns}	0,27**	0,53**
CHR	0,20*	0,08 ^{ns}	0,23*	-0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,21*	-

382 GMD = ganho médio diário; PVM = peso vivo metabólico; CMS = consumo de matéria seca;
 383 CA = conversão alimentar; CAR = consumo alimentar residual; CH = conversão hídrica, CHR
 384 = consumo hídrico residual e IA = ingestão de água.

385 ^{ns}p>0,05; *p<0,05; ** p<0,01

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

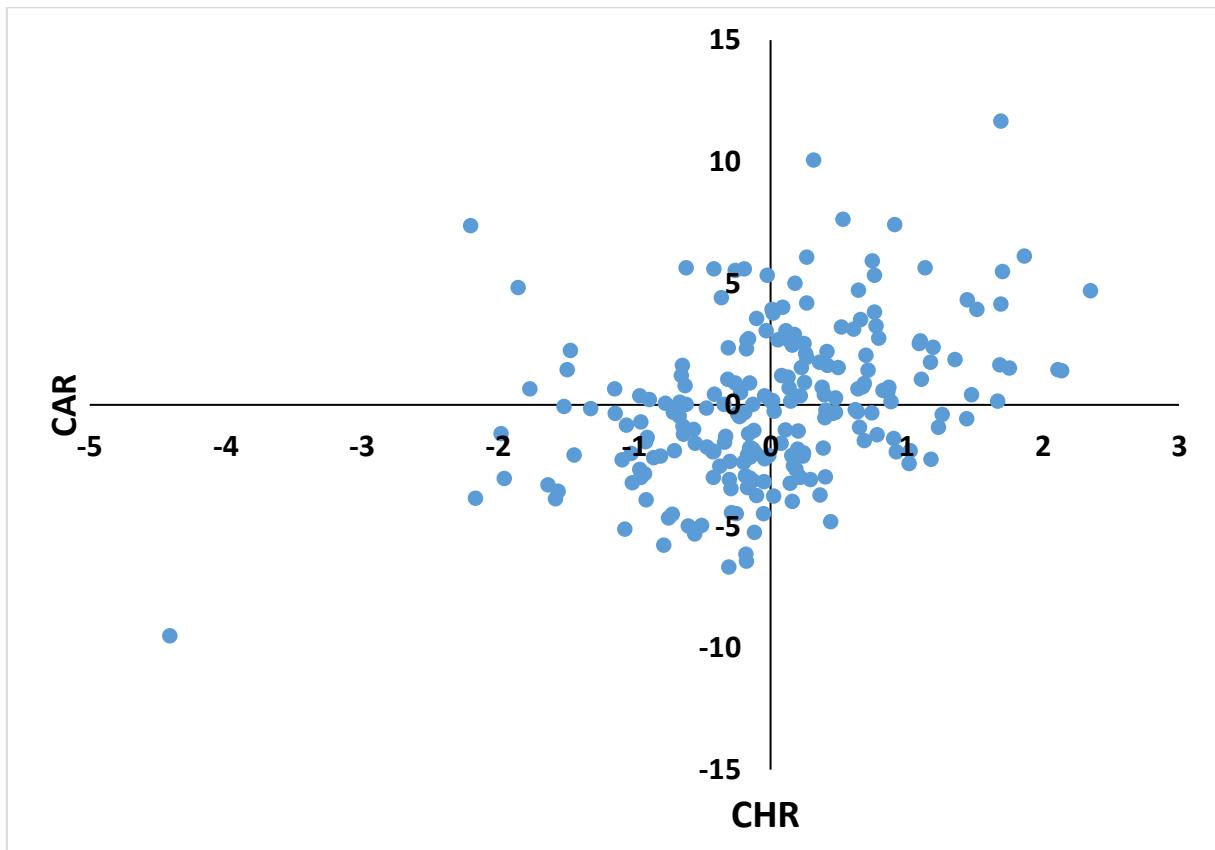
397

398

399

400

401 Figura 1 – Gráfico de dispersão CAR x CHR dos dados dos 220 touros jovens Nelore avaliados
402 em sistema de confinamento no sudeste do Brasil.



403
404 CAR = consumo alimentar residual; CHR = consumo hídrico residual.

**ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS DA REVISTA –
JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE**

Instructions to Authors

Journal of Animal Science (JAS) publishes original research articles and invited review articles.

The mission of the American Society of Animal Science (ASAS) is to foster communication and collaboration among individuals and organizations associated with animal science research, education, industry, or administration "To discover, disseminate, and apply knowledge for sustainable use of animals for food and other human needs". The *Journal of Animal Science (JAS)*, which is published monthly by ASAS, accepts manuscripts presenting information for publication with this mission in mind. Its editorial policies are established by the editor-in-chief, managing editor, section editors, and editorial board, subject to review by the publications committee, board of directors, and the membership of ASAS. Views expressed in papers published in *JAS* represent the opinions of the author(s) and do not necessarily reflect the official policy of the institution with which the author is affiliated, ASAS, or the editor-in-chief.

The *JAS* is one of the most frequently cited peer-reviewed, agriculturally oriented research journals in the world, based on statistics published by ISI, Inc. (Philadelphia, PA). Its high impact factor attests to the quality standards maintained by the *JAS* editorial board and by authors who submit manuscripts for publication.

Manuscript Preparation (Style and Form)

General

All manuscripts submitted to the Journal must be double-spaced, 12-point Times New Roman font with 1 inch margin all around. Consecutive line and page numbers are required. Greek letters and special symbol are inserted using the symbol palette. Math equations are created with MathType or LaTex.

Title Page

Required items on the page are,

1. Running title: short, succinct title no more than 45 keystrokes (characters plus spaces) in length with first and proper nouns capitalized
2. A title with the first word and proper nouns capitalized. Species of subject is encouraged. The title should be unique. The Journal does NOT support multipart series.

3. Full names (given name, middle initial, family name) of all authors
4. Institutions of the authors with location denoted with a symbol (*, †, ‡, §, #, ||, and ¶) behind the author last name
5. Department, city, state or country and postal code
6. Acknowledgements of consortia, grants, experiment station, or journal series number are given as a numerical footnote to the title

Abstract

A single paragraph of no more than 2,500 keystrokes (characters plus spaces) that summarizes the results in an understandable form using statistical evidence (*P*-values). Abbreviations are defined at first use in the ABSTRACT and again in the body of the manuscript.

Key words

List up to 6 words in alphabetical order and separated by a comma. Capitalize only proper nouns. Do NOT use abbreviations. Place at the end of the ABSTRACT.

List of Abbreviations

A comprehensive list of all abbreviations used in the manuscript and their definition. An example format is MRF, myogenic regulatory factor. The list should not include Standard JAS Abbreviations. Abbreviations must be defined at first use in the manuscript text but not in tables and figures unless unique.

[Download an MS Excel spreadsheet of JAS standard abbreviations.](#)

Plural abbreviations do not contain a final “s” because the context of an abbreviation implies whether it is singular or plural. Use of the standard 3-letter abbreviations for amino acids (e.g., Ala) is acceptable in JAS. Use of the internationally recognized chemical symbols for chemical elements (e.g., P and S) is acceptable in JAS. Except for N (not italicized), which is the recognized abbreviation for nitrogen and newton (unit of force), chemical symbols for elements are reserved for elements (e.g., C is for carbon and never for control).

Introduction

A clear justification for conducting the research with a stated hypothesis and objective(s) is required. The rationale for the experiments should place the work into the context of existing literature. There is NO word limit on the section but brevity is encouraged.

Materials and Methods

The manuscript must include a statement of institutional animal care and use committee (IACUC), or country-specific equivalent, approval of all animal procedures. The *IACUC statement should appear as the first item in MATERIALS AND METHODS* and should specify which publicly available animal care and use standards were followed. A clear description of all biological, analytical and statistical procedures is required with each section denoted by a short descriptive title (i.e., Animals and sampling, Western blot, Immunocytochemistry, Experimental design and analysis, etc). Materials used must include the product name and vendor at first mention. When a commercial product is used as part of an experiment, the manufacturer name and location must be given parenthetically and the generic name should be used subsequently. No TM, [®], or [©] symbols should be used. Sex, breed, age, species are included in the animal descriptions. Provide evidence of assay validation (inter/intra-assay CV) or suitable published reference, as needed. Appropriate statistical methods should be used with experimental unit defined as the smallest unit to which an individual treatment was imposed. Numbers of biological and experimental replicates should be stated. State the threshold for significance ($P < 0.05$) and definition of tendency if used.

Results

Experimental results are presented in tables and figures. The results should contain sufficient detail to allow the reader to interpret the data. Quantitative measures of significance (P -values) should be presented. Authors may use either absolute P -values or a defined significance level as long as usage is consistent.

Discussion

The section contains the interpretation of the results. It should be clear and concise, address the biological mechanisms and their significance, and integrate the results into existing literature. The Discussion may offer an interpretation that is consistent with the data. Do NOT include any reference to tables and figures or include P -values in the Discussion. Authors have the option to create a single RESULTS AND DISCUSSION section.

Disclosures

All JAS editors, ASAS staff, ASAS Board of Directors, and submitting authors must disclose any actual or potential conflicts of interest that may affect their ability to objectively present or review research or data. A succinct statement detailing any perceived conflict of interest is required. If none, please indicate as such.

Literature Cited

Papers in the section must be published or 'in press'. All references must include the doi, if available. Authors are encouraged to use the most recent reference style for the Journal of Animal Science in the reference management software of their choice. The format for references are

Journal articles

Perez, V. G., A. M. Waguespark, T. D. Bidner, L. L. Southern, T. M. Fakler, T. L. Ward, M. Steidinger, and J. E. Pettigrew. 2011. Additivity of effects from dietary copper and zinc on growth performance and fecal microbiota of pigs after weaning. *J. Anim. Sci.* 89:414–425. doi:10.2527/jas.2010-2839.

Abstracts

Centon, J. R., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, K. J. Vander Pol, and M. A. Greenquist. 2007. Effects of roughage source and level in finishing diets containing wet distillers grains on feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 2):76. (Abstr.) doi:10.2527/jas.2006-354.

Books and chapters in books

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.

NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Robinson, P. H., E. K. Okine, and J. J. Kennelly. 1992. Measurement of protein digestion in ruminants. In: S. Nissen, editor, *Modern methods in protein nutrition and metabolism*. Academic Press, San Diego, CA. p. 121–127.

Conference proceedings

Bailey, E. A., J. R. Jaeger, J. W. Waggoner, G. W. Preedy, L. A. Pacheco, and K. C. Olson. 2012. Effect of weaning method on welfare and performance of beef calves during receiving. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 63:25–29.

Figure Legends

All figures must have a title and legend. The legend should be a brief description that allows the reader to interpret the results. Key elements include the level of significance, number of biological and experimental replicates, scale bar length, microscopic magnification, author defined abbreviations and other descriptors of the data.

Tables and Figures

Tables and Figures, placed at the end of the manuscript, must be prepared so they can be understood without referring to information in the body of the manuscript. Each table and figure is placed on a separate page and appropriately identified by a table/figure number. Specific details are found on-line and include,

Figures

1. Axes descriptors are separated from units (i.e., kg, mm, mL) by a comma. Do NOT place units within parentheses
2. Minimum resolution is 300 dpi for color and grayscale images and 600 dpi for line art. Color figure must be submitted in CMYK and not RGB.
3. Use Times New Roman font no smaller than 8 point following figure reduction.
4. Photomicrographs should contain a scale bar.
5. Figures should be submitted as JPEG, TIFF or EPS files but PDF and DOC are accepted.

Tables

1. All tables are created in Word using the Table function
2. Use Times New Roman font with 12 point size
3. Tables should fit on a single 8.5 X 11 inch page in either landscape or portrait view
4. Every column has a heading
5. Align column values to the decimal point whenever possible. Columns containing a mix of values, symbols and words may be aligned to the center of the heading. Columns using \pm should be aligned to the symbol.
6. Units (e.g., kg) are separated from descriptor by a comma
7. Numerals are used to reference footnotes. Each footnote should begin on a new line immediately below the table.
8. Lowercase, superscript letters are used to indicate significant differences among means within a row or column and to reference footnotes explaining how to interpret the letters.
9. The order of footnotes below the table is numbers first followed by letters and special symbols.
10. If reporting significance, the column heading is *P*-value.

Electronic Supplements (E-Supplements)

Authors may present material in an e-supplement (e.g., detailed data sets, Excel files, and video) that is more extensive or detailed than necessary for a *JAS* article. A note will appear in the *JAS* article that more material can be found online. Material in an e-supplement must

undergo peer review and, thus, should be in a format that is easily accessible (i.e., does not require dedicated software or software that is not generally available) to most reviewers and readers.

Additional Usage Notes

Quantitative Trait Loci and DNA Markers, Microarray and RNA Sequencing Data

Authors of papers that contain original quantitative trait loci (QTL) or DNA marker association results for livestock are strongly encouraged to make their data available in an electronic form to one of the publicly available livestock QTL databases after the manuscript appears on the JAS Advance Articles website (<https://academic.oup.com/jas/advance-articles>). Similarly, for microarray data and RNA sequencing data, authors are encouraged to submit a complete dataset to an appropriate database.

Commercial Products

The use of names of commercial products should be minimized. When a commercial product is used as part of an experiment, the manufacturer name and location (city and state if in the US; city, administrative region or district [e.g., province], and country if outside the US) or a website address must be given parenthetically at first mention in text, tables, and figures. The generic name should be used subsequently. No ™, ®, or © symbols should be used.

Policies and Procedures of JAS

The mission of the American Society of Animal Science (ASAS) is to “foster the discovery, sharing, and application of scientific knowledge concerning the responsible use of animals to enhance human life and wellbeing” ([see ASAS's History and Mission](#)).

The *Journal of Animal Science*, which is published monthly by ASAS, accepts manuscripts presenting information for publication with this mission in mind.

The Editor-in-Chief, Managing Editor, and Section Editors establish the editorial policies of JAS, subject to review by the publications committee and ASAS Board of Directors. The views expressed in articles published in JAS represent the opinions of the author(s) and do not necessarily reflect the official policy of the institution with which an author is affiliated, the ASAS, or the JAS Editor-in-Chief. Authors are responsible for ensuring the accuracy of collection, analysis, and interpretation of data in manuscripts and ultimately for guaranteeing the veracity of the contents of articles published in JAS.

General Usage

- For general style and form, authors should follow that recommended in Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers. 7th ed. Council of Science Editors, Reston, VA.
- For American English spelling and usage, consult [Merriam-Webster Online](#).
- For SI units, the National Institute of Standards and Technology provides [a comprehensive guide](#).
- Abbreviations are not used to begin sentences. Words must be spelled out.
- “Sex” should be used, rather than “gender.” Gender is more appropriate for describing a role in society than for describing biological sex.
- The hierarchy for brackets and parentheses is [()]. For example, $[(2 + 3) \times (12 \div 2)] \times 2 = 60$.
- Meat shear force should be expressed in kilograms (kg), although newtons (N) may also be acceptable.
- Report time using the 24-h system (e.g., 1410 h rather than 2:10 p.m.).
- Use italics to designate genus and species.
- Names of muscles are not italicized.
- Specify the basis (i.e., as-fed or dry matter) for dietary ingredient and chemical composition data listed in text or in tables. Similarly, specify the basis for tissue composition data (e.g., wet or dry basis).
- Calculations of efficiency should be expressed as output divided by input (i.e., gain:feed, not feed:gain).
- A diet is a feedstuff or a mixture of feedstuffs; a ration is the daily allotment of the diet.
- The word “Table” is capitalized and never abbreviated.
- Except to begin a sentence, the word “Figure” should be abbreviated to “Fig.”
- Except to begin a sentence, experiment and equation should be abbreviated to Exp. And Eq., respectively, when preceding a numeral (e.g., Exp. 1).
- Avoid jargon unfamiliar to scientists from other disciplines. Do not use the term “head” to refer to an animal or group of animals. Instead, use animal, sow, ewe, steer, heifer, cattle, etc.
- Avoid bi- as a prefix because of its ambiguity; biweekly means twice per week and once every 2 weeks.
- Breed and variety names should be capitalized (e.g., Landrace and Hereford).
- Trademarked or registered names should be capitalized, but no TM or [®] symbols should be used.

Contact Information

16/03/2020

General_Instructions | Journal of Animal Science | Oxford Academic

For information on the scientific content of the journal, contact the Editor-in-Chief, Dr. Sally Johnson, American Society of Animal Science, P.O. Box 7410, Champaign, Illinois 61826-7410; e-mail: sealy@vt.edu.

For questions about submitting a manuscript and ScholarOne Manuscripts, contact Ms. Elizabeth Clark; e-mail: jas.editorialoffice@oup.com.

For assistance with author proofs, contact OUP Author Support; e-mail: jnl.s.author.support@oup.com.

Care and Use of Animals

All authors submitting to *JAS* must complete the Care and Use of Animals form certifying that any research that involves animals has followed established standards for the humane care and use of animals and must specify which standards were used. Only investigations that have followed high standards for the humane care and use of animals in research will be reported in *JAS*. Also, the manuscript must include a statement of institutional animal care and use committee (IACUC), or country-specific equivalent, approval of all animal procedures. The IACUC statement should appear as the first item in MATERIALS AND METHODS and should specify which publically available animal care and use standards were followed (e.g., ADSA-ASASPSA Guide for Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching; Primary Industries Ministerial Council, Model code of practice for the welfare of animals: the sheep). The manuscript should describe anesthetics, analgesics, tranquilizers, and care taken to minimize pain and discomfort during preoperative, operative, and postoperative procedures. If research requires discomfort to the animals or stressful conditions, justification for these conditions must be evident in papers published in *JAS*.

Protection of Human Subjects

In the United States, federally funded or regulated research involving human subjects must comply with Code of Federal Regulations (CFR), Title 45 Public Welfare, Part 46 Protection of Human Subjects. However, CFR 45 Part 46.101(b) exempts some research from these regulations. For all exempted research and other details, see [this page](#). Exempted research includes that in which the only involvement of human subjects is for “taste and food quality evaluation and consumer acceptance if 1) wholesome foods without additives are consumed or 2) a food is consumed that contains a food ingredient at or below the level and for a use found to be safe, or agricultural chemical or environmental contaminant at or below the level found to be safe, by the Food and Drug Administration or approved by the Environmental Protection Agency or the Food Safety and Inspection Service of the U.S. Department of Agriculture.” If human subjects were used in exempted research and the research was in compliance with CFR 45 Part 46, or equivalent regulations where the research was conducted, authors must state in MATERIALS AND METHODS or acknowledgements that they were in full compliance. If human subjects were used in research that was not exempted in CFR 45 Part 46, or equivalent

regulations where the research was conducted, authors must certify that the research received prior approval from an appropriate Institutional Review Board.

Types of Articles

Research Articles

Results of research contained in manuscripts submitted to *JAS* must not have been published in or submitted to another peer reviewed scientific journal prior to receiving a decision from *JAS*. Previous presentation at a scientific meeting or the use of data in field-day reports or similar documents, including press publications or postings to personal or departmental websites, does not preclude the publication of such data in *JAS*.

Articles simultaneously posted to websites and submitted to *JAS* should carry a disclaimer on the website that this version of the paper has not undergone *JAS* peer review and is not to be considered the final published form of the article. If the article has been published in *JAS*, the author should include the complete *JAS* citation.

Because *JAS* holds the copyright to articles it publishes, posting altered *JAS* articles that are represented as exact duplicates of the published version constitutes copyright violation.

Special Topics. This Section includes Biographical or Historical Sketches and Contemporary Issues in the animal sciences. Contemporary Issues include topics such as environmental concerns, legislative proposals, systems analysis, and various “newsworthy” scientific issues. Even though Contemporary Issues manuscripts do not have to include original data, authors’ assertions should be substantiated with references to established information from credible published sources. Special Topics papers will be subject to peer review in a manner similar to other *JAS* submissions. Because of the nature of these manuscripts, their format may vary from that of standard scientific articles, although the ABSTRACT must be consistent with keystroke (characters and spaces) limitations defined earlier in this document. Teaching articles should be submitted to Translational Animal Science.

Short Communications. *JAS* will consider publication of short communications that are hypothesis-driven and report novel results. Submitted papers should follow *JAS* guidelines for headings and format, but are restricted to 2 figures or tables or a combination of 1 figure/1 table. The words “Short Communication:” should begin the title. The final published paper will be published Open Access using the current pricing structure.

Technical Notes. A technical note is used to report a new method, technique, or procedure of interest to *JAS* readers. When possible, a technical note should include a comparison of results from the new method with those from previous methods, using appropriate statistical tests. The advantages and disadvantages of the new procedure should be discussed. When typeset for publication, a technical note shall not exceed 10 pages (approximately 18 Microsoft Word

document pages), including tables and figures. “Technical note:” shall be the first portion of the title of such manuscripts. The review process for a technical note will be the same as that for other manuscripts. Information that is more extensive or detailed than necessary for a Technical note may be presented in an e-supplement (see E-Supplements).

Letters to the Editor. A letter judged suitable for publication will be printed in a “Letters to the Editor” section of *JAS*. The purpose of this section is to provide a forum for scientific exchange relating to articles published in *JAS*. To be acceptable for publication, a letter must adhere to the following guidelines. 1) Only a letter that addresses matters of science and relates to information published in *JAS* will be considered. In general, a letter should not exceed 5,000 keystrokes and should contain no more than 5 citations. 2) A letter should provide supporting evidence based on published data for the points made or must develop logical scientific hypotheses. A letter based on conjecture or unsubstantiated claims will not normally be published. No new data may be presented in a letter. 3) The Editor-in-Chief will evaluate each letter and determine whether a letter is appropriate for publication. If a letter is considered appropriate, the author(s) of original *JAS* article(s) will be invited to write a letter of response. Normally both letters will be published together. 4) All letters will be subject to acceptance and editing by the Editor-in-Chief and editing by a technical editor.

Review Articles

The journal publishes invited review articles only.

Submission of Manuscripts

Manuscripts should be submitted electronically through [ScholarOne Manuscripts](#). Authors with questions about using the electronic manuscript submission system or, for technological reasons, are unable to submit manuscripts electronically may contact Ms. Elizabeth Clark (jas.editorialoffice@oup.com).

Copyright and Permission to Publish

Authors shall complete the Manuscript Submission form for each new manuscript submission. The form is completed during the submission process through ScholarOne Manuscripts. Authors, such as United States government employees, who are unable to grant copyright to ASAS for material that was produced as an official duty of a U.S. Government employee is considered public domain. Authors of *JAS* manuscripts who include material (usually tables or figures) taken from other copyrighted sources must secure permission from the copyright holders and provide evidence of this permission at the time the manuscript is submitted to *JAS* for review. Tables or figures reproduced from the work of others, or data extracted from the work of others and used to construct summary tables (or figures) or for meta-analyses, must include an acknowledgement of the original source in a footnote or

legend and, when appropriate, a complete citation in LITERATURE CITED. The ASAS and the author(s) of JAS articles agree to publish under the Creative Commons CC BY-NC-ND license; the author agrees that ASAS will manage any requests for rights not granted under this license.

Review of Manuscripts

General Procedures

The Editor-in-Chief and Section Editors determine whether manuscripts are suitable for publication in JAS. All communications about a submitted manuscript should maintain confidentiality. Each manuscript will undergo closed scientific review. Manuscripts that are not written clearly, concisely, and coherently, or they are not consistent with guidelines in the current Instructions for Authors, Journal of Animal Science may be rejected without review. Authors whose first language is not English are urged to have an editing service review their manuscripts before they are submitted to JAS. For your convenience, [JASEdits is available from ASAS](#).

Appeals

If a manuscript is rejected, the decision may be appealed to the Editor-in-Chief if the author(s) believe(s) that the judgment was erroneous or biased. A letter presenting the reasons for the appeal should be sent to the Editor-in-Chief within 30 days of the date on the rejection notification. The Editor-in-Chief will decide whether to accept or deny the appeal.

Revisions

All revised manuscripts must be returned to Section Editors via JAS Scholar- One Manuscripts. Authors will be permitted 15 days to revise and return manuscripts classified as Minor Revision and permitted 35 days to revise and return manuscripts classified as Major Revision. In most cases manuscripts will not be allowed more than a single revision. Unsatisfactory or incomplete revisions will be a cause for rejection of the manuscript.

Manuscripts that exceed the revision-option deadline will be withdrawn. If withdrawn for lack of timely revision, they may be resubmitted for new review. Requests for extensions must be communicated to the Section Editor responsible for the manuscript before the revision-option expires.

Papers in Press, Author Proofs, and Publication Charges

Advanced Papers

To facilitate earlier disclosure of research results, accepted manuscripts will be assigned a digital object identifier (doi) and posted to the [JAS Advance Articles](#) site in the form in which

they are accepted. The authors bear the primary responsibility for the content of manuscripts posted to the Papers in Press site. Articles posted to this site have not been professionally edited and typeset, and do not represent the final, published form of the manuscript. The date a complete monthly issue of *JAS* is posted online is the official publication date for *JAS* articles. However, the date on which a manuscript is posted to the *JAS*-Advanced Papers website may represent the official public disclosure date for the contents of the article. Authors concerned about intellectual property issues, such as patents and disclosure dates, should seek legal counsel before submitting manuscripts to a scientific journal.

Author Proofs

Proofs of all manuscripts will be provided to the corresponding author and should be read carefully and checked against the typed manuscript. Accuracy of the author proof is the sole responsibility of the author(s). Authors will receive a link to the PDF proof of their manuscript on our online system by email, and it is essential that a current email address is supplied with all manuscripts. Proofing instructions will accompany the PDF file but the proof should be checked immediately upon receipt and uploaded in accordance with covering instructions. Only essential corrections should be made at the proof stage. Excessive author changes made at the proof stage may result in a \$250 surcharge for additional typesetting, and they may be deemed so excessive that the manuscript will be returned to the Section Editor for additional scientific review.

Policies Regarding Number Usage for *Journal of Animal Science*

Number usage in *JAS* is consistent with the Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers.

Additional Resources

[Sample Template for Building Your JAS Manuscript](#)

[JAS Professional Writing Service](#)

[JAS Ethics Policy](#)

[Revision Checklist for Authors](#)

[Guidelines for Creating Tables in Microsoft Word](#)

[Quality Guidelines for JAS Figures](#)

[Biographical Sketches](#)

If you have trouble viewing any of these PDF files please be sure you have the most current version of Adobe Reader.

Ethics

Authors should observe high standards with respect to publication ethics as set out by the [Commission on Publication Ethics \(COPE\)](#). Falsification or fabrication of data, plagiarism, including duplicate publication of the authors' own work without proper citation, and misappropriation of the work are all unacceptable practices. Any cases of ethical misconduct are treated very seriously and will be dealt with in accordance with the COPE guidelines.

Third-party copyright

In order to reproduce any third party material, including tables, figures, or images, in an article authors must obtain permission from the copyright holder and be compliant with any requirements the copyright holder may have pertaining to this reuse. When seeking to reproduce any kind of third party material authors should request the following:

- non-exclusive rights to reproduce the material in the specified article and journal;
- electronic rights, preferably for use in any form or medium;
- the right to use the material for the life of the work; and
- world-wide English-language rights.

It is particularly important to clear permission for use in the online version of the journal, and we are not able to accept permissions which carry a time limit because we retain journal articles as part of our online journal archive.

[Further guidelines on clearing permissions.](#)

Third-party content in Open Access papers

If you will be publishing your paper under an Open Access license but it contains material for which you do not have Open Access re-use permissions, please state this clearly by supplying the following credit line alongside the material:

Title of content

Author, Original publication, year of original publication, by permission of [rights holder]

[Permissions regarding reuse of OUP material](#)

[Self-archiving policy](#)

Open Access

Journal of Animal Science authors have the option to publish their paper under the [Oxford Open initiative](#); whereby, for a charge, their paper will be made freely available online immediately upon publication.

After your manuscript is accepted, the corresponding author will be required to accept a mandatory license to publish agreement. As part of the licensing process you will be asked to indicate whether or not you wish to pay for open access. If you do not select the open access option, your paper will be published with standard subscription-based access and you will not be charged.

Licenses

RCUK/Wellcome Trust/COAF funded authors publishing in *Journal of Animal Science* can use the Creative Commons Attribution license (CC BY) for their articles.

All other authors may use the following license:

- Creative Commons Attribution Non-Commercial license (CC BY-NC)

Visit the OUP licensing website to find out more about [Creative Commons licences](#).

Charges

The open access charges are as follows.

Charges for CC BY and CC BY-NC:

- For ASAS members: \$2,900 / £2132 / €2613
- For non-ASAS members: \$3,700 / £2721 / €3334

Page charges

Page charges are \$240 per page for nonmembers and \$120 per page for ASAS members.