

# CONSUMO DE ÁGUA EM CONDIÇÕES DE PASTEJO: IMPORTÂNCIA E MÉTODOS DE ESTIMATIVA

---

Iran Borges<sup>1</sup>  
Gherman Garcia Leal Araújo<sup>2</sup>

## RESUMO

Água é elemento essencial para a vida; assim sendo, conhecer suas funções, importância no metabolismo animal, formas de transferência no organismo animal e entender sua distribuição no corpo animal é o ponto de partida para entendimento da produção animal em quaisquer circunstâncias, mais ainda quando se trata da produção de herbívoros, ruminantes ou não, em condições de pastejo. O conhecimento das necessidades diárias de água para dessedentação animal torna-se importantíssimo quando se deseja explorar animais em pastagens, sejam nativas, sejam cultivadas, pois a ingestão hídrica, por água bebida (livre) ou ingerida nos alimentos, além da endógena, mantém estreita relação com as condições das pastagens, suplementação a pasto e condições climáticas das mais diversas. Isso posto, buscou-se na presente revisão abordar tais aspectos, além de apontar metodologias para se mensurar a ingestão de água livre, contida nos alimentos e da eventual produção de água metabólica.

**Palavras-chave:** Água livre. Água metabólica. Dessedentação. Fatores climáticos. Ingestão de pastagens.

---

<sup>1</sup> Professor Titular da Escola de Veterinária da UFMG (iranborges@ufmg.br).

<sup>2</sup> Pesquisador Embrapa Semiárido (gherman.araujo@embrapa.br).

## INTRODUÇÃO

A água é substância essencial à vida e recobre 75% da superfície do planeta, incluindo oceanos e toda a massa de água continental; para os alquimistas, os quatro elementos fundamentais da Terra eram o fogo, a terra, o ar e a água, o que já denotava a grande importância desta última nos estudos antigos. Seres vivos demandam água para sobrevivência, e, por tal razão, toda missão espacial que visa a detectar vida extraterrestre procura pela presença de água; tal contexto fez com que, em 1961, Yuri Gagarin exclamasse admirado: “A Terra é azul!”

Já houve poeta que chamou a terra de “planeta água”, não só por sua presença no globo, mas principalmente pelo fantástico ciclo que ela realiza na natureza, conduzindo outras substâncias e elementos, unindo populações, desenhando deslumbrantes paisagens, mas, acima de tudo, promovendo e mantendo a vida terrestre, demonstrando muito claramente sua incontestável capacidade de ser reciclada pelos mais diversos seres vivos.

A água é um importante componente (nutriente) para pecuária de qualquer região do mundo, e seu uso deve ser cada vez mais racional e responsável, principalmente, em função do elevadíssimo crescimento de sua demanda, que está diretamente relacionada ao crescimento populacional e conseqüentemente maior necessidade de produção de alimentos. Além disso, as inegáveis alterações globais do clima têm provocado diminuições nos índices pluviométricos, aumentado a temperatura e a evaporação, ampliando com isso o tamanho das áreas agriculturáveis que deverão rever o uso de seus recursos hídricos.

Nesse contexto, a produção animal é atingida diretamente, o que faz necessário pensar em novas estratégias e processos adaptativos que elevem a eficiência do aproveitamento da água, seja no cultivo e manejo de pastagens ou na produção de forragens para conservação e oferta aos animais. Para tanto, é urgentíssimo o entendimento da complexa interação solo, água e planta, bem como do próprio consumo de água pelo animal, seja via alimento ou diretamente nas diferentes fontes hídricas. É fato que não há mais tempo para se esperar e que esse tema

deve ser rapidamente e cada vez mais explorado pela Zootecnia, com a realização de mensurações e geração de conhecimentos que apontem alternativas de espécies forrageiras e de ruminantes, que sejam eficientes e apresentem significativas capacidades de converter o mínimo de água, respectivamente, em maior biomassa de matéria seca e nutrientes de origem animal.

Essa premente necessidade por pesquisas e conhecimentos se dá pela importância da atividade pecuária no desenvolvimento das mais diversas regiões do planeta e pela expressiva área de pastagens nativas e cultivadas que sustentam as cadeias produtivas dos diferentes ruminantes e que demandam água para suas produções.

Assim sendo, objetiva-se aqui levantar questões importantes quanto ao consumo de água pelos animais em condições de pastejo, abordando as possíveis contribuições das pastagens para dessedentação, além de mencionar e discutir alguns métodos utilizados para estimar a ingestão de água.

## **A PASTAGEM, A PECUÁRIA E SUAS DEMANDAS HÍDRICAS**

A importância global das pastagens é indicada pela sua extensão, elas compreendem cerca de 26% da área total da terra e 80% da terra agrícola produtiva. A maioria delas está localizada em países tropicais em desenvolvimento, onde são particularmente importantes para a subsistência de cerca de um bilhão de pessoas pobres. As pastagens fornecem claramente a base de alimentação para o gado em pastoreio e, portanto, inúmeros alimentos de alta qualidade. Entretanto, esses animais também fornecem produtos como fertilizantes, transporte, tração, fibra e couro. Além disso, pastagens representam serviços e funções importantes, incluindo captações de água, reservas de biodiversidade para necessidades culturais e recreativas e, potencialmente, um sumidouro de carbono para aliviar as emissões de gases de efeito estufa. Inevitavelmente, tais funções podem entrar em conflito com o gerenciamento da produção pecuária (BOVAL; DIXON, 2012).

Grande parte da crescente demanda global por carne e leite, particularmente de países em desenvolvimento, terá de ser fornecida a partir de ecossistemas de pastagens, e isso trará desafios difíceis. O aumento da produção de carne e leite geralmente requer o aumento da ingestão de energia metabolizável e, assim, aumenta o consumo voluntário e/ou a digestibilidade de dietas selecionadas por animais em pastejo. Isso exigirá uma aplicação mais ampla e efetiva de gerenciamento aprimorado. As estratégias para melhorar a produtividade incluem aplicação de fertilizantes, manejo do pastejo, maior uso de subprodutos de culturas, leguminosas, suplementos e manipulação da taxa de lotação e subsídio de forragem (BOVAL; DIXON, 2012).

A produção pecuária é um dos subsetores agrícolas mais importantes do mundo, é praticada em áreas de pastagem e em sistemas mistos de agricultura-pecuária que cobrem cerca de 60% da área terrestre dos países em desenvolvimento. Nos países em desenvolvimento, bovinos, ovinos e caprinos somam um total de cerca de 1,2 bilhão de cabeças de gado tropical (convertido à taxa de 250 quilos de peso de animais vivos por unidade pecuária tropical). Densidades animais são fortemente correlacionadas a densidades humanas (Tabela 1) e são mais elevadas em áreas de agricultura intensificada, especialmente em torno de sistemas de irrigação (PEDEN *et al.*, 2007).

A demanda crescente por carne e leite nas áreas urbanas dos países em desenvolvimento colocará novas demandas substanciais sobre os recursos hídricos agrícolas, especialmente para a produção de alimentos. Atender a essa demanda exigirá muito mais água, mas também fornecerá oportunidades para os agricultores rurais gerarem mais renda necessária. Essa tendência também pode aumentar a competição pela água na regiões agrícolas, marginalizando alguns agricultores e pecuaristas, provocando conflitos e levando-os ainda mais para a pobreza. Os agregados familiares necessitam de água adequada para manter os animais que continuam a ser importantes fornecedores de nutrientes de qualidade e de energia agrícola, que é o meio preferido de geração de renda (PEDEN *et al.*, 2007).

A demografia humana e animal varia muito entre os sistemas de produção e as regiões do mundo. Os sistemas de produção animal suportam cerca de 4 bilhões de pessoas (tabela 1). Destas, cerca de 1,3 bilhão (32%) de pessoas são pobres, e cerca de 509 milhões de pessoas (13%) são criadores de animais. A África Subsaariana e Sul da Ásia concentram 63% (800 milhões) dos pobres, e cerca de 68% (344 milhões) também são criadores de gado (PEDEN *et al.*, 2007).

O rebanho mundial de bovinos, caprinos e ovinos requer quantidades consideráveis de água, mas as estimativas dessas quantidades são brutas. Ao considerar o tamanho desse rebanho e a água, a maioria das pessoas pensa na demanda de consumo de água potável por esses animais, que totalizam cerca de 900 milhões de metros cúbicos por ano (Tabela 1), nos sistemas de produção dos países em desenvolvimento (isso assumindo uma necessidade de cerca de 25 litros por dia por unidade pecuária tropical, embora a quantidade seja altamente variável). No entanto, é necessário muito mais água para produzir forragens para os animais. A evapotranspiração associada à produção de alimento para manutenção totaliza cerca de 450 metros cúbicos por unidade pecuária tropical por ano, uma quantidade que pode subestimar o valor real em até 50%, dependendo do crescimento, reprodução, trabalho, ambiente e estados de lactação dos animais. A água total necessária para a alimentação de bovinos, ovinos e caprinos nos países em desenvolvimento excederá 530 bilhões de metros cúbicos por ano, com água adicional necessária para outras espécies de animais (PEDEN *et al.*, 2007).

Apesar da expressiva demanda hídrica dos sistemas de produção animal, quase nada se conhece sobre as reais necessidades dos animais em condições de pastejo. Raros são os estudos que abordam os consumos de água em sistemas intensivos ou extensivos. Pouco se sabe sobre as contribuições hídricas das espécies forrageiras, em pastagens nativas ou cultivadas, nas diferentes estações do ano, para demanda animal.

Tabela 1 – Área, pessoas, pobreza e animais nos sistemas de produção de regiões de países em desenvolvimento

	África Subsaariana	América Central e Sul	Oeste Ásia e Norte África	Leste da Ásia	Sudeste da Ásia	Sul da Ásia	Outros Estados e Ásia Central	Total
Áreas dos sistemas de produção animal (milhões de km <sup>2</sup> )								
Pastagem	8,97	5,47	1,81	4,33	0,21	0,35	2,05	23,19
Pastagem x Irrigação	0,12	0,40	0,83	1,37	0,48	1,52	0,41	5,13
Pastagem x Sequeiro	6,53	5,23	1,56	2,47	1,41	1,72	1,01	19,93
Outros Sistemas	8,45	9,24	8,09	2,80	2,65	0,80	0,57	32,60
Total	24,2	20,3	12,3	11,0	4,8	4,4	4,0	80,3
Pessoas e pobreza nos sistemas de produção (milhões)								
Número pessoas	506	329	310	1.187	401	1.256	64	4.053
Nº pessoas pobreza	268	132	85	11	127	533	17	1.273
Bovinos, ovinos e caprinos (Unidade animal tropical – 250 kg de Peso Vivo)								
	246	391	57	111	85	276	24	1.190
	10,2	19,3	4,6	10,1	17,1	62,7	6,0	14,7
Estimativa da demanda de água para manutenção (bilhões de m <sup>3</sup> /ano)								
Dessedentação	2,2	3,7	0,5	1,0	0,8	2,5	0,2	10,9
Produção forragem	111	176	26	50	38	124	11	536

Fonte: adaptada de Peden *et al.* (2007).

## Distribuição e funções da água nos animais

Água é a base líquida das células, considerada o meio interno ou mesmo a matriz fluida dessas em todos os tecidos dos organismos vivos. Conforme Larvor (1983), chega a representar entre 70 a 80% da massa tecidual, exceto ossos e tecido adiposo, o National Research Council (2006) apontou teores de água entre 50 a 81% na massa corporal de animais silvestres e bovinos leiteiros. O Commonwealth

Scientific and Industrial Research Organisation (2007) destacou valores similares ao National Research Council (2006) e chamou atenção para que tal oscilação depende da idade e do grau de gordura, no que as citações anteriores são concordantes. Enquanto um animal pode perder quase toda a sua gordura e cerca de metade da sua proteína durante a fome e ainda sobreviver, a perda de um décimo da sua água corporal pode ser fatal.

As qualidades biofísicas mais interessantes da água são suas propriedades solventes, sua ionização e sua vaporização de calor. Com alguns eletrólitos presentes, formará meio adequado para transporte de nutrientes e produtos finais do metabolismo celular. Sua ausência no tecido adiposo, considerando-se ainda a relação com o tecido ósseo/muscular, tende a ser bem constante nos corpos dos animais. Pode-se, a partir daí, estimar sua deposição de gordura corporal, como sugerem as equações na tabela 2.

Tabela 2 – Equação que relaciona o teor total de gordura em ruminantes ao seu teor de água

Espécie	Método*	N	Parâmetros da regressão		
			a	b	r
Caprinos	B	13	1,27	97,8	-0,972
	AP	11	0,916	71,02	
	TOH	22	1,22	93,7	0,961
Ovinos	B	43	1,05	84,2	
	AP	9	1,22	94,6	-0,999
	TOH	9	1,26	97,3	0,996
Bovinos	B	30	1,26	94,9	
	AP	52	1,03	80,7	
	TOH	46	1,18	91,7	0,988

\* B – bebida; AP – Antipirina; TOH – água tritiada. Equações do tipo:  $Y = ax + b$ , com  $Y =$  gordura e  $x =$  água (% do peso corporal total - com conteúdo intestinal - Coeficientes a e b indicados nas tabelas, com o coeficiente de correlação r); N = número de animais.

Fonte: adaptada por Larvor (1983).

Mas deve ser lembrado que um marcador identifica apenas a si mesmo. Se um brometo é usado, não é o fluido extracelular que é medi-

do, mas o espaço do brometo. A melhor maneira de estudar o metabolismo da água é usar isótopos de hidrogênio (água pesada ou água triada). Exceto pelo pequeno efeito isotópico, praticamente desprezível, eles se comportam exatamente como a água. A digestibilidade verdadeira da água em bezerros tem sido próxima a 99,9%, e, devido à digestibilidade aparente e às perdas endógenas, esse valor cai para 97,6%. O total de água no corpo animal tem sido em média de 76,8% da massa corporal; sendo 2/3 extra e 1/3 intracelular (valores típicos para recém-nascidos). Em bezerros com três meses, essa proporção é de 50% e para adultos declina para 45%. Para ruminantes novos, a maioria da excreção ocorre pela urina e também termorregulação, sendo que cerca de 2,4% pelas fezes, e desses sua maioria (95%) é endógena. Dados do Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) dão conta de que fezes de bovinos adultos saudáveis contêm frequentemente 75 a 85% de água e, apesar de as fezes de ovelhas estarem geralmente mais secas, possuem pelo menos 66%. A urina bovina varia em pressão osmótica de cerca de 100mOsm durante a diurese, e cerca de 1100mOsm quando ocorre privação de água, pois o volume excretado é minimizado. Ovinos podem ser ainda mais parcimoniosos nas últimas condições; urina concentrada para cerca de 3000mOsm foi reportada para animais adultos (MACFARLANE *et al.*, 1961; BROWN; LYNCH, 1972), mas apenas sob condições extremas de desidratação. Quando a água está disponível, a osmolalidade da urina de ovinos é comumente de cerca de 800mOsm, mesmo em condições de alta temperatura ambiente e carga salina.

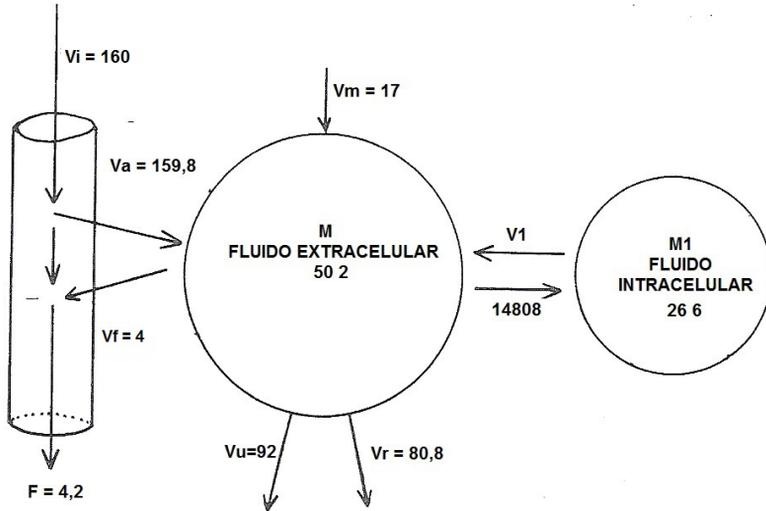
### **Água ingerida pelos animais e absorvida pelo organismo**

A ingestão de água prevê aportes de bebida e daquela porção contida nos alimentos, mas também é necessário considerar a água metabólica produzida pela oxidação metabólica dos nutrientes (1 g de água é obtida a partir da oxidação de 1,4 g de proteína, 1,7 g de carboidratos ou 0,9 de lipídios).

Quanto à água endógena, há de se destacar que a pastagem pode ser de grande importância. Pode incluir até 0,9% do peso fresco da forragem jovem, especialmente se esta tiver umidade em sua superfície obtida da chuva ou do orvalho. Por outro lado, a pastagem madura pode conter apenas 0,1 em peso de água (COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION, 2007). Assim, um bovino ingerindo 4,5 kg de matéria seca diariamente ( $M / D = 10MJ$  dia ou 2,39 kcal kg aqui considerada a energia metabolizável – EM), que é aproximadamente a necessidade diária de manutenção de energia de 350 kg de peso vivo, poderia ganhar mais de 35 L d de água em sua alimentação se fosse pastagem úmida, mas menos de 1 L d se fosse forragem seca. Embora a água metabólica seja importante para a economia da água pelo animal, sua contribuição é relativamente pequena; o catabolismo de 1 kg de gordura, carboidrato ou proteína rende aproximadamente 1,1; 0,5 e 0,4 L, respectivamente. Com uma ingestão de 4,5 kg MS d, o bovino ganharia cerca de 1,5 L de água diariamente do metabolismo dos nutrientes absorvidos, enquanto que, para obter uma quantidade semelhante do catabolismo dos tecidos do corpo, seria necessário perder cerca de 1,5 kg de gordura ou quase 2 kg de proteína de tecido, isto é, cerca de 0,2 L do catabolismo da proteína nesse tecido mais a sua água contida.

A absorção da água nos intestinos é muito eficiente (Figura 1). Seu transporte através da mucosa não pode ser atribuído a diferenças de pressão hidrostática e osmótica, mas depende de processos metabólicos (a glicose é necessária para induzir o transporte de água contra um gradiente osmótico; sem glicose, há apenas uma transferência passiva de água). Isso não significa que haja um transporte ativo específico de água; pois o fato de a água nunca ser transportada sozinha sugere que a transferência de água é causada por forças osmóticas resultantes do transporte ativo de algum íon, provavelmente sódio.

Figura 1 – Metabolismo da água em bezerras. Compartimentos M e  $M_1$  estão em mL/kg, as taxas de troca em mL/kg dia.  $V_1$  = taxa de troca entre compartimentos;  $V_a$  = taxa de absorção de água no intestino;  $V_f$  = taxa de secreção de água fecal;  $V_m$  = água metabólica oriunda da oxidação de nutrientes;  $V_r$  = evaporação respiratória + cutânea,  $V_u$  = taxa de excreção urinária;  $F$  = produção fecal total/dia



Fonte: Riis (1983).

## Função na homeotermia e metabolismo hídrico nos animais

Uma das formas de dissipação calórica pelo corpo animal é por evaporação de água, sem qualquer troca de calor aparente, em um processo chamado de “perda insensível”. O calor latente de vaporização da água é de aproximadamente 0,6kcal/g, o que significa que a dissipação de 100 kcal requer a evaporação de 167 g de água. A baixa temperatura ambiente, a radiação e a convecção permitem grande dissipação de calor, e a evaporação é reduzida à evaporação respiratória mínima; quando a temperatura ambiente aumenta, as perdas de calor sensível diminuem acentuadamente e a regulação térmica depende apenas da evaporação da água.

## Requisitos de água para ruminantes

Esses não são subordinados apenas à espécie animal, mas também ao nível de produção, estágio fisiológico e temperatura e umidade do ambiente.

Teoricamente a quantidade mínima seria a soma dos requisitos das perdas fecais + excreção urinária + evaporação + produtos. Em bovinos, as perdas fecais são de aproximadamente 1,6 kg kg<sup>-1</sup> de MS ingerida; a concentração urinária não excede 1000mOsm (valor médio para volume urinário mínimo de 0,9 L kg MS ingerido em condições de inverno no hemisfério norte e 2,3 L kg<sup>-1</sup> MS em pastagens de crescimento pleno no verão, ricas em PB e K), e as perdas evaporativas elevam-se, em bovinos e ovinos, em decorrência ao aumento da temperatura ambiente e sua interação com URA, mas também de acordo com o metabolismo e ingestão de alimentos, sendo que a produção de leite exige 0,9 L por kg secretado, enquanto o crescimento fetal requer 2 L de água por dia no final da gestação (Tabelas 3 e 4). Para bovino de corte, destaca-se que a contribuição da água metabólica é mínima para o suprimento das necessidades diárias das distintas categorias (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2016).

Dentre os fatores que podem influir sobre os requisitos de água, esse comitê destacou a taxa e composição do ganho, animais prenhes, lactantes, qualquer tipo de atividade, o tipo de dieta, a ingestão de alimentos e a temperatura ambiental; nesse último, Larvor (1983) salientou com muita propriedade a interação da temperatura e umidade do ar. Os demais fatores têm sido recorrentes na literatura.

Tabela 3 – Quantidade mínima de água ingerida (L dia<sup>-1</sup>) por vacas de 550 kg de peso vivo, ingerindo 15 kg de matéria seca por dia, em um ambiente a 15 °C

Balanço mínimo de água	Tipo de alimentação	
	Pastagem na seca	Pastejo nas águas
Água requerida		
Excreção fecal	24	24
Evaporação	5,5	5,5
Excreção urinária (mínima)	13,5	34,5
Produção de leite	25	25
Total	68	89
Água obtida		
Alimento	2	60
Metabólica	6	6
Bebida	30	23

Fonte: Larvor (1983).

Tabela 4 – Valores aproximados da ingestão total de água (L kg<sup>-1</sup> de MS ingerida) em ruminantes durante o inverno (temperatura < 15°C) comparado com valores mínimos registrados em ensaios para a excreção da água urinária

Tipo de animal	Ingestão observada	Ingestão estimada
<b>Bovinos</b>		
Novilhos em crescimento	3,5	2,4
Vacas secas - fim da gestação	4,0 a 4,5	2,6
Vacas em lactação	4,2 a 4,5	3,9
<b>Ovinos</b>		
Cordeiros	2,0	1,8
Ovelhas secas vazias	1,5 a 2,0	1,8
Ovelhas no final prenhez (1 feto)	2,5 a 3,0	2,0
Ovelhas no final prenhez (2-3 fetos)	3,0 a 4,0	2,2
Ovelhas lactantes	3,5 a 4,0	3,5
<b>Caprinos</b>		
Cabras secas vazias	2,0 a 2,8	1,8
Cabras final gestação	3,5 a 3,8	2,0
Cabras lactantes	3,5 a 4,0	3,5

Fonte: Larvor (1983).

Faz-se necessário registrar que os requisitos mínimos de água pelos bovinos refletem a necessidade para manutenção e crescimento corporal, desenvolvimento fetal, reprodução, lactação e as perdas hídricas decorrentes da urina, fezes e sudorese, de modo que qualquer variável que influencie essas necessidades ou perdas alterará o requisito mínimo. Mesmo sabendo-se de vários fatores intervenientes e da grande dificuldade em determinar as exigências diárias e água para bovinos de corte, é possível destacar algumas estratégias reportadas, como a de Hicks *et al.* (1988) e Arias e Mader (2011), pela ordem:

$$\text{IAD} = - 6,0716 + (0,70866 \times \text{TM}) + (2,432 \times \text{IMS}) - (3,87 \times \text{PD}) - (4,437 \times \text{SD})$$

Hicks *et al.* (1988)

Onde:

IAD = ingestão diária de água (L/d), TM = temperatura máxima (°C), IMS = ingestão diária de MS (kg dia), PD = precipitação diária (cm), e SD = NaCl da dieta (%).

$$\text{IAD} = 5,92 + 1,03\text{IMS} + 0,04\text{RS} + 0,45\text{Tmin}$$

$$\text{IAD} = - 7,31 + 1,00\text{IMS} + 0,04\text{RS} + 0,30\text{ITU}$$

Arias e Mader (2011)

Onde:

IAD = ingestão de água diária (L/d), IMS = ingestão de MS diária (kg d), RS = radiação solar (W/m<sup>2</sup>) e Tmin = temperatura ambiental diária mínima (°C), e ITU é o índice de temperatura-umidade (ITU = 0,8 Ta + [(URA/100)(Ta - 14,4)] + 46,4. Sendo Ta = temperatura ambiente média e URA = umidade relativa do ar.

Para caprinos, o National Research Council (2006) destacou a importância da relação entre ingestão de água e de matéria seca:

$$\text{TAI} = 3,86 \times \text{MSI} - 0,99$$

Onde:

TAI = Total de Água Ingerida;

MSI = MS ingerida.

É importante destacar que o teor de água nas pastagens ou mesmo a relação de volumoso e concentrado na dieta em muito afeta a ingestão da água de bebida, mas a relação entre MSI e ingestão total de água tende a mostrar-se interdependente, conforme indicou esse comitê de determinação das exigências de pequenos ruminantes. Para o Institut National de la Recherche Agronomique (1988), cabras leiteiras em lactação necessitam de 146 g de água  $\text{kg}^{0,75}$  para manutenção e 1,43 L litro de leite produzido ao dia. De acordo com McGregor (2004), cabras leiteiras necessitam de 1,28 L de água/litro de leite produzido, sendo que, para fêmeas vazias em manutenção, a ingestão prevista é de 107 g  $\text{kg}^{0,75}$ , e 165 g  $\text{kg}^{0,75}$  para lactantes, valor 11,52% acima do preconizado pelo Institut National de la Recherche Agronomique (1988).

Pulina e Bencini (2004) descreveram as exigências diárias de água para ovinos (Tabela 5). Mesmo relatando ingestões para condições de temperaturas amenas, os autores sugerem elevações no consumo de 30, 50 e até 100% para temperaturas médias de 20, 25 e 30 °C, muito embora desconsiderem a URA como outro fator a influenciar o consumo de água por ovinos, mesmo assim, os dados podem ser usados como referência para planejamentos forrageiros e de fornecimento de água aos rebanhos, desde que as perdas também sejam consideradas. Uma vez que as necessidades mínimas de água podem ser calculadas somando-se as perdas mínimas por evaporação e perdas em excretas, os valores recomendados para requisitos são geralmente baseados em observações de ingestão voluntária, que mostram que a ingestão total de água (bebida e ração) é positiva e relacionada ao consumo de MS.

Tabela 5 – Valor aproximado do consumo de água por ovinos (kg de água/kg de ingestão de MS) em condições de inverno (temperatura ambiente média de 15 °C)

Categoria	Ingestão de água (L kg de MS ingerida) *
Crescimento ou engorda	2,0
Mantença ou início de gestação	2,0 a 2,5
Final da gestação	
1 feto	3,0 a 3,5
2 ou 3 fetos	3,5 a 4,5
Ovelha em lactação	
Primeiro mês (2L/dia)	4,0 a 4,5
Meses seguintes	3,0 a 3,5

\*As quantidades apresentaram aumentos respectivos de 30, 50 e 100% para a temperatura ambiente média de 20, 25 e 30°C.

Fonte: adaptada de Pulina e Bencini (2004).

## Deficiência de água

Inclui desidratação dos tecidos e a diminuição do volume total do corpo animal (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006). Para o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2016) restrições na ingestão de água impõem queda no consumo voluntário de MS, e consequentemente no desempenho animal, fato já destacado pelo Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007), demonstrando que as ingestões de água estavam positivamente relacionadas à ingestão de matéria seca e que as quantidades ingeridas são menores com pasto verde, úmido ou picado e fornecido no cocho do que com rações secas.

O National Research Council (2001) reportou que a disponibilidade e a qualidade da água são extremamente importantes para a saúde e produtividade de vacas leiteiras; de sorte que, limitando-se a disponibilidade de água para o rebanho, ocorre a depressão da produção de forma rápida e severa.

Por outro lado, Hadjigeorgiou *et al.* (2000) submeteram machos castrados de uma raça grega (Karagouniko) ao livre acesso à água, ou acesso por uma hora diária, ou restrição 65% relativa ao acesso livre e

não registraram diferenças quando mensuraram o consumo de MS do pasto e a digestibilidade e de seus nutrientes; como também não detectaram diferenças nas taxas de passagem de sólidos no rume (48,7; 56,9 e 54,5%/h, respectivamente), muito embora o acesso livre tenha proporcionado maior ingestão média de água (181,9 g kg<sup>0,75</sup>) do que o acesso a uma hora ou apenas 65% de oferta por todo o dia (128,8 e 117,5 g kg<sup>0,75</sup>, respectivamente); e, portanto, concluíram que talvez o impacto maior fosse em relação à economia de água em condições de campo, pois as restrições de água aplicadas durante o ensaio mimetizariam a estação seca e não tiveram efeito significativo na nutrição dessa raça local de ovinos.

Trabalhando com três raças nativas da Arábia Saudita submetidas à restrição hídrica durante o verão (T °C média de 38,5, mín. 27,8 e máx. 45,2°C e URA média de 23,3%), por três dias, Alamer (2006) demonstrou perdas de peso oscilando entre 19,6 e 22,4% em relação ao peso vivo dos animais (Tabela 6). O autor destacou que a perda de peso no primeiro dia de privação foi mais acentuada, embora, com o avanço do estresse hídrico, o declínio continuasse até o terceiro dia, momento em que todos os animais foram reidratados, ressaltando ainda que os genótipos apresentaram perdas e ganhos líquidos em massa de forma similar.

Tabela 6 – Perdas de massa corporal após três dias de privação de água e consequentes ganhos pela reidratação de caprinos Hipsi, Aardi e Zumri sob condições de altas temperaturas de verão

Raça	Perda de peso			Ingestão de água nos primeiros 15 minutos de reidratação		
	PV Inicial (kg)	PV final (kg)	Perdas (% do PV)	Ingestão de água (L)	Ingestão de água (% do PV desidratado)	Recuperação do PV (% da desidratação)
Hipsi	40,0	7,8	19,6	7,3	22,9	94,7
Aardi	34,0	7,6	22,4	6,9	26,6	91,4
Zumri	37,3	7,3	19,7	6,3	31,1	87,3

PV = peso vivo.

Fonte: adaptada de Alamer (2006).

## Ingestão de água em condições de pastejo

O anteriormente exposto já dá conta da interferência, em maior ou menor grau, de diversos fatores na ingestão voluntária da água por ruminantes mantidos em condições de pastejo. Essa complexa interferência dos fatores implica na necessidade de conhecer e realizar pesquisas que adotem mensurações capazes de desvendar a eficiência do pasto e do animal, quanto às demandas de água. É preciso conhecer as diferentes contribuições hídricas que as espécies forrageiras podem fornecer aos animais, em determinados períodos do ano. Também é necessário determinar quanta água é demandada pelo animal nas mais diferentes condições de pastejo, entendendo as interações planta, animal e fatores climáticos.

O teor de água dos alimentos é altamente variável e pode oscilar abaixo de 5% em alguns grãos ou sementes secas até cerca de 90% em pastagens em crescimento inicial e em espécies suculentas. Essa variação no teor de matéria seca cria problemas específicos para estimar o consumo de água por animais em pastejo onde há grandes flutuações sazonais no conteúdo de água do alimento consumido (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000).

Sun *et al.* (2014), mencionando alguns trabalhos, relataram que medidas de ingestão de água (umidade) relacionadas ao pastejo são extremamente demoradas e potencialmente muito imprecisas, por causa das grandes variações diurnas e cotidianas durante a atividade de pastejo (GARY *et al.*, 1970; BROWN; LYNCH, 1972; KILGOUR, 2012), conteúdo de matéria seca de forragem (JORDAN; RITCHIE, 1971), umidade do dossel e umidade da superfície (BURKHARDT *et al.*, 2009). Além disso, não há protocolo universal e comumente aceito para medições de orvalho (RICHARDS, 2004).

O ajuste de oferta de água em condições de pastejo possibilita a adequada ingestão de matéria seca pelo animal, que pode levar à máxima produtividade. Assim sendo, as metodologias para tais objetivos são imprescindíveis.

De forma geral, podem-se elencar quatro principais fatores que afetam a ingestão da água livre (bebida) em sistemas a pasto por atuarem na qualidade da mesma: a) salinidade: quanto maior o grau de sais dissolvidos, menor ingestão voluntária, expresso em mg/L ou ppm, ou em decisiemens por metro (dS/m), medindo-se condutividade elétrica da água, tendo como valores máximos  $1\text{dS/m} = 1000\mu\text{S/cm} = \text{aproximadamente } 640\text{mg/L}$  ou 640ppm. Águas salinas tendem a elevar o consumo, seja por características organolépticas, seja pelo aumento da reciclagem hídrica que visa a reestabelecer o equilíbrio salino; b) alterações no pH podem limitar e/ou inibir o consumo de água quando  $< 6,5$  e  $> 8,5$ , comprometendo desempenho e mesmo a saúde animal; c) substâncias nocivas ou tóxicas (fluoretos, ferro, manganês, resíduos de defensivos, etc) são mais frequentes em fontes de águas subterrâneas, pois, como solvente universal, tal contaminação é inextorável e daí pode afetar a produção animal; d) flora microbiana patogênica ou indesejável também pode comprometer o desempenho animal a partir de águas contaminadas (MARKWICK, 2007).

Para o National Research Council (2016), o NaCl é muito mais tóxico quando presente na água potável do gado, ressaltando-se que animais em crescimento toleraram até 1,0% de sal adicionado na água potável sem efeitos adversos, no entanto, a adição de 1,25 a 2,0% de sal resultaram em anorexia, ganho de peso reduzido ou perda de peso, consumo de água reduzido e colapso físico. Nota-se então que a recomendação diária de NaCl para bovinos de corte que oscila entre 0,36 a 0,5% da MS da ração (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996) parece indicar que o meio de ingestão desse sal, ou mesmo a intensidade e velocidade em que o mesmo é diluído no rume, tem toda diferença quanto à ingestão voluntária do NaCl e em consequência da água de bebida.

### **Pequenos ruminantes**

Para cabras, deve-se garantir que água e sombra sejam adequadamente fornecidas para todo o rebanho, salientando que animais em pastagens de verão ou submetidos a pastagens mais grosseiras, como aquelas da estação seca, especialmente as cabras jovens e leves, merecem atenção

especial, pois a ingestão inadequada de água pode comprometer a ingestão de forragens afetando negativamente o desempenho. Portanto, ao se planejar um suprimento de água, deve-se permitir um consumo médio diário de 4L/cab/dia; sendo que, em dias muito quentes, os sistemas de abastecimento devem poder fornecer até 9L/cab/dia (MCGREGOR, 2004).

Na Austrália, o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) realizou grande número de trabalhos com ovinos e bovinos, visando a melhorar as estimativas de ingestão de água e sua reciclagem no organismo de animais sob pastejo mantidos em diversas condições ambientais e com dietas de baixa qualidade. Usaram água tritiada e o fatorial do fornecimento de água já discutido aqui na presente revisão, mencionaram a potência  $\text{kg}^{0,82}$  (limite de 0,82 a 0,88 para o expoente) em vez do consagrado  $\text{kg}^{0,75}$ , usada por vários autores que estudaram o balanço hídrico em ruminantes, pois melhor refletiu as distintas proporções de gordura no corpo dessas espécies; por isso esse comitê referiu a ingestão e a reciclagem da água sempre em termos de L kg de PV.

Com isso, apresentou duas equações para ovinos na tentativa de se estimar o consumo de água. Uma desenvolvida por McMeniman e Pepper (1982 apud COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION, 2007):  $IAD (L/d) = 0,429 + 0,073(\pm 0,011)t - 0,013(\pm 0,004)R$ ; onde:  $IAD$  = ingestão diária de água;  $t$  = temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ); e  $R$  = radiação solar (mm/dia); e a de Luke (1987):  $IAD (L/d) = 0,1911 t - 2,882$ ; onde:  $IAD$  = ingestão diária de água;  $t$  = temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ). Assim, para 20, 30 e  $40^{\circ}\text{C}$ , Luke (1987) obteve respectivamente as seguintes ingestões previstas: 1,0, 1,8 e 2,5 L/d, respectivamente. Derivando a equação, essas quantidades diminuem em 13 mL/d para cada precipitação de 1 mm. Wilson (1974) apontou que a ingestão de água para ovinos mantidos em pastagens de climas semiáridos foi reduzida em até 0,5L/dia quando eles tiveram acesso à sombra fornecida por um abrigo artificial, mas sugeriu avaliação econômica para adoção de abrigos.

Numa compilação de dados, o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) apresentou dados de ingestão

voluntária de água por ovinos Merinos e Border Leicester mantidos em distintas condições ambientais da Austrália (tabela 7).

Tabela 7 – Reciclagem de água em ovelhas Merino (M) ou Border Leicester (BL) com acesso a água não salina em vários ambientes australianos. Medições feitas por referência ao desaparecimento da água tritiada injetada. Faixa em peso vivo de aproximadamente 30 a 50 kg

Animais	Local e vegetação	Época (mês)	T °Cmáx (média)	Reciclagem (L/d)
(M) ovelha seca	Cunnamulla, Qld			
	Gramma Mitchell (MS=81%)	Nov	37	4,3
	Gramma Mitchell (MS=16%)	Jan	33	5,3
(M) ovelha lactação	Deniliquin, NSW			
	<i>Atriplex nummularia</i>	Mar	29	9,4
	<i>A.vesicaria/pasto/corte</i>	Mar	29	5,8
	Gramma <i>Danthonia</i> e outras	Mar	29	5,6
(BL) lactante	<i>Atriplex nummularia</i>	Mar	29	13,7
	<i>A.vesicaria/pasto/corte</i>	Mar	29	6,9
(M)	Armidale, NSW			
(M) vazia	Azevém/trevo	Mar	11	4,4
(M) vazia	Azevém/trevo	Out	20	5,2 a 6,1
(M) vazia	Azevém/trevo	Dez	25	5,0
(M) gestante	Azevém/trevo	Out	20	5,6
(M) lactante	Azevém/trevo	Out	20	9,7
(M) lactante	Azevém/trevo	Nov	25	6,5
(M) lactante	Azevém/trevo	Dez	22	4,6

Fonte: adaptada de Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007).

McGregor (1986) observou que, durante o verão (temperatura média máxima 25°C), cabras de Angora beberam 50% mais água por quilo de peso vivo do que ovelhas Merino, destacando que as primeiras possuem menor isolamento externo, o que, de certa forma, reforça o

anteriormente dito, visto que os anexos de pele podem apresentar efeito similar ao sombreamento no que se refere à incidência da radiação solar, promovendo melhor conforto térmico quando possuir características de isolamento térmico acentuado.

Olson, Cvek e Sandberg (1997) concluíram que a oferta de água morna (35°C), em vez de água fresca (15°C), para cabras lactantes, mantidas a temperaturas médias de 18 ou 38°C, ambos ambientes com restrição de alimentos, aumentou o consumo de água e que, em combinação com o estresse térmico, neutralizou-se a redução da secreção de leite. Nesse caso, é de supor que houve efeito compensatório, pois a ingestão de água morna foi elevada num esforço biológico de termorregulação, fato que não deve expressar condições de animais em pastejo sob condições de elevadas temperaturas e baixa oferta de forrageiras em condições de semiárido.

## **Grandes ruminantes**

Na Austrália, Wright e Ashton (1978) mediram o consumo de água criando vacas Red Poll ao longo de três anos sob temperaturas entre 16 e 30°C, pastejando *Lolium multiflorum*, azevém, cevada e restos de cereais, obtendo consumo médio de água de 35 L vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no período (equivalente a 90 m L kg<sup>-1</sup> de PV), mas, dois meses após o parto, a ingestão elevou-se para 50 a 53 L vaca dia, devido ao aleitamento dos bezerros. Restou clara a influência exercida pela época do ano e pela forrageira ingerida, como também o estágio fisiológico das fêmeas em função da gestação, lactação ou estarem vazias. O Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) apontou compilação de dados sobre consumo de água por bovinos Santa Gertrudis, Shorthorn e diversos mestiços Brahman (Tabela 8) submetidos a distintas pastagens estabelecidas por todo o território australiano, com temperaturas do ar oscilando entre 23 e 36 °C, e URA na faixa de 55 a 88%, sendo possível verificar consumos diários entre 1,8 e 68,7 L dia<sup>-1</sup>, equivalendo à ingestão relativa de 89 a 214 L kg<sup>-1</sup> de PV. Obviamente, as altas temperaturas e URA imputaram maiores consumos hídricos, assim como animais europeus tenderam a beber mais água do que genótipos zebuínos. Também têm sido relatadas elevações no consumo de água em vacas leiteiras

e de corte no final da gestação e lactação, muito embora o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007) destacasse que eventos reprodutivos são, frequentemente, confundidos com aqueles ligados às estações do ano, tendo em vista que as estações de monta, em sua maioria, guardam estreita relação com oferta de forragem.

Após fornecer oito tipos de fontes/formas de água a bovinos, visando a melhorar a qualidade microbiológica ou físico-química das águas, em quatro momentos distintos do ano, Lardner *et al.* (2013) concluíram que os animais preferiram ou tenderam a preferir águas subterâneas não tratadas ou água do poço, com níveis de sulfatos de 2000mg L<sup>-1</sup> e níveis de TDS 3000mg L<sup>-1</sup>.

Tabela 8 – Ingestão de água por bovinos Shorthorn (S), Santa Gertrudis (SG) e mestiços Brahman (BX) em diversos locais da Austrália

Local	Alimentação e raça	Temp °C (máx)	URA (%) *	Peso Vivo (kg)	Ingestão diária	
					L	m L kg PV
Alice Springs, NT	PASTAGEM	23	-	278	1,8	114
	(S) inverno, seca	38	-	314	54,9	175
	(S) verão, seca	34	-	440	5,0	193
	(S) verão, oferta farta					
Darwin, NT	SORGO/PASTO	36	55	293	5,9	89
	(S) seca – setembro	34	71	143	3,5	166
	(S) seca – dezembro	34	71	294	46,1	157
	(SG) seca- dezembro	29	84	523	65,2	125
	(SG) chuvas	29	84	322	4,2	168
	(S) chuvas	29	84	532	5,6	123
Katherine, NT	(BX) chuvas	31	88	356	6,2	214
	(S) pasto nativo, chuvas	31	88	400	98,7	172
	(S) <i>Cenchrus/ Stylosanthes</i> , chuvas					

\* Umidade relativa do ar registrada às 15h.

Fonte: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (2007).

Quanto ao tipo de bebedouro preferido pelos bovinos, estudos de Teixeira *et al.* (2006) destacaram que vacas leiteiras, lactantes ou secas, mantidas a pasto, preferem bebedouros com maiores áreas de superfície para dessedentarem água.

## **METODOLOGIAS PARA MENSURAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA ANIMAIS EM PASTEJO**

Para maior exatidão na determinação do consumo voluntário de água em pastagens para ruminantes, é necessária uma observação mais universal desse único fenômeno biológico, pois tal ato é interdependente e possui correlações estreitas com a ingestão de alimentos (quantidade, tipo, forma e qualidade), estádios fisiológicos dos animais e seus desempenhos produtivos e reprodutivos, condições ambientais, com destaque à temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar (presença e intensidade de sombra) e velocidade dos ventos, e mesmo a produção de água metabólica, com menor atuação na saciedade hídrica, pelos ruminantes.

A intenção aqui é levantar as metodologias empregadas para tal quantificação, mas também apontar possibilidades de implementação de técnicas complementares e/ou suplementares visando à maior correlação, aderência e acuidade das respostas obtidas da ingestão de água pelos animais nas pastagens.

### **Determinação dos teores da água nos alimentos ingeridos**

Para animais mantidos exclusivamente com ingestão de forragens e sal mineral, o emprego de indicadores ou marcadores internos ou externos tem sido indicado para se estimar a produção fecal, a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e, por fim, a estimativa de consumo de MS como proposto por Silva e Leão (1979):

$$\text{MS fecal excretada} = \frac{100 \times \text{quantidade indicador fornecido}}{\% \text{ do indicador na MS fecal}}$$

$$\text{MS consumida} = 100 \times \frac{\text{produção de MS fecal em pastejo (kg)}}{100 - \text{coef. Digest. MS do pasto}^*}$$

\* *DIVMS*

Ou,

$$\text{MS consumida} = \frac{100 \times \text{qtd. indicador interno excretado nas fezes}}{\% \text{ indicador interno na forragem}}$$

$$\text{Produção fecal (g/dia)} = \frac{\text{Gramas de indicador ingerido}}{\text{Concentração do indicador nas fezes}}$$

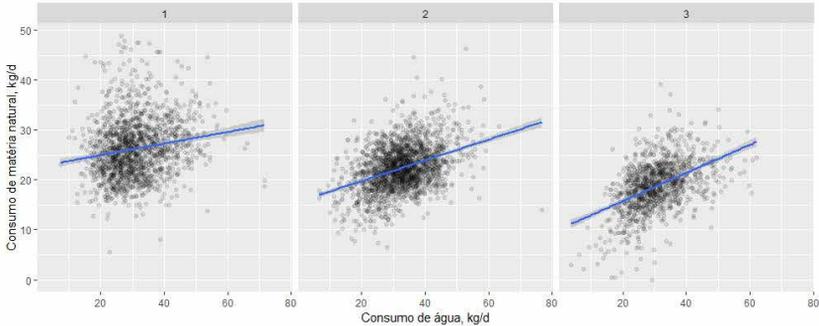
Para quaisquer dos exemplos de cálculos acima, trabalhar-se-ia com a quantidade de matéria verde ingerida – matéria seca obtida em estufas – método 967.03 (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998), para estimativas da ingestão de água via pastagens, fazendo-se o mesmo procedimento para eventuais empregos de misturas múltiplas, sais proteinados ou suplementos de qualquer natureza.

Seguindo-se o método de Carew *et al.* (1980), é possível fazer a determinação do material ingerido em vegetação nativa tipo caatinga, cerrado ou savana e mesmo nos pampas, a partir de conjugação dessa identificação, e anterior quantificação do material botânico ingerido (fístulas, emprego de sensores, microfones específicos devidamente calibrados, entre outras opções tecnológicas). Também seria possível estimar o consumo do material verde (fresco) e, após processamentos laboratoriais de determinação do teor de MS, obter a quantidade de água ingerida.

Cavalcanti (2018) tem desenvolvido metodologia para determinar o consumo de matéria verde do pasto baseando-se no monitoramento da ingestão de água em bebedouros providos de balança eletrônica e bovinos dotados com *chips* eletrônicos. Já se obteve equação para essas variáveis,  $\text{CMN} = 16,67 + 0,1872 * \text{IAD}$ , onde CMN é o consumo de matéria natural (kg), e IAD a ingestão diária de água (kg). Portanto, tendo-se o teor de MS médio da pastagem avaliada, será possível estimar a percentagem de umidade na mesma, como também determinar a

ingestão de água potável. O Gráfico 1 mostra o tipo de resposta esperada com a técnica.

Gráfico 1 – Relação entre ingestão de matéria natural e água por bovinos criados em pastagens de *Brachiaria brizantha*



Fonte: Cavalcanti (2018).

## Determinação da ingestão de água de bebida

Sun *et al.* (2014) investigaram a relação da ingestão de água diária (IAD, L/dia) de novilhos em condições de pastejo (19 novilhos com peso inicial médio de aproximadamente 400 kg), com o solo e os fatores climáticos que são conhecidos por afetar o estado da água da planta (teor de matéria seca), a formação de umidade na superfície e persistência. O estudo foi realizado em uma área permanente de pastagem na estação de Grünschaige Grassland Research, na Alemanha. O pasto era composto predominantemente por gramíneas, das quais *Lolium perenne*, *Poa pratensis* e *Agrostis stoloniferam* com participações percentuais de biomassa de cerca de 40%, 28% e 9%, respectivamente. Visando a evitar problemas técnicos, foi feita uma abordagem indireta para avaliar as relações entre a ingestão de água diária e as condições meteorológicas, abordagem do solo, conhecido por afetar o conteúdo de matéria seca da folha e da formação e persistência da umidade da superfície foliar, do orvalho, do gotejamento e da chuva interceptada.

Durante todo o período de pastejo (abril a outubro) em 2010 e 2011, 10 e 9 novilhos (Limousin com 16 meses, DP de 4 meses; PV inicial de 411 kg  $\pm$  91 kg) foram mantidos na mesma área o dia todo. Cada animal teve acesso *ad libitum* a um bebedouro (SUEVIA HAIGES GmbH, Kirchheim am Neckar, Alemanha) e a um bloco de sal para atender às suas necessidades. Nas áreas, não existiam corpos de água (semi) naturais, como lagoas ou poços. A ingestão de água diária foi medida para cada animal e cada bebida. O bebedouro foi colocado em uma gaiola que permitia apenas 1 animal por vez para beber e o animal foi identificado por etiqueta eletrônica (Texas Trading GmbH, Windach, Alemanha). A quantidade bebida foi medida simultaneamente por dois sistemas independentes. Um sistema era um medidor de vazão (B.I.O-TECH e.K., Vilshofen, Alemanha; resolução de 0,1 kg) que mediu a quantidade de água que fluía para o bebedouro, enquanto os animais bebiam água. O outro sistema era uma plataforma de pesagem (Texas Trading GmbH) em que os animais permaneciam durante a bebida. Media-se o peso do animal antes e depois de cada evento de consumo, e a diferença fornecia a outra medida para a IAD. A ingestão individual diária de água foi calculada com a soma da IAD para cada evento de consumo individual, enquanto a IAD média foi obtida dividindo-se o fluxo diário total de água enviada para o recipiente (bebedouro) multiplicado pelo número de animais no rebanho.

Registros diários das condições meteorológicas e da IAD foram obtidos durante 2 períodos de pastejo com padrões contrastantes de chuvas de primavera, verão e outono. A água disponível da planta no solo (ADP, mm) foi modelada da evapotranspiração real e potencial e da capacidade de retenção de água do solo.

A média da IAD sobre o rebanho variou de 0 a 29 L dia<sup>-1</sup> (pastejo) com média da estação 9,8 L dia<sup>-1</sup>). A IAD em ambos os períodos, seco (< 0,2 mm precipitação nos dias correspondentes e anteriores) e chuvoso (> 2 mm/dia) aumentou com a elevação da temperatura (média, máxima e mínima), horas de sol e radiação global e diminuição da umidade relativa, com declives e coeficientes de determinação geralmente maiores para dias úmidos. O vento reduziu a IAD em dias

úmidos, mas não teve efeito nos dias secos. A IAD foi reduzida em até 4,4 L dia<sup>-1</sup> em dias úmidos em comparação com dias secos, mas a IAD não se correlacionou com a quantidade de chuva. Com o aumento da ADP, a IAD diminuiu em até 10 L dia<sup>-1</sup> em dias seco e molhado. Esses resultados são todos consistentes com os efeitos do estado da água (teor de matéria seca) sobre o pasto (vegetação) e umidade da superfície do dossel, os efeitos sobre a ingestão de água relacionada ao pastoreio, e o balanceamento de mudanças de IAD (SUN *et al.*, 2014).

Usando o observado, relações com fatores ambientais, Sun *et al.* (2014) derivaram um novo modelo para prever a IAD para qualquer condição de umidade do solo, tanto para dias úmidos  $D_{wet} = 0.0013 \times T_{mean}^3 + 4.4 + (-0.22 \times h + 22.1 - 0.0013 \times T_{mean}^3 - 4.4) \times (Prel)^4$ , quanto secos ( $D_{seco} = 0.0011 \times T_{mean}^3 + 8.8 + (-0.22 \times h + 22.1 - 0.0011 \times T_{mean}^3 - 8.8) \times (Prel)^4$ ), o que incluiu temperatura ambiente e umidade relativa, o que explicou virtualmente toda variação da IAD que não foi causada pela dispersão aleatória entre animais individuais.

Lardner *et al.* (2013) preconizaram determinar o consumo de água medindo-se a profundidade da água em cada bebedouro individual utilizado em seu ensaio e calculando-se o volume de água pela profundidade de esvaziamento; para isso, calibraram uma régua medidora, obtendo-se a altura da lâmina de água consumida, calculavam o volume usando uma curva de volume pré-determinada, também registravam eventuais precipitações pluviométricas para correções futuras. Nesses casos, a contribuição da precipitação era adicionada à mudança de volume calculada para determinar o consumo de água; da mesma forma que mantinham um bebedouro sem acesso dos animais para estimarem as perdas líquidas por evaporação. Após a determinação diária do consumo, todos os bebedouros eram recarregados. Observações individuais da atividade de beber foram feitas em cada piquete utilizando-se câmeras filmadoras com sensores infravermelhos pelas 24h durante todo o período de coleta de dado. Os novilhos foram marcados individualmente usando dois sistemas diferentes: 1) marcas auriculares com números de identificação individuais e 2) números de identificação marcados na face e nas laterais dos animais, usando lápis de cor à prova

d'água. Isso feito, os autores identificaram o comportamento típico de beber dos animais “traçadores” devidamente identificados; desse modo, foi possível determinar o número de visitas e o tempo gasto bebendo em cada bebedouro (segundos dia<sup>-1</sup>).

Para medir o consumo, Coimbra (2007) utilizou-se de hidrômetros com precisão de 0,01L. As perdas evaporativas foram determinadas como no trabalho anterior.

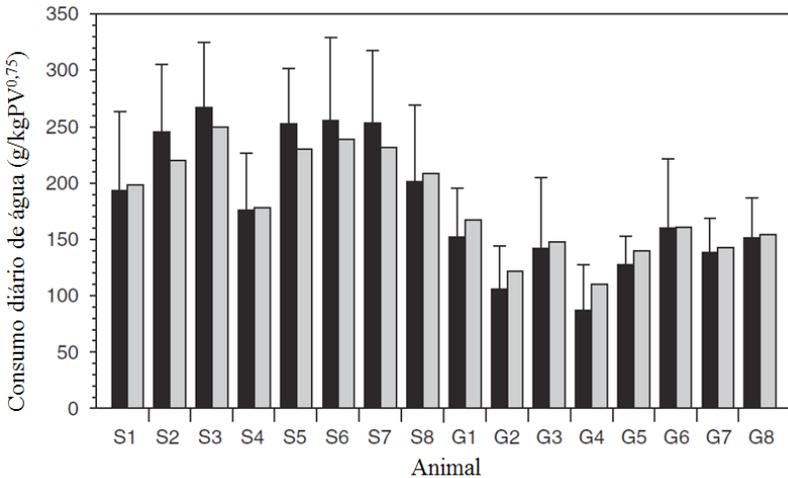
Variações dessas metodologias têm sido empregadas pela equipe Intergado, porém de forma mais autômata. Os bovinos mantidos em centros de pesquisas, universidades ou em sistemas de produção, todos a pasto, recebem identificação por *chips* eletrônicos devidamente individualizados na escrituração zootécnica em computadores ligados às “nuvens” cibernéticas comerciais. Os bebedouros espalhados pelos distintos piquetes recebem um portão eletrônico capaz de realizar a detecção e “leitura” do *chip*, identificando o animal que se dessedenta; mas não apenas isso, à beira dos bebedouros e debaixo do portal eletrônico de detecção, são dispostas balanças (uma por piquete é suficiente, já que o acesso à água só é possível por esse lado) que registram, em tempo real, a presença de cada indivíduo no bebedouro, seu peso ao chegar e a oscilação do peso pós-ingestão de água, já que os equipamentos são calibrados para executarem ciclos muito curtos de alterações de pressão nas balanças. Assim, em curto intervalo, é possível obter de duas até cinco leituras de peso emitidas pelas balanças. Tal método ainda necessita de maiores ajustes, mas tem sido empregado por Universidades e Empresa de Pesquisas no Brasil (CAVALCANTI, 2018).

Tal procedimento pode ser mais amplamente empregado em pesquisas no futuro se acoplados a outros tipos de sensores como acelerômetros, microfones para sons de ingestão de água e MS, podômetros e outros, além de filmagens para calibração da exata quantidade de água ingerida a cada visita ao bebedouro em distintas condições de clima e/ou pastagens. O emprego do acelerômetro já tem sido validado na Austrália (ALVARENGA *et al.*, 2016).

Al-Ramamneh *et al.* (2010) testaram se a técnica de diluição de óxido de deutério prediz com precisão o consumo de água em ovinos

e caprinos (Gráfico 2). Os métodos de medição do consumo total de água (CTA) usando diluição de óxido de deutério ( $D_2O$ ) e pesagem da água em bebedouros não diferiram significativamente em ambas as espécies ( $P = 0,926$ ). Os autores afirmam que os resultados obtidos com a técnica de diluição isotópica são confiáveis para estimativas da ingestão de água em ovelhas e cabras. Essa técnica tem a vantagem de que o fluxo de água pode ser avaliado individualmente enquanto os animais são mantidos em rebanhos sob extensas condições de liberdade, como a em pastejo. Assim, o comportamento de beber será normal, sem o animal sofrer qualquer tipo de perturbação em seu hábito de ingestão de alimentos.

Gráfico 2 – Comparação entre medidas de ingestão diária de água (colunas pretas, determinadas com pesagens da água em bebedouros) e da ingestão diária de água (colunas cinzas, estimada por diluição de  $D_2O$ ) em ovelhas (S) e cabras (G) individuais. Valores para ingestões são médias de seis medições diárias durante 2 semanas, e os valores para as ingestões estimadas são calculados individualmente ao longo de um período de 2 semanas



Fonte: Al-Ramamneh *et al.* (2010).

## Determinação da água endógena produzida

Apesar da menor contribuição dessa fonte hídrica para o metabolismo dos ruminantes a pasto, como demonstrado nessa revisão, é possível realizar detecções bastante seguras utilizando-se de metodologias que empregam isótopos de hidrogênio (deutério, óxido de deutério e trítio) administrados intravenosamente ou via água de bebidas em bebedouros previamente tarados e abastecidos com águas contendo tais indicadores hídricos. Uma vez injetados, coletam-se os tecidos animais ou plasma sanguíneo e estima-se a concentração de gordura no corpo animal:  $\% \text{ gordura} = 100 - (\% \text{ de água}/0,7332)$ , como há uma relação músculo:osso:gordura que se mantém muito constante nas distintas fases de vida dos ruminantes, estima-se com acuidade a quantidade de água no organismo; se realizadas amostragens em vários momentos no dia, é possível verificar a taxa de diluição do isótopo no plasma, a qual, contrastada com as perdas urinárias e via suor, indicariam com grande precisão a retenção de água no organismo animal (SEARLE; HILMI, 1977).

Riis (1983) afirmou que a taxa de fluxo pode ser estimada diretamente em experimentos em que se procede à infusão de isótopos de forma contínua, desde que uma quantidade contínua e conhecida seja fornecida aos animais. Após o início da infusão, a concentração desses isótopos declina nesse *pool* sanguíneo, por exemplo, até que a taxa do isótopo recuperado seja igual à quantidade inicialmente infundida; daí a fórmula:  $C \times f = i$ , onde  $C$  = concentração do isótopo inicial,  $f$  = taxa de fluxo e  $i$  = taxa de infusão.

Quanto à estequiometria da água em relação à oxidação biológica de substratos nutritivos, Pond *et al.* (2005) relataram que 1 g de água é formado quando 1,4 g de proteína, 1,7 g de carboidrato ou 0,9 g de gordura são oxidados, fato que auxilia nos cálculos de retenção de água, uma vez conhecidas as participações desses nutrientes nas carcaças.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A etologia ingestiva de água por ruminantes mantidos em condições de pastejo é evento multivariado, dependendo mais intensamente da quantidade e qualidade da pastagem ingerida; do estágio fisiológico dos animais e de condições ambientais como temperatura e umidade do ar, radiação solar e velocidade dos ventos.

Aspectos reprodutivos devem ser estudados isoladamente, pois, via de regra, têm efeitos justapostos com as condições ambientais, notadamente quando animais são poliestrais estacionais devido ao fotoperíodo, ou quando as condições qualitativas das pastagens decorrem das estações do ano.

A conjugação de metodologias atuais, em especial, aquelas ligadas ao sensoriamento remoto das atividades biológicas dos ruminantes apresentam-se com grande potencial de uso na determinação de complexos modelos matemáticos capazes de explicarem e predizerem, de forma mais precisa, as necessidades de água pelos ruminantes em pastejo.

## REFERÊNCIAS

ALAMER, M. Physiological responses of Saudi Arabia indigenous goats to water deprivation. *Small Ruminant Research*, v. 63, n. 1, p. 100-109, 2006.

AL-RAMAMNEH, D.; RIEK, A.; GERKEN, M. Deuterium oxide dilution accurately predicts water intake in sheep and goats. *Animal*, v. 4, p. 1606-1612, 2010.

ALVARENGA, F. P.; BORGES, I.; PALKOVIČ, L.; RODINA, J.; ODDY, V. H.; DOBOS, R. C. Using a three-axis accelerometer to identify and classify sheep behaviour at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 183, p. 104-112, 2016.

ARIAS, R. A.; MADER, T. L. Environmental factors affecting daily water on cattle finished in feedlots. *Journal of Animal Science*, v. 89, p. 245-251, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the AOAC. 16. ed. Arlington: AOAC, 1998.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. *Animal*, v. 6, n. 5, p. 748-762, 2012.

BROWN, G. D.; LYNCH, J. Some aspects of the water balance of sheep at pasture when deprived of drinking water. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 23, n. 4, p. 669-684, 1972.

BURKHARDT, J.; FLECHARD, C. R.; GRESENS, F.; MATSSON, M.; JONGEJAN, P. A. C.; ERISMAN, J. W.; WEIDINGER, T.; MESZAROS, R.; NEMITZ, E.; SUTTON, M. A. Modelling the dynamic chemical interactions of atmospheric ammonia with leaf surface wetness in a managed grassland canopy. *Biogeosciences*, v. 6, n. 6, p.67-84, 2009.

CAREW, B. A. R.; MOSI, A. K.; MBA, A. U.; EGBUNIKE, G. N. The potential of browse plants in the nutrition of small ruminants in the humid forest and derived savanna zones of Nigeria. In: HOUEROU, H. N. (ed.). *Browse in Africa*. Ethiopia: International Livestock Center for Africa, 1980.

CAVALCANTI, L. F. L. *Potencial do emprego da pesagem monitorada eletrônica e diariamente para estimativa do consumo de água e matéria seca por bovinos em pastagens*. Disponível em: <http://www.intergado.com.br>. Acesso em: 13 out. 2018.

COIMBRA, P. A. D. *Aspectos extrínsecos do comportamento de bebida de bovinos em pastoreio*. 2007. 104 f. Dissertação (Mestre em Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. CSIRO. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood-Melbourne: CSIRO Publishing, 2007. 270 p.

GARY, L. A.; SHERRITT, G. W.; HALE, E. B. Behavior of charolais cattle on pasture. *Journal of Animal Science*, v. 30, n. 2, p. 303-306, 1970.

HADJIGEORGIOU, I.; DARDAMANI, K.; GOULAS, C.; ZERVAS, G. The effect of water availability on feed intake and digestion in sheep. *Small Ruminant Research*, v. 37, p. 147-150, 2000.

HICKS, R. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R.; MARTIN, J. J.; STRASIA, C. A. Water intake by feedlot steers. In: ANIMAL SCIENCE RESEARCH REPORT, Agricultural Experiment Station, Oklahoma, 1988. p. 208-212.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. *Alimentación de los rumiantes*. Ed. Jarrige, R. Madrid: Mundial Prensa, 1988. 677 p.

JORDAN, W. R.; RITCHIE, J.T. Influence of soil water stress on evaporation, root absorption, and internal water status of cotton. *Plant Physiology*, v. 48, p. 783-788, 1971.

LARDNER, H. A.; BRAUL, L.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.; SCHWEAN, K. Consumption and drinking behavior of beef cattle offered a choice of several water types. *Livestock science*, v. 157, p. 577-585, 2013.

LARVOR, P. The pools of cellular nutrient: Minerals. In: RIIS, P. M. *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. NY: Elsevier, 1983. p. 281-295. (Word Animal Science, A3).

LUKE, G. J. *Resource management technical note60*. Department of Agriculture Western Australia, 1987. p. 1-26.

KILGOUR, R. In pursuit of “normal”: a review of the behavior of cattle at pasture. *Applied Animal Behavior Science*, v. 138, p. 1-11, 2012.

MACFARLANE, W. V.; MORRIS, R. J. H.; HOWARD, B.; MCDONALD, J. Water and electrolyte changes in tropical Merino sheep exposed to dehydration during summer. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 12, n. 5, p. 889-912, 1961.

MCGREGOR, B. A. Water quality and provision for goats. *Rural industries research and development corporation*. Australian Government, Victoria, 2004. 25 p.

MCGREGOR, B. A. Water intake of grazing Angora wether goats and Merino wether sheep. *Australian Journal of Experimental Agricultural*, v. 26, n. 6, p. 639-642, 1986.

MARKWICK, G. Water requirements for sheep and cattle. *Primefacts*, Department of Primary Industries of New South Wales, n. 326, p. 1-4, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7<sup>th</sup> ed. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7<sup>th</sup> ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. National Academy Science, Engineering, and Medicine, 8<sup>th</sup> edition. Washington, 2016. 475 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of small ruminants*. Washington: National Academic Press, 2006. 362 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requeriment in dairy cattle*. 7<sup>th</sup> revised editon. Washington: National Academy of Science, 2001.

OLSON, K.; CVEK, K.; SANDBERG, E. H. Preference for drinking warm water during heat stress affects milk production in food-deprived goats. *Small Ruminant Research*, v. 25, n. 1, p. 69-75, 1997.

PEDEN, D. *et al.* Water and livestock for human development. In: MOLDEN, D. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. Oxford (UK): Oxford University Press, 2007.

PULINA, G.; BENCINI, R. *Dairy sheep nutrition*. Cambridge: CABI Publishing, 2004. 222 p.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R.; SCHOKNECHT, P. A. *Basic animal nutrition and feeding*. Danvers: Wiley, 2005. 580 p.

RICHARDS, K. Observation and simulation of dew in rural and urban environments. *Progress in Physical Geography*, v. 28, n. 1, p. 76-94, 2004.

RIIS, P. M. *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. NY: Elsevier, 1983. 500 p. (Word Animal Science, A3).

SEARLE, T. W.; HILMI, M. *In vivo* prediction with tritiated water of chemical and dissectible components of the dresser carcass of sheep growing at different rates. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 28, n. 3, p. 963-970, 1977.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livrocetes, 1979. 380 p.

SUN, L. Z.; AUERSWALD, K.; WENZEL, R.; SCHNYDER, H. Drinking water intake of grazing steers: the role of environmental factors controlling canopy wetness. *American Society of Animal Science*, v. 92, p. 282-291, 2014.

TEIXEIRA, D. L.; HOTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Designing better water troughs: 2. surface area and height, but not depth, influence dairy cows preference. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 96, v. 1-2, p. 169-175, 2006.

WILSON, A. D. Water consumption and water turnover of sheep grazing semi-arid pasture communities in New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research*. v. 25, n. 2, p. 339-347, 1974.

WRIGHT, S. J.; ASHTON, B. L. The water consumption of sheep and beef cattle on Northern eyre Peninsula. *Agricultural Record*, v. 5, n. 1, p. 9-12, 1978.