



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PATRÍCIA RODRIGUES DE LIMA

**RESPOSTAS NUTRICIONAIS E BIOECONÔMICAS DE OVELHAS MESTIÇAS
SANTA INÊS EM CONFINAMENTO SUBMETIDAS A REDUÇÃO DA OFERTA
HÍDRICA**

AREIA

2022

PATRÍCIA RODRIGUES DE LIMA

**RESPOSTAS NUTRICIONAIS E BIOECONÔMICAS DE OVELHAS MISTIÇAS
SANTA INÊS EM CONFINAMENTO SUBMETIDAS A REDUÇÃO DA OFERTA
HÍDRICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de concentração: nutrição de ruminantes

Orientador: Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo

Coorientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Menezes

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732r Lima, Patrícia Rodrigues de.

Respostas nutricionais e bioeconômicas de ovelhas mestiças Santa Inês em confinamento submetidas a redução da oferta hídrica / Patrícia Rodrigues de Lima.
- Areia:s.n, 2022.

81 f. : il.

Orientação: Gherman Garcia Leal de Araújo.

Coorientação: Edson Mauro Santos, Daniel Ribeiro Menezes.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Balanço hídrico. 3. Consumo. 4. Comportamento ingestivo. 5. Economia. 6. Escassez hídrica. 7. Produtividade. I. Araújo, Gherman Garcia Leal de. II. Santos, Edson Mauro. III. Menezes, Daniel Ribeiro. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)

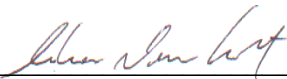
PATRÍCIA RODRIGUES DE LIMA

RESPOSTAS NUTRICIONAIS E BIOECONÔMICAS DE OVELHAS MESTIÇAS SANTA
INÊS EM CONFINAMENTO SUBMETIDAS A REDUÇÃO DA OFERTA HÍDRICA

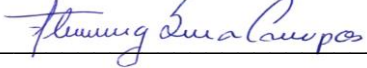
Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à para obtenção do título de Doutora em Zootecnia, com área de concentração em nutrição animal de ruminantes.

APROVADO EM: 26/09/2022.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Edson Mauro Santos (Coorientador)

Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Fleming Sena Campos

Embrapa Semiárido


Profa. Dra. Salete Alves de Moraes

Embrapa Semiárido


Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB


Prof. Dr. Neila Lidiany Ribeiro
Instituto Nacional do Semiárido – INSA

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

PATRÍCIA RODRIGUES DE LIMA - filha de Maria das Dores Inocêncio de Jesus e Francisco Rodrigues de Lima, nasceu no dia 14 de novembro de 1991, na cidade de Sousa - PB. Em 2010 ingressou no curso de Zootecnia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, concluindo-o no ano de 2015. Foi bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPq durante o período de 2012 a 2013, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Elenice Andrade Moraes e bolsista PIBIT/CNPq de 2013 a 2014, sob orientação do Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz. Em agosto de 2015 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido, da Universidade Federal do Vale do São Francisco, com dissertação intitulada “Dietas contendo óleo vegetal e tanino na alimentação de ovinos”. Em 2018, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba em Areia-PB, sob orientação do Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo, com tese intitulada “Respostas nutricionais e bioeconômicas de ovelhas mestiças Santa Inês em confinamento submetidas a redução da oferta hídrica”.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por estar presente em minha vida e na vida de minha família, pela misericórdia e pelas bênçãos que me concedeu. No livro de Josué, 1:9 está escrito: “Não te mandei eu? Esforça-te e tem bom ânimo, não temas, nem te espantes, pois o Senhor teu Deus é contigo por onde quer que andares”. Quando eu estava sem forças o Senhor providenciou, e em todas as situações adversas enfrentadas até aqui, o Senhor foi meu socorro presente na hora da angústia, um amor maior que esse, com certeza não existe.

À minha mãe Maria das Dores, por estar sempre ao meu lado me apoiando, por ter compreendido os meus momentos de ausência, e por muitas vezes ter deixado suas prioridades de lado para que eu pudesse estar aqui nesse momento. Obrigada por me ensinar o que é caráter e confiar em meu próprio julgamento, agradeço ainda por todos os conselhos, por ter me dado a vida e me ensinado a diferenciar o correto do errado, te amo, minha rainha!

Ao meu pai Francisco Rodrigues de Lima (*in memoriam*), que por mais efêmero que foi nosso tempo juntos, me ensinou valores, que ninguém além de mim mesma pode me definir e que posso ser o que eu quiser, desde que eu tenha motivação e disciplina. Obrigada por ter sido um pai maravilhoso durante minha infância e por ter me ensinado junto com minha mãe o valor da educação.

A toda minha família, em especial a minha irmã Cícera Maria Rodrigues, meu sobrinho Samuel Rodrigues e minhas primas Alexya Jaqueline e Fabiana Ferreira. Vocês fazem meus dias mais felizes e como parte da minha família são minha motivação diária a não desistir dos sonhos que ainda quero realizar. Obrigada por estarem ao meu lado!

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Pernambuco - FACEPE - (PRONEM /FACEPE / CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto. À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

À Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização do doutorado, e ao programa de pós-graduação em zootecnia, representada na figura do secretário Jaldir de Oliveira por todo suporte e apoio quando necessitei.

Quero agradecer de forma muito especial ao meu orientador, o professor Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo, que mais do que um orientador, se tornou um mentor a quem tenho grande respeito e admiração. Obrigada pela orientação durante o doutorado, pela confiança que depositou em mim. Estou orgulhosa do desenvolvimento de nossa trajetória quanto a orientador e orientada.

Ao meu coorientador, professor Dr. Daniel Ribeiro Menezes, por ser o pai de uma comunidade de orientados. Seu comportamento, humanidade e empatia fazem a diferença não apenas para seus alunos, mas para a comunidade como um todo. Obrigada pelo aceite em ser meu coorientador e ter se tornado meu segundo pai, desde a época do mestrado. Obrigada pelos aprendizados, pelos conselhos e puxões de orelha, o senhor tem um papel significativo na minha vida. Desejo que existam mais professores como o senhor, obrigada por ter sido um “Jiraya Sensei”, que me impulsionou a me desafiar e enfrentar os obstáculos de frente.

Ao meu coorientador, professor Dr. Edson Mauro Santos, pelo aceite da orientação já nos pênaltis, o senhor teve um papel importante na minha formação, me ensinou que não podemos desistir de nossos sonhos, não importa quão difícil a situação esteja. Aproveito para agradecer sua disponibilidade sempre que o procurava com toda burocracia que necessitava ser resolvida.

Às minhas irmãs, Núbia Araújo, Artenia Almeida, Maylane Brito e Cintia Araújo presentes de Deus em minha vida, que provam que família é aquela que nos escolhe todos os dias. Obrigada por me apoiarem em meus sonhos, por termos compartilhado os momentos de descobertas e de angústias. Durante esses 12 anos, me sinto como em um casamento, na alegria e na tristeza na saúde e na doença, e eu posso provar isso. Eu as amo imensamente!

À professora Neila Lidiany Ribeiro, por ter aceitado o convite de participar da banca, pelas contribuições com o trabalho, com toda ajuda com a parte estatística. Aproveito para expressar minha gratidão por ter sido o suporte de três garotas que sempre irão te ver como exemplo, obrigada por nunca ter desistido de mim!

Aos professores Doutores Ossival Lolato Ribeiro, Fleming Sena Campos, Alexandre Perazzo, bem como a Professora Dra. Salete Moraes pelo aceite do convite para participar da banca, por todas as excelentes contribuições que agregaram muito valor ao trabalho, bem como pela paciência de Jó que tiveram comigo, Deus os recompense!

Aos professores Edilson Paes Saraiva, Leonardo Augusto Pascoal e Péricles de Farias Borges, por todo aprendizado em sala de aula e por terem me oferecido suporte em um dos momentos que mais necessitei.

Agradeço a Fernanda Francisca e Iara Cavalcante, companheiras de turma no doutorado e amigas queridas que carregou no coração. Passamos por muitas situações juntas durante esses cinco anos, desde cursar uma disciplina somente as três, ir ao shopping de Campina Grande para comprar utensílios do lar, até nos distanciarmos geograficamente e mesmo assim permanecermos conectadas por um fio invisível que se chama amizade.

Agradeço ainda a Iara que junto a Neila me acolheram em suas respectivas casas durante o período necessário para que a defesa da tese fosse concluída. Nunca terei palavras suficientes para expressar minha gratidão!

A toda equipe da Agricultura Biossalina da Embrapa Semiárido, em especial Fleming, Cleyton, Janiele, Aicanã, Crislane e Wellington. A toda equipe do Grupo de estudos em caprinos leiteiros em especial a Angelina, Higor, Steyce, Élice e Ana Laura pessoas que além de se tornarem grandes amigos, tornando a hora do cafezinho um momento de descontração, ajudaram-me muito durante a realização do experimento, e foram meus braços, meus olhos e ombros amigos que demonstraram tamanha empatia.

A minha equipe médica: Dr. Clécio Lima, Dra. Andressa Teresa, bem como minha fisioterapeuta Slayra Tranquili e minha psicóloga Maria Clara, meus sinceros agradecimentos por terem me ajudado a superar os estragos que o acidente de moto causou. Aproveito esse local para agradecer os funcionários da Unimed que me trataram como família, representados por Fernanda Cordeiro e Francisco Rodrigues Júnior, os eternos cabritos que ainda fazem piada sobre pneumonia. Muito obrigada por não apenas serem atendentes, mas por termos construído um laço de amizade.

A todos os funcionários da Embrapa Semiárido e Univasf que fizeram possível a realização deste trabalho, Seu João “do Quilo” e Seu João “do Couro”, os motoristas, os tratoristas, os funcionários do setor de caprino, à Seu Reginaldo em especial por a ajuda de sempre.

Enfim, a todas as pessoas que, traídos pela memória, foram esquecidas e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Minha eterna gratidão.

Posso dizer ao final dessa jornada, que tenho muitos motivos por ser grata, muitos deles estão listados aqui, representados na forma de nomes e gestos. É disso que se trata a vida. Cair, mas se erguer, falhar, mas não considerar isso como uma derrota definitiva, tentar quantas vezes você conseguir até obter sucesso, perseverar, ser resiliente. E em meus agradecimentos está mais que claro que sozinho não se chega lugar algum, posso estar errada, mas tenho certeza que ter estas pessoas em minha vida me fortaleceu e sou grata a Deus por tê-las colocado em meu caminho.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos. Muito Obrigada!

*A meus pais, **Maria das Dores Inocência de Jesus**, por ter me ensinado o que são valores e caráter, por todo amor, apoio e puxões de orelha, e **Francisco Rodrigues de Lima (in memoriam)**, por ter me ensinado uma lição preciosa: “Filha, seja o quer que faça, dê o seu melhor.” Eu dei o meu melhor, mas nessa etapa, meu melhor parecia não ser suficiente. Contudo, a única certeza imutável para mim, é que eu me arrependeria se tivesse desistido do meu sonho. Espero que o senhor esteja orgulhoso da mulher que me tornei. Meus cristais preciosos, eu os amo imensamente!*

*Ao professor e leal amigo **Áldrin Éderson Vila Nova (in memoriam)**, um dos maiores exemplos de bondade que pude presenciar e ser agraciada por conhecê-lo.*

Dedico

“A maioria das pessoas não se distingue por grandes feitos, mas por um número infinito de pequenas coisas. Sempre que você faz algo de bom, ou faz alguém sorrir, isso dá sentido a sua vida, nunca duvide do seu valor”

Lisa Kleypas

RESUMO

A escassez hídrica é um problema alarmante, o qual afeta humanos e os rebanhos no mundo inteiro, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Ovinos nativos ou naturalizados destas regiões, desenvolveram mecanismos adaptativos os quais os permitem produzir em situações de escassez hídrica. Objetivou-se avaliar o efeito da redução da oferta hídrica sob o consumo e digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, balanço hídrico e de nitrogênio e desempenho bioeconômico (performance e índices econômicos) de ovelhas em confinamento. Foram utilizadas 32 ovelhas mestiças Santa Inês, com peso vivo de $32,2 \pm 7,4$ kg, e idade de $2,3 \pm 0,99$ anos, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água *ad libitum* (Controle - 100% ingestão), 80; 60 e 40 % de abastecimento do grupo controle) e oito repetições por tratamento. O experimento teve duração de 58 dias. As variáveis foram submetidas a teste de normalidade e análise de regressão usando o PROC REG do Statistical Analysis System, foram considerados efeitos significativos, quando $P > 0,05$. O consumo e coeficientes de digestibilidade de nutrientes, consumo de minerais, comportamento ingestivo e o desempenho não foram influenciados pelas ofertas hídricas ($P > 0,05$). Foi observado efeito linear decrescente para consumo de água livre, consumo total de água ($P < 0,001$), produção urinária total ($P = 0,008$), água excretada via urina ($P = 0,006$), água excretada via fezes ($P = 0,006$), perdas totais de água ($P < 0,001$), água absorvida ($P < 0,001$), para as relações CAL/CMS, CAL/CPB e CAL/CFDN ($P < 0,001$) e nitrogênio excretado via fezes ($P = 0,002$). Observou-se acréscimo de 5,84% e 7,46% nos custos com a alimentação nas ofertas hídricas de 60% e 40%, respectivamente. Houve decréscimo nos custos com a água, com a redução das ofertas hídricas e aumento nos custos operacional efetivo, operacional efetivo total e no custo total, nas ofertas hídricas de 60% e 40%. Foi observado decréscimo na renda bruta, margem bruta, margem líquida, lucro e lucratividade com a oferta hídrica de 60% e acréscimo na renda bruta com a oferta de 40%. Os valores dos pontos de equilíbrio dos custos foram similares entre as quatro ofertas hídricas. A relação benefício custo em todas as ofertas foi acima de 1. Em conclusão, a redução dos níveis da oferta hídrica não afetou o consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, balanço hídrico e de nitrogênio, e desempenho. Além disso, o sistema de criação proposto, independentemente do nível de oferta hídrica é economicamente viável, podendo ser adotado de acordo com a disponibilidade de água em condições similares do presente estudo.

Palavras-chave: balanço hídrico; consumo; comportamento ingestivo; economia; escassez hídrica; produtividade.

ABSTRACT

Water scarcity is an alarming problem affecting humans and livestock worldwide, especially in arid and semi-arid regions. The native and naturalized sheep of these regions have developed adaptive mechanisms that allow them to produce in situations of water scarcity. The objective of this study was to evaluate the effect of reduced water supply on nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, water and nitrogen balance, and bioeconomic performance (performance and economic indicators) of sheep under confinement. Thirty-two Santa Inês crossbred ewes with a live weight of 32.2 ± 7.4 kg and age of 2.3 ± 0.99 years were used. They were distributed in an entirely randomized design with four treatments (ad libitum water (Control - 100% intake), 80; 60 and 40% supply from the control group) and eight repetitions per treatment. The experiment lasted 72 days (14 for adaptation and 58 for data collection). Variables were subjected to normality test and regression analysis using PROC REG of the Statistical Analysis System, effects were considered significant when $P > 0.05$. Nutrient intake and digestibility coefficients, mineral intake, ingestive behavior and performance were not influenced by water offers ($P > 0.05$). A linear decreasing effect was observed for free water intake, total water intake ($P < 0.001$), total urine output ($P = 0.008$), water excreted via urine ($P = 0.006$) water excreted via faeces ($P = 0.006$), total water loss ($P < 0.001$), water absorbed ($P < 0.001$), for the ratios FWI/DMI, FWI/CPI and FWI/NDFI ($P < 0.001$) and nitrogen excreted via faeces ($P = 0.002$). There was an increase of 5.84% and 7.46% in feed costs at 60% and 40% water supply, respectively. There was a decrease in water costs with the reduction of water supply and an increase in effective operational costs, effective total operational costs and total costs, in water supply of 60% and 40%. A decrease in gross income, gross margin, net margin, profit, and profitability was observed with the 60% water supply and an increase in gross income with the 40% supply. The break-even cost values were similar among the four water offers. The cost benefit ratio in all offers was above 1. In conclusion, reducing water supply levels did not affect nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, water and nitrogen balance, and performance. Furthermore, the proposed rearing system, regardless of the water supply level is economically feasible and can be adopted according to water availability in similar conditions of the present study.

Keywords: economic indicators; ingestive behavior; nutrient intake; productivity; water balance; water scarcity

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Influência da oferta hídrica sobre o desempenho e consumo de nutrientes.....	20
---	----

Capítulo 2

Tabela 1. Características físicas e químicas da água ofertada.....	52
Tabela 2. Ingredientes e composição química da dieta experimental.....	53
Tabela 3. Consumo diário de componentes nutricionais de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.....	54
Tabela 4. Comportamento ingestivo de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.....	55
Tabela 5. Desempenho de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.....	56
Tabela 6. Análise de viabilidade econômica de um sistema de terminação de ovelhas submetidas à redução da oferta hídrica.....	57

Capítulo 3

Tabela 1. Características físicas e químicas da água ofertada.....	73
Tabela 2. Ingredientes e composição química da dieta experimental.....	74
Tabela 3. Composição mineral dos ingredientes e da dieta experimental.....	75
Tabela 4. Consumo diário de componentes nutricionais de digestibilidade aparente de nutrientes em ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.....	76
Tabela 5. Consumo diário de minerais de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.....	78
Tabela 6. Balanço hídrico e de nitrogênio de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.....	79

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Efeito da restrição hídrica sobre o consumo e excreção de cordeiros Baluchi.....	27
Figura 2. Balanço de nitrogênio de ovelhas Corriedale após privação hídrica.....	29
Figura 3. Relações referentes ao balanço de nitrogênio de ovelhas após privação hídrica.....	29

SUMÁRIO

Considerações Iniciais.....	15
Capítulo 1. Revisão de literatura: Água na produção de pequenos ruminantes	17
1. Introdução	18
2. Disponibilidade hídrica	18
3. Fatores que influenciam a ingestão de água e o desempenho.....	19
3.1 Consumo de Matéria Seca.....	20
3.2 Relação volumoso concentrado e teor de fibra	21
3.3 Teor energético	22
3.4 Teor de proteína bruta	23
3.5 Composição mineral	24
4. Balanço hídrico	26
5. Balanço de nitrogênio	28
6. Considerações finais	30
Referências	31
Capítulo 2. A oferta hídrica afeta o consumo, comportamento e o desempenho bioeconômico de ovelhas Santa Inês em confinamento?	36
1. Introdução	37
2. Material e métodos.....	38
2.1. Aspectos éticos e local do experimento	38
2.2. Animais, tratamentos e dieta experimental	39
2.3. Determinação do consumo de nutrientes	39
2.4. Avaliação do comportamento ingestivo.....	40
2.5. Desempenho produtivo	40
2.6. Análise econômica	41

2.7.	Análise estatística.....	42
3.	Resultados	43
4.	Discussão	43
5.	Conclusão.....	48
6.	Agradecimentos	48
	Referências	48
Capítulo 3. Reduções na oferta hídrica de ovelhas não alteram o balanço hídrico e de nitrogênio.....		59
1.	Introdução	60
2.	Material e métodos.....	61
2.1.	Aspectos éticos e local do experimento	61
2.2.	Animais, tratamentos e dieta experimental	62
2.3.	Coleta de amostras	62
2.4.	Análises químicas	63
2.5.	Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes	63
2.6.	Balanço hídrico e de nitrogênio	64
2.7.	Análise estatística.....	64
3.	Resultados	65
4.	Discussão	65
5.	Conclusão.....	68
6.	Agradecimentos	68
	Referências	68
Considerações finais e implicações futuras.....		81

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O uso da água tem sido intensificado mundialmente aproximadamente 1% ao ano desde a década de 1980. Este aumento se deve principalmente ao aumento da demanda hídrica em países em desenvolvimento e economias emergentes, embora o uso de água per capita na maioria desses países seja imensamente inferior em relação a países desenvolvidos (FAO, 2021).

Apesar do estresse hídrico médio global ser de apenas 11%, 31 países experimentam estresse hídrico entre 25% (que é definido como o limite mínimo de estresse hídrico) e 70%, e 22 países estão acima de 70%, portanto, estão sob grave estresse hídrico, perfazendo aproximadamente mais de 2 bilhões de pessoas vivendo sob alto estresse hídrico (UN - HABITAT, 2018).

A escassez de água também afeta os rebanhos, se não forem adotadas medidas urgentes para aumento da eficiência do uso da água, o mundo inteiro pode enfrentar uma crise global, nunca vista. A interdependência hídrica da criação animal com outros usos e seu impacto sobre a economia reiteram a importância do conceito de segurança hídrica para os usos múltiplos como elemento integrador do planejamento dos recursos hídricos com o planejamento dos setores usuários da água (PALHARES et al., 2021).

Atualmente a água vem sendo considerada um fator limitante na criação de animais de produção, principalmente em zonas onde a desertificação está se intensificando. As regiões que mais sofrem com os efeitos do déficit hídrico são as áridas e semiáridas, locais onde em boa parte do ano há indisponibilidade de água ou acesso restrito a esse recurso.

Sendo assim, é de suma importância o desenvolvimento de estratégias voltadas para uso mais eficiente deste recurso. Além disso, nestas regiões é predominante a criação de pequenos ruminantes, os quais possuem maior eficiência hídrica quando comparados a outros animais de produção, o que confere maior tolerância a baixa disponibilidade hídrica, graças a mecanismos adaptativos, menor tamanho corporal e a capacidade do rúmen atuar como reservatório de água (CASAMASSIMA, et al., 2008).

É crescente o interesse em pesquisas voltadas para o estudo do efeito da restrição hídrica, ou da diminuição da quantidade ofertada nos animais, sobre seu metabolismo, comportamento e quais os fatores afetam a ingestão de água, bem como esses fatores se correlacionam (SILVA et al., 2016; NOBRE et al., 2018; ARAÚJO et al., 2020; KALYAN et al., 2021). Sendo assim, a utilização de uma menor quantidade de água durante o processo produtivo, de forma que sejam atendidas as exigências dos animais, contribuiria para melhor

gestão dos recursos hídricos, o que pode resultar na diminuição do desperdício e custos em locais onde a escassez de água é um fator preponderante.

Visto isso, objetivou-se avaliar o efeito da redução da oferta hídrica sob o consumo e digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, balanço hídrico e de nitrogênio e desempenho bioeconômico (performance e índices econômicos) de ovelhas Santa Inês em confinamento.

Esta tese apresenta-se dividida em três capítulos. Capítulo 1. “Revisão de literatura – Água na produção de pequenos ruminantes”; Capítulo 2. “A oferta hídrica afeta o consumo, comportamento e o desempenho bioeconômico de ovelhas em confinamento?”; Capítulo 3. “Reduções na oferta hídrica de ovelhas não afetam o balanço hídrico e de nitrogênio”.

CAPÍTULO I

Revisão de literatura: Água na produção de pequenos ruminantes

Água na produção de pequenos ruminantes

1. Introdução

A produção de ovinos é uma atividade economicamente importante em regiões áridas e semiáridas. Os pequenos ruminantes possuem maior eficiência na transformação de forragem de baixa qualidade em tempos de escassez em produtos úteis como carne, leite e lã. As raças nativas e naturalizadas demonstram melhor desempenho em condições ambientais adversas, como exposição a altas temperaturas e radiação, escassez hídrica, alimentação de baixa qualidade e quantidade limitada, quando comparadas às raças especializadas (SILANIKOVE, 1992; AZAMBUJA; GONZÁLEZ-GARCÍA, 2016).

O conteúdo de água é variável no organismo animal, podendo variar entre espécies, raças, idade, estado fisiológico e indivíduos. A porcentagem de água corpórea tende a decrescer com a idade, animais jovens possuem cerca de 80% de água corpórea, e ao envelhecer, o conteúdo pode chegar a aproximadamente 50%. Os animais conseguem suportar a perda de 100% de tecido adiposo e mais de 50% da proteína corporal. Contudo, ao perderem 12 % da água corpórea podem vir a óbito (MAYNARD et al., 1979).

Pequenos ruminantes são capacitados com mecanismos de economia de água (por exemplo, a redução da frequência respiratória) que os ajudam a minimizar a perda de água e, assim, aumentar sua capacidade de suportar a escassez de água. Eles desenvolveram uma economia de água eficiente que permite manter a ingestão de matéria seca e produção durante períodos de escassez hídrica, mesmo em temperatura elevada. Além disso, o rúmen também desempenha a função de um reservatório de água (15% do peso corporal do animal) para uso quando a água é escassa (AKINMOLADUN et al., 2019).

Nesse contexto, o conhecimento dos efeitos da restrição hídrica no organismo animal, bem como o uso de estratégias que minimizem os efeitos desta, contribui substancialmente para manutenção de índices produtivos satisfatórios em regiões áridas e semiáridas. Com esta revisão objetivou-se abordar quais os principais fatores que afetam o consumo de água e como a restrição hídrica afeta a produção animal de pequenos ruminantes.

2. Disponibilidade hídrica

As regiões áridas e semiáridas podem ser caracterizadas por baixos índices pluviométricos, irregularidade de precipitação pluviométrica, elevados índices de evapotranspiração e por possuir estrutura geológica que não permite o acúmulo de água no subsolo, que é a maior fonte de água disponível para a região, resultando escassez não apenas

de alimentos, mas principalmente de água, quer seja para consumo humano ou dos rebanhos (LOUHAICHI et al., 2018; VOSOOGHI-POSTINDOZ et al., 2018).

Os principais fatores que contribuem para a escassez de água incluem mudanças climáticas (intensificadas pelo aquecimento global), aumento do crescimento econômico, aridez, degradação ambiental, frequência de secas e um rápido aumento da população humana (MDLETSHE et al., 2017).

A água é escassa para mais de um bilhão de pessoas no planeta. Estima-se que um terço da população pode estar sem água apropriada para consumo até 2025 (UNESCO, 2006). A escassez de água também afeta os rebanhos, dentro desse contexto, a pegada hídrica é uma métrica para avaliar, quantificar o uso da água e compreender melhor os impactos das atividades sobre recursos hídricos e pode ser usado como uma ferramenta para a gestão sustentável da água doce (IBIDHI; BEN SALEM, 2020).

Há mercados globais para bens que consomem muita água, tais como produtos pecuários, e bioenergia. Estima-se que a pegada hídrica para a produção de 1 kg de carne ovina é de 6100 litros (HOEKSTRA, 2011). É de interesse o conhecimento desse conceito e informação, para que estudos possam ser direcionados com o intuito de reduzir a quantidade de água utilizada durante toda cadeia produtiva de ovinos e garantir uma atividade economicamente sustentável.

Quando realizada de maneira adequada, a fim de promover o manejo hídrico das produções pecuárias e, dessa forma, conservar e preservar os recursos hídricos em quantidade e qualidade, a produção não será entendida como exploradora de água, mas sim como transformadora eficiente dessa água em alimentos a fim de atender as necessidades e os valores de todos que almejam uma produção de alimentos (PALHARES et al., 2013).

3. Fatores que influenciam a ingestão de água e o desempenho

As funções da água no organismo dos animais de forma geral se resumem em auxiliar na digestão dos alimentos, participar dos processos de metabolismo, da reprodução e do crescimento, regular a temperatura corporal, e está diretamente envolvido na excreção de metabólitos (REECE, 2008).

A principal via de obtenção de água pelo animal é por ingestão direta (VIEIRA et al., 2008). No entanto, os animais ingerem água indiretamente quando fazem consumo de alimentos e pela oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas, produzindo assim água metabólica (DIBARTOLA, 2000).

A ingestão de água é um processo de regulação multifatorial possuindo relação com vários fatores:

1. Fatores inerentes ao animal: peso corporal, espécie, raça e estágio fisiológico.
2. Fatores inerentes a alimentação: composição da dieta, consumo de matéria seca (CMS), consumo de energia, consumo de fibra, relação volumoso concentrado.
- 3.

Fatores ambientais: temperatura, radiação umidade, qualidade da água, disponibilidade, acesso e distância (NRC, 2007).

3.1 Consumo de Matéria Seca

Sabe-se que o desempenho é altamente afetado pelo CMS, em condições de restrição hídrica o ganho de peso pode ser reduzido, quer seja pela perda de água corporal, ou pela redução da ingestão de alimentos (MOHAMMED et al., 2010) e consequentemente de nutrientes (Tabela 1). De acordo com o NRC (2007) a ingestão de água para ovinos geralmente representa de duas a três vezes o CMS.

Hamadeh et al. (2006) ao submeterem ovelhas Awassi a fornecimento hídrico intermitente de 3 a 4 dias, observaram redução no consumo de alimentos em aproximadamente 60% quando comparado com o grupo que recebia fornecimento de água *ad libitum*.

O efeito da redução no CMS causada pela redução da disponibilidade de água depende do tipo de alimento disponível para os animais. O consumo de água é reduzido ou nulo quando os animais ingerem alimentos suculentos (SOUZA et al., 2010).

Tabela 1- Influência da oferta hídrica sobre o desempenho e consumo de nutrientes

Categoria animal	Oferta hídrica e tratamentos	Efeito	Fonte
Ovinos Merino	Água restrita em 50%; PB 5,4%	Menor redução no CMO	Van Der Walt et al. (1999)
	Água restrita em 50%; PB 10,3%	Redução acentuada no CMO	
Ovelhas Awassi	Fornecimento intermitente de água de 2 e 4 dias	Perda de peso corporal	Jaber et al. (2004)
Ovelhas Awassi	Fornecimento de água intermitente de 3 e 4 dias.	Redução no consumo de alimentos	Hamadeh et al. (2006)

Ovelhas Awassi	Fornecimento intermitente de água de 4 dias;	Perda de peso corporal Redução no consumo de MS	Jaber et al. (2011)
Ovinos mestiços Santa Inês	Água <i>ad libitum</i> ; V:C 30:70	Aumento no consumo de PB, EE e NDT	Silva et al. (2016)
	Água restrita em 50%; V:C 70:30	Redução no CMS	
Ovelhas Santa Inês.	Restrição total de água ou não;	Redução no CMS e CAL	Cordova-Torres et al. (2017)
	Palma forrageira (30, 50 e 70%)	Ganhos de peso de 174 g (30% PF) e 155 g (50% PF), 90 g (0% PF)	
Ovinos SPRD	Água livre intermitente (0, 24 e 48h);	Restrição hídrica não influenciou o consumo;	Nobre et al. (2018)
	Silagem de palma (0, 21 e 42%)	Diminuição da busca por água e aumento do CMS (em função da silagem).	

Foi observado que ovinos Santa Inês alimentados com níveis crescentes de palma forrageira (30, 50 e 70%) e submetidos à restrição total de água ou não, tiveram os consumos voluntários de água e CMS reduzidos com a inclusão de palma forrageira nas dietas. Porém, o consumo de água via alimento e consumo total de água aumentaram. Já o ganho de peso diário foi maior para os tratamentos com 30 e 50% de inclusão de palma, com ganhos de 174 e 155 g, respectivamente, comparado com a dieta em que não havia inclusão de palma, em que foi observado ganho médio de 90 g (CORDOVA-TORRES et al., 2017).

O que evidencia que, quanto menor o teor de MS presente no alimento, menor será o consumo de água livre, uma vez que, as necessidades hídricas do animal estão sendo em parte atendidas pela água presente no alimento. Fato esse positivo, visto que em condições áridas e semiáridas é comum que os rebanhos sejam alimentados com cactáceas, plantas com elevado teor de água, o que ameniza o efeito da falta de água para dessedentação nessas regiões. É importante ainda ressaltar a avaliação do consumo de água não apenas livre, mas do consumo proveniente do alimento, uma vez que a natureza do alimento influencia diretamente a ingestão de água.

3.2 Relação volumoso concentrado e teor de fibra

De acordo com Morand-Fehr (2005) o efeito negativo da restrição de água é mais pronunciado quando os ovinos são mantidos com forragem de baixa qualidade. No entanto, muitas vezes é difícil diferenciar os efeitos da restrição hídrica dos efeitos devido ao consumo de alimentos de baixa qualidade.

Silva et al. (2016) ao avaliarem o desempenho de ovinos machos castrados mestiços Santa Inês alimentados com duas diferentes relações volumoso concentrado (70:30 e 30:70), submetidos a duas ofertas hídricas (*ad libitum* e 50% de restrição) observaram que, a dieta com maior proporção de concentrado e suprimento de água a vontade proporcionou maiores consumos de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), e nutrientes digestíveis totais (NDT), maior ganho peso e melhora na eficiência alimentar.

Ainda a respeito deste trabalho, as dietas com 70% de volumoso e redução de 50% no suprimento de água, reduziram o CMS, o consumo de PB e energia, reduzindo o aporte de energia e proteína, prejudicando o desempenho animal.

Como o aumento da fibra dietética é possível que as necessidades de água aumentem, devido ao aumento do incremento calórico e da excreção de água nas fezes e na urina (DAHLBORN; ÅKERLIND; GUSTAFSON, 1998; NRC, 2001).

Nobre et al. (2018) ao avaliarem o efeito da utilização de silagem de palma forrageira (níveis de inclusão: 0, 21 e 42%) na dieta de ovinos submetidos a oferta intermitente de água (0, 24 e 48h), não tenham observado efeito das ofertas hídricas sobre as variáveis estudadas, com o aumento dos níveis de silagem ocorreu diminuição da busca por água e aumento do CMS. As dietas que continham 50,6; 46,35 e 42,30 % de fibra em detergente neutro (FDN)_r, com o decréscimo dos teores de FDN, a necessidade de água também diminuiu, uma vez que os requerimentos necessários para mastigação deglutição e ruminação diminuíram. Não podendo desprezar o fato que as dietas com palma forrageira tinham maior teor de umidade o que juntamente com os menores teores de FDN, diminuíram a busca por água. É importante ressaltar, que dietas com maior quantidade de FDN, também possuem menor teor de energia digestível (ED), quanto menor o teor de energético da dieta, menor a necessidade de água (MERTENS, 1994).

3.3 Teor energético

Segundo o NRC (2007), são necessários níveis adequados de ingestão de energia, para que os animais possam desenvolver e executar seu potencial. Pequenos ruminantes podem ser mantidos com menores níveis de ingestão, quando comparados aos animais mais pesados

visando maiores ganhos. Portanto, a dieta deve ser equilibrada, não apenas com base em padrões de qualidade, mas também na quantidade de nutrientes fornecidos.

Para que ocorra a digestão do alimento pelo corpo, a água é inicialmente necessária para mastigação e deglutição, assim como para os processos de digestão, que requerem homogeneização e trânsito da digesta e dos fluidos pelo trato gastrointestinal. A relação entre ingestão de água e de alimento, reflete as múltiplas interações entre água e trocas energéticas em nível de tecidos e células (SILVA, 2006).

A água é necessária em reações de hidratação e desidratação no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios. A ingestão de água está relacionada ao metabolismo energético e a utilização de oxigênio, os quais são necessários nas reações que ocorrem desde a digestão, reações metabólicas como glicólise e ciclo de Krebs e por fim, na cadeia transportadora de elétrons (KOZSOLKI, 2011).

Nas etapas finais da cadeia transportadora de elétrons, o oxigênio molecular tem o papel deceptor final de elétrons, após dissociação, o oxigênio se junta a dois átomos de hidrogênio dando origem a água metabólica (KOZLOSKI, 2011). Nesse último caso há geração e não consumo de água, no entanto, por ser um dos produtos do metabolismo dos combustíveis, a água metabólica é considerada como uma das fontes de ingestão de água.

Caprinos das raças Moxotó e Canindé ao serem alimentados com dietas contendo dois níveis de energia metabolizável diferentes, 2,2 e 2,7 Mcal/kg de MS, não foi observada diferença no CMS e no consumo de água livre, entre os dois grupos (BARRETO et al., 2011).

Costa et al. (2009), ao substituírem o farelo de milho por palma forrageira em níveis crescentes (0, 7, 14, 21 e 28% com níveis de energia metabolizável de 2436,6; 2375,7; 2314,9; 2254,1 e 2193,2 Kcal, respectivamente) em dietas para cabras em lactação, observaram que com o aumento dos níveis de palma, houve decréscimo no consumo de água livre, e aumento no CMS.

É esperado que com a diminuição da MS e do teor energético dietético, haja redução na ingestão de água livre. No entanto, o fato do aumento dos níveis de palma forrageira na dieta ter promovido aumento no CMS, denota que por ser rica em água, os animais tiveram que aumentar o CMS para obter consumo de nutrientes e energia adequado, de forma a não ter a produção afetada, uma vez que o CMS de ruminantes também tem regulação quimiotática, neste caso com base nas necessidades energéticas (MERTENS, 1994).

3.4 Teor de proteína bruta

Quando se trata de restrição hídrica, o metabolismo proteico bem como dos minerais está intimamente associado, uma vez que os metabólitos gerados são os principais responsáveis pela manutenção da osmolaridade e pH sanguíneos, bem como aumento ou diminuição da excreção a nível renal, regulando a produção de urina para manutenção da homeostase. Além disso, os minerais atuam como cofatores enzimáticos envolvidos no metabolismo dos nutrientes inclusive no metabolismo de proteínas (KOZLOSKI, 2011).

Dietas com maior teor de proteína bruta (PB), aumentam a demanda por água. Quando em situação de restrição hídrica o organismo tende a reabsorver água a nível renal, resultando em aumento da concentração de metabólitos no sangue (hemoconcentração), para manutenção dos níveis de água corporal e homeostase (NEJAD et al., 2017).

Ovelhas submetidas à restrição hídrica de 50%, alimentadas com dieta contendo 5,4% de PB apresentaram menor redução no consumo em comparação ao grupo alimentado com dieta contendo 10,3% de PB. Porém, o grupo alimentado com 5,4% de PB apresentou menor taxa de crescimento quando comparado ao grupo alimentado com 10,3% de PB (VAN DER WALT et al., 1999).

Ovinos machos castrados mestiços Santa Inês alimentados relação volumoso concentrado 30:70, submetidos a duas ofertas hídricas (à vontade e 50% de restrição), tiveram aumento no consumo de água livre, via alimento e total, bem como o consumo de PB (SILVA et al., 2016). A dieta em questão possuía 14,08% de PB, o que resultou em maior demanda de água, como consequência do aumento do incremento calórico decorrente do maior consumo de proteína e maior necessidade de água para excreção nitrogenada (SILVA, 2006).

3.5 Composição mineral

Os íons constituem 95% dos solutos nos líquidos corporais. O principal cátion presente no líquido extracelular é o Sódio (Na) e o cátion mais abundante no líquido intracelular é o potássio (K) seguido pelo Magnésio (Mg). O K através de suas trocas com o Na em combinação com o Cloro (Cl) e com o íon bicarbonato desempenha um importante papel na regulação da pressão osmótica e no balanço ácido-base, na condução dos impulsos nervosos e na excitabilidade muscular. No rúmen o potássio está ligado à manutenção da ação tampão e a manutenção da umidade (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

No interior das células o Mg atua como cofator de enzimas da via glicolítica, em casos de deficiência ocorre a falta de glicose no sistema nervoso. Além disso, está ligado a transmissão de impulsos nervosos e ativação neuromuscular. (GIONBELLI et al., 2015). Desta forma, o Mg

se torna um mineral essencial para o bom gerenciamento dos nutrientes que são ingeridos, cooperando para a manutenção da eficiência alimentar mesmo em condições de baixa oferta hídrica.

Sabe-se que a nível fisiológico, ovinos adaptados ao estresse hídrico apresentam alta capacidade de concentrar a urina e o sangue. Com a redução da disponibilidade de água para o organismo, a hemoconcentração é um fenômeno altamente observado, como resultado, observa-se aumento nos valores de hematócrito, hemoglobina, proteínas totais, ureia e na concentração de sódio plasmáticos (CASSAMASSIMA et al., 2016; MOHAMMED et al., 2010).

Sabe-se que a hemoglobina é uma proteína com estrutura quaternária formada por quatro subunidades. Cada subunidade possui uma porção proteica (globina) e um grupo prostético (heme). O grupo heme, por sua vez, apresenta um átomo de Ferro (Fe), totalizando 4 átomos de Fe por molécula de hemoglobina (REECE, 2008). Quando ocorre hemoconcentração, uma maior quantidade de Fe estará presente no sangue, o que pode permitir uma captação mais eficiente do oxigênio necessário ao metabolismo como um todo.

Em dietas com maior participação de alimentos concentrados, o teor de fósforo (P) e de Mg são mais elevados, e o teor de cálcio (Ca) é mais baixo quando comparado a dietas com maior participação de volumoso. Dessa forma, a proporção de Ca e P varia de 1:4 a 1:6. Contudo, a relação ideal seria de 1:1 a 2:1. O desequilíbrio sanguíneo de Ca e P resulta em aumento da osmolaridade sanguínea, e da excreção de P via urina, dando origem a urólitos, aumentando a demanda de água para manter o equilíbrio osmótico e para diurese e excreção do P excedente. (SANTAROSA, 2015).

É comum ainda associar a redução da oferta hídrica com o aparecimento de nefrolitíase. Nesse contexto o Mg tem um papel importante, a redução da formação de cálculos renais, devido a dois mecanismos. No primeiro, o Mg inibe diretamente a nucleação e taxa de crescimento de cristais de oxalato de cálcio, por combinação com oxalato urinário, formando um complexo mais solúvel. O segundo consiste na redução da absorção de oxalato pelos intestinos (WU et al., 2020).

A concentração de P na saliva é de 12 a 16 vezes maior do que o sangue. Os ruminantes removem o P do organismo pela sua excreção através da saliva, e daí para o rúmen e fezes. Normalmente, cerca de 60% do P que chega ao rúmen é proveniente da saliva e os 40% restantes vêm da dieta. Dietas com menor proporção de volumoso, podem diminuir a formação de saliva, como resultado mais P deve ser eliminado pelos rins, o que requer maior ingestão de água para

excreção dos eletrólitos em excesso (RIET-CORREA; SIMÕES; VASCONCELOS et al., 2008).

4. Balanço hídrico

O funcionamento normal do organismo se dá pelas perdas constantes de água que devem ser repostas principalmente através da água de bebida. A desidratação corresponde a um balanço hídrico negativo, o que significa que as entradas de água (água bebida + água na ração + água metabólica) são menores que as saídas (água urinária + água fecal + água perdida por evaporação da pele e do trato respiratório).

Para evitar a desidratação, os ovinos recorrem a várias formas de adaptação. No nível comportamental a alimentação noturna é considerada uma forma que permite aos animais a redução a exposição a altas cargas térmicas, reduzindo a necessidade de resfriamento evaporativo, minimizando assim a perda de água (DWYER, 2008). Pode-se observar ainda que os animais buscam a proteção de abrigos para se proteger da radiação solar durante o dia (CAIN et al., 2010).

A nível fisiológico, ovinos adaptados ao estresse hídrico apresentam alta capacidade de concentrar a urina e o sangue. Com menores níveis de água circulante, ocorre reabsorção de água nos rins, diminuindo a produção de urina, fazendo com que seja observado maior presença de eletrólitos na urina e no sangue (MOHAMMED et al., 2010; CASAMASSIMA et al., 2016).

O mecanismo mais eficiente para excreção do excesso de metabólitos presentes no sangue é por meio da filtração renal. Este processo possibilita ao animal expulsar pelo trato urinário os minerais e conservar o balanço cátion-aniônico normal (ARAÚJO et al., 2009).

Em condições de privação ou restrição hídrica, o organismo tem seu perfil endócrino modificado, em função da secreção de cortisol, a partir disso ocorre diminuição das perdas de água, sendo um desses mecanismos a redução da produção de urina pelos rins e a redução do teor de água nas fezes (NEJAD et al., 2014; WACKAURE et al., 2015).

Ovinos adaptados a regiões áridas e semiáridas possuem uma medula renal espessa, fazendo com que a osmolaridade da urina apresente níveis elevados devido a presença de uma maior quantidade de solutos e maior reabsorção hídrica na alça de henle e principalmente no túbulo distal e dutos coletores dos néfrons (OSBALDISTON, 1971; CASAMASSIMA et al., 2018; REECE, 2008).

Casamassima et al. (2008) ao avaliarem o efeito de três ofertas hídricas (*ad libitum*, 80 % e 60% de restrição em relação ao controle), do tempo de exposição à restrição, bem como a interação entre estes, sobre os parâmetros sanguíneos de ovelhas Comisana em lactação,

alimentadas com feno misto, observaram aumento na concentração de sódio e cloreto séricos e redução do potássio, em função da restrição hídrica e do tempo de exposição.

Níveis mais baixos de água no sangue promove maior atividade da aldosterona, que aumenta o nível de eletrólitos no rim, explicando assim a quantidade de sódio elevada no sangue (ASHOUR et al., 2000).

Ao mesmo tempo em que as perdas de água via urina são reduzidas, a perda de água via fezes também diminui, uma vez que a diminuição dos níveis de água fornecidos ocasiona taxa de passagem do alimento mais lenta, levando a uma maior reabsorção de água e fezes mais secas (HADJIGEORGIOU et al., 2000).

O rúmen é fundamental na conservação da água em animais submetidos a estresse hídrico, podendo atuar como um reservatório de água para repor o volume perdido no sangue (AL-RAMAMNEH; RIEK; GERKEN, 2012; SANTOS et al., 2019). A reidratação em animais adaptadas a condições de restrição hídrica, ativa uma cadeia coordenada de eventos no rúmen, rins e glândulas salivares, sob comando hipotalâmico, com o intuito de preservar a água, restaurar o apetite e a homeostase (SILANIKOVE, 1994).

Vosooghi- Postindoz et al. (2018), ao submeterem cordeiros Baluchi à restrição hídrica observaram, que a produção de fezes, bem como a produção de urina diminuiram. O que provavelmente está relacionado ao menor consumo de matéria seca e maior absorção de água (Figura 1).

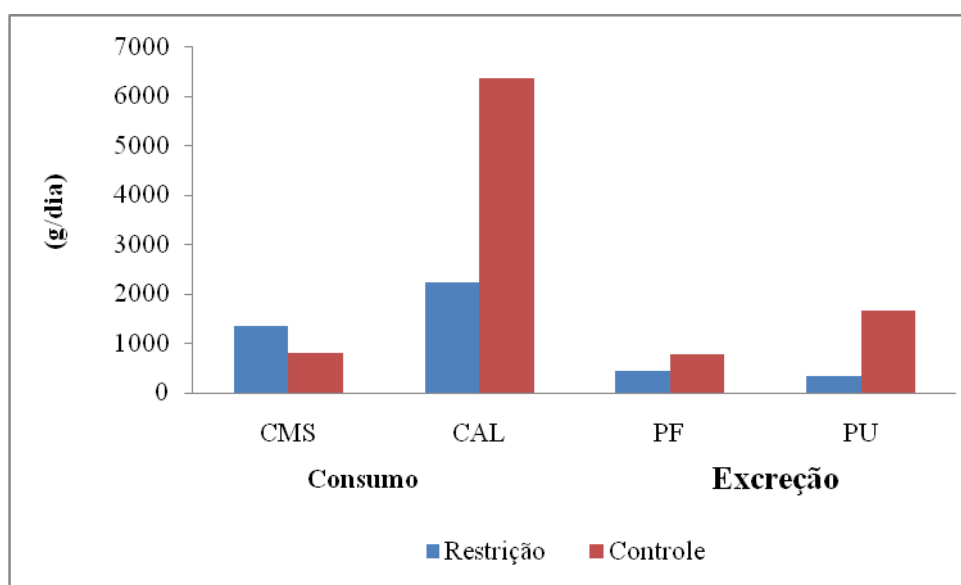


Figura 1 - Efeito da restrição hídrica sobre o consumo e excreção de cordeiros Baluchi. Fonte: Adaptado de Vosooghi- Postindoz et al. (2018). CMS: consumo de matéria seca; CAL: consumo de água livre; PF: produção de fezes; PU: produção de urina.

5. Balanço de nitrogênio

A determinação do BN permite avaliar a utilização do nitrogênio metabólico (PEREIRA et al., 2007). O metabolismo nitrogenado se baseia na capacidade da microbiota ruminal utilizar amônia, na presença de energia, para sintetizar os aminoácidos necessários às exigências proteicas desses microrganismos (MERTENS, 1994).

O nitrogênio presente no rúmen pode ser de origem endógena ou dietética. O de origem endógena é derivado da reciclagem da ureia, das células epiteliais de descamação e do processo de lise das células microbianas, o nitrogênio dietético é constituído pela proteína verdadeira e pelo nitrogênio não-proteico (BERCHIELLI, 2006).

A ingestão de nitrogênio acima das exigências promove maiores perdas de nitrogênio via fezes e urina, mostrando que o excesso de nitrogênio é eliminado pelo organismo (VAN SOEST, 1994).

A excreção nitrogenada exige uma maior quantidade de água e envolve um maior gasto energético. Sendo assim, se a quantidade de água não for suficiente, os níveis séricos de ureia irão apresentar-se aumentados, devido ao rim reabsorver água para manter o equilíbrio eletrolítico e então diminuir a excreção via urina. (KOSLOSKI, 2011).

Foi relatado a redução do nitrogênio fecal e urinário, e aumento do nitrogênio digestível, do nitrogênio retido e da digestibilidade da PB, em ovelhas Corriedale submetidas a 2 e 3 horas de privação hídrica (NEJAD et al., 2014).

De acordo com os autores, a menor excreção de nitrogênio fecal e urinário reflete o aumento na digestibilidade da PB, resultando em maior retenção de nitrogênio a qual confere BN positivo. E que, a restrição hídrica pode ter reduzido a taxa de passagem, com consequente aumento da biodisponibilidade de nutrientes e maior eficiência de digestão, como citado anteriormente.

Enquanto Nejad et al. (2017), observaram redução da excreção de N urinário, aumento do N retido (Figura 2) e aumento dos valores das relações entre N urinário e N retido por N ingerido respectivamente (Figura 3) em ovelhas Corriedale submetidas a privação de água por 2 e 3 h.

Por outro lado, Misra e Singh (2002), não observaram efeito da restrição hídrica no balanço de nitrogênio em caprinos de diferentes raças, quando submetidos a 0, 24 e 48 horas de restrição hídrica.

Um balanço de N positivo junto com desempenho satisfatório, nos permite inferir que os animais não precisaram mobilizar reservas de proteína corporal para atender às

necessidades nutricionais, sendo estas atendidas pela dieta, o que proporciona condições para a ausência de perda de peso corporal, indicando a eficiência da utilização da fração de proteína da dieta (ARAÚJO et al., 2019)

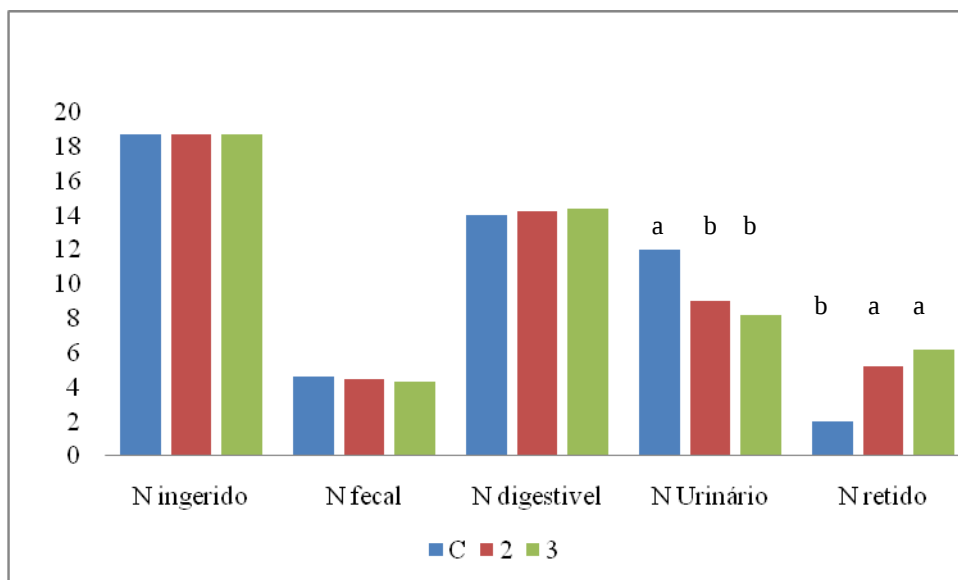


Figura 2- Balanço de nitrogênio de ovelhas Corriedale após privação hídrica Fonte: Adaptado de Nejad et al. (2017); C: controle (acesso *ad libitum*); 2: duas horas de privação hídrica; 3: três horas de privação hídrica.

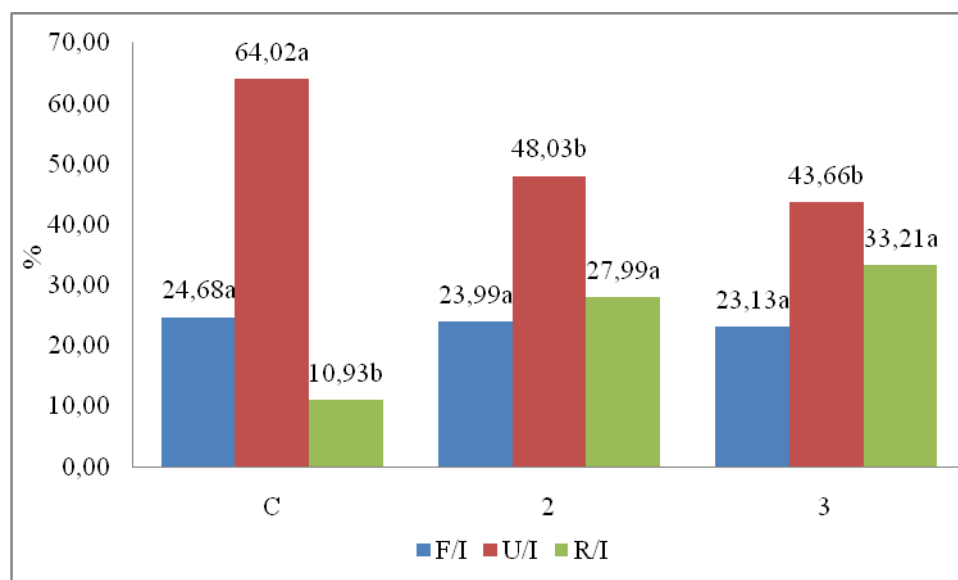


Figura 3 - Relações referentes ao balanço de nitrogênio de ovelhas após privação hídrica. Fonte: Adaptado de Nejad et al. (2017); C: controle (acesso *ad libitum*); 2: duas horas de privação hídrica; 3: três horas de privação hídrica; F/I: nitrogênio fecal/nitrogênio ingerido; U/I: nitrogênio urinário/nitrogênio ingerido; R/I: nitrogênio retido/nitrogênio ingerido

Por fim, formular dietas balanceadas de forma atender as exigências em proteína, e não fornecer mais que o necessário para categoria é imprescindível. Desta forma não haverá custo financeiro e gasto energético desnecessários, além de não promover aumento na exigência de água, aumentando assim a eficiência do uso não só da proteína, mas também da água.

Considerando que é crescente a preocupação com relação a gestão de recursos naturais, e emissão de poluentes, a redução no uso da água e da excreção nitrogenada contribuirão para produção sustentável, ao minimizar os danos ao meio ambiente e aumentar a eficiência por unidade de água utilizada.

6. Considerações finais

A água é um nutriente essencial na produção animal, seu consumo é um processo de regulação multifatorial. Pequenos ruminantes, se adaptaram a condições de escassez hídrica, por meio de mecanismos que aumentaram a eficiência da utilização da água, contudo, o manejo hídrico não é uma prática simples. Tendo em vista as previsões de escassez hídrica, determinar a tolerância dos animais à restrição hídrica é fundamental para estabelecer a geração de novas tecnologias que visem o aumento da eficiência no uso da água e produtividade animal, de forma a garantir a sustentabilidade do sistema produtivo.

REFERÊNCIAS

- AL-RAMAMNEH, D.; RIEK, A.; GERKEN, M. Effect of water restriction on drinking behaviour and water intake in German black-head mutton sheep and Boer goats. **Animal**, v. 6, n. 1, p. 173-178, 2012. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001431>.
- AKINMOLADUN, O.; F. et al. Small ruminants: farmers' hope in a world threatened by water scarcity. **Animals**, v. 9, n. 7, p. 456, 2019. doi:10.3390/ani9070456
- ARAÚJO, P. B. et al. Urinálise como instrumento auxiliar no diagnóstico de enfermidades em pequenos ruminantes. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 3, n. 2, p. 30-38, 2009.
- ARAÚJO, G.; C.; L. et al. Supply of water with salinity levels for Morada Nova sheep. **Small Ruminant Research**, v. 171, p. 73-76, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.01.001>
- ARAÚJO, C. A. et al. Effect of reduced of water supply on carcass characteristics, non-carcass components and the volume of digestive compartments of Santa Inês ewes. **Livestock Science**, v. 245, p. 104402, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104402>.
- ASHOUR, G. et al. Adaptation of Mediterranean breeds [species] to heat stress and water deprivation. In: **Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean. Proceedings of the joint ANPA-EAAP-CIHEAM-FAO symposium, Agadir, Morocco, 22-24 October 1998**. Wageningen Pers, 2000. p. 63-74.
- AZAMBUJA R. E. L; GONZÁLEZ-GARCÍA, E. Indigenous sheep breeds in Brazil: potential role for contributing to the sustainability of production systems. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 7, p. 1305-1313, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1109-3>.
- BARRETO, L. M.G. et al. Comportamento ingestivo de caprinos das raças Moxotó e Canindé em confinamento recebendo dois níveis de energia na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 834-842, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000400018>.
- BERCHIELLI, T. T. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. Pp. 57-79.
- CAIN, J. W. et al. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. **Wildlife Society Bulletin**, v. 34, n. 3, p. 570-581, 2010. [https://doi.org/10.2193/00917648\(2006\)34\[570:MOTAWB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/00917648(2006)34[570:MOTAWB]2.0.CO;2)
- CASAMASSIMA, D. et al. Effect of water restriction on productive performance and blood parameters in comisana sheep reared under intensive condition. **Small Ruminant Research**, v. 78, n. 1-3, p. 169-175, 2008.
- CASAMASSIMA, D. et al. The effect of water-restriction on various physiological variables in intensively reared Lacaune ewes. **Veterinární medicína**, v. 61, n. 11, p. 623-634, 2016. doi: 10.17221/144/2015-VETMED.
- CASAMASSIMA, D. et al. Effect of water restriction on milk yield and quality in Lacaune breed ewes. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 102, n. 2, p. e677-e685, 2018. <https://doi.org/10.1111/jpn.12811>
- CORDOVA-TORRES, A. V. et al. Performance of sheep fed forage cactus with total water restriction. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, p. 369-377, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000200015>.

COSTA, R.G. et al. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v. 82, n. 1, p. 62-65, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.01.004>.

DAHLBORN; ÅKERLIND; GUSTAFSON, K.; ÅKERLIND, M.; GUSTAFSON, G. Water intake by dairy cows selected for high or low milk-fat percentage when fed two forage to concentrate ratios with hay or silage. **Swedish Journal of Agricultural Research (Sweden)**, 1998.

DIBARTOLA, S. P. et al. **Fluid therapy in small animal practice**. WB Saunders, 2000.

DWYER, C. M. Environment and the sheep. In: **The welfare of sheep**. Springer, Dordrecht, 2008. p. 41-79.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **AQUASTAT - FAO's Global Information System on Water and Agriculture**, 2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/aquastat/en/overview/>> Acesso em 02 de outubro de 2022.

GIONBELLI, M. P. et al. Exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte. **VALADARES FILHO, SC; MARCONDES, MI; CHIZZOTTI, ML. et al. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados. BRCORTE**, v. 2, 2010.

HADJIGEORGIOU, I. et al. The effect of water availability on feed intake and digestion in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 37, n. 1-2, p. 147-150, 2000.37: 147150. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00142-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00142-X).

HAMADEH, S. K. et al. Physiological responses to water restriction in dry and lactating Awassi ewes. **Livestock Science**, v. 101, n. 1-3, p. 101-109, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.016>.

HOEKSTRA, A.Y. How sustainable is Europe's water footprint. **Water & wastewater international**, v. 26, n. 2, p. 24-26, 2011. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/How-sustainable-is-Europe%27s-water-footprint-Hoekstra/ae3ded48c5df501a27f8c151832e7663218660d7>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

JABER, L. S. et al. The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 54, n. 1-2, p. 115-120, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.11.004>.

JABER, L. S. et al. Fat mobilization in water restricted Awassi ewes supplemented with vitamin C. **Journal of arid environments**, v. 75, n. 7, p. 625-628, 2011. 75: 625628.

IBIDHI, R.; SALEM, H.; B. Water footprint of livestock products and production systems: A review. **Animal Production Science**, v. 60, n. 11, p. 1369-1380, 2020. <https://doi.org/10.1071/AN17705>

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**, 3.ed. Santa Maria: Editora Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

LANDEFELD, M.; BETTINGER, J. Water effects on livestock performance. **Ohio State University Agriculture and Natural Resources. Columbus, Ohio**, 2002.

LOUHAICHI, M. et al. Adoption and Utilization of Cactus Pear in South Asia—Smallholder Farmers' Perceptions. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3625, 2018.. doi:10.3390/su10103625.

- KALYAN, D., et al. Effect of drinking earthen pot water on physiological response and behavior of sheep under heat stress. **Journal of Thermal Biology**. 87, 102476, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102476>.
- MAYNARD, L. A. et al. Animal Nutrition. McGraw-Hill Book Company. **New Delhi**, 1979.
- MDLETSHE, Z. M. et al. Effects of saline water consumption on physiological responses in Nguni goats. **Small Ruminant Research**, v. 153, p. 209-211, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.06.019>
- MERTENS, D. R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. **Simpósio Internacional de Ruminantes**, v. 1, p. 01-32, 1992. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c11>.
- MISRA, A. K.; SINGH, K. Effect of water deprivation on dry matter intake, nutrient utilization and metabolic water production in goats under semi-arid zone of India. **Small Ruminant Research**, v. 46, n. 2-3, p. 159-165, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00187-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00187-6).
- MOHAMMED, A. et al. Effect of water restriction on thermoregulation and some biochemical constituents in lactating aardi goats during hot weather conditions. **Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)**, v. 11, n. 2, p. 189-205, 2010.
- MORAND-FEHR, P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. **Small ruminant research**, v. 60, n. 1-2, p. 25-43, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.004>.
- NEJAD, J. G. et al. Effects of water restriction after feeding during heat stress on nutrient digestibility, nitrogen balance, blood profile and characteristics in Corriedale ewes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 193, p. 1-8, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.011>.
- NEJAD, J. G. et al. Microbial nitrogen production, nitrogen balance and excretion of urinary purine derivatives in Corriedale ewes under water deprivation. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 2, p. 517, 2017. DOI: 10.1515/aoas-2016-0064.
- NOBRE, I. S. et al. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1683-1693, 2018. doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683.
- NRC, National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. National Academies Press, Washington, D.C. 2001.
- NRC, National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. National Academy Press, Washington, D.C. 2007.
- UNITED NATIONS – HABITAT, HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. **The State of African Cities, 2018: The Geography of African Investment**. United Nations Human Settlements Programme, 2018.
- OSBALDISTON, G. W. Renal function during fasting in sheep. **Veterinary medicine, small animal clinician**, 1971.
- PALHARES, J. C. P. Consumo de água na produção animal. **Embrapa Pecuária Sudeste- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

PALHARES, J.C.P.; et al. Produção animal e recursos hídricos: uso da água nas dimensões quantitativa e qualitativa e cenários regulatórios e de consumo. **Embrapa Pecuária Sudeste-Livro científico (ALICE)**, 2021.

PEREIRA, K. P. et al. Balanço de nitrogênio e perdas endógenas em bovinos e bubalinos alimentados com níveis crescentes de concentrado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 4, p. 433-440, 2007. DOI: 10.4025/actascianimsci.v29i4.1012.

REECE, William O. **Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos**. Editora Roca, 2008.

RIET-CORREA, F.; SIMÕES, S.V.D.; VASCONCELOS, J.S. Urolitíase em caprinos e ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28, p. 319-322, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2008000600010>

SANTAROSA, B. P. **Avaliação clínica, laboratorial e anatopatológica do sistema urinário de ovinos confinados com e sem suplementação de cloreto de amônio**. 87f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/128130>>.

SANTOS, F. M. et al. Impact of water restriction periods on carcass traits and meat quality of feedlot lambs in the Brazilian semi-arid region. **Meat science**, v. 156, p. 196-204, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.033>.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 30, n. 3, p. 175-194, 1992. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(06\)80009-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(06)80009-6).

SILANIKOVE, N. The struggle to maintain hydration and osmoregulation in animals experiencing severe dehydration and rapid rehydration: the story of ruminants. **Experimental Physiology: Translation and Integration**, v. 79, n. 3, p. 281-300, 1994. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.1994.sp003764>.

SILVA, J.F.C. Mecanismos reguladores de consumo. **Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP**, p. 57-78, 2006.

SILVA, C. M. et al. Performance and economic viability of feedlot sheep fed different levels of roughage, concentrate, and water. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1595-1605, 2016. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n3p1595.

SOUZA, E. J. O. et al. Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, 2010.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3. ed., CAB International. 1999.

UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World water development reports – Water, a shared responsibility. Paris: Berghahn Books; New York, 2006.

VAN DER WALT, J. G. et al. Effect of water intake on the nitrogen balance of sheep fed a low or a medium protein diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 29, n. 3, p. 105-115, 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994.

VIEIRA, E. L. et al. Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) based diets. **Animal Feed**

Science and Technology, v. 141, n. 3-4, p. 199-208, 2008.<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.031>

VOSOOGHI-POSTINDOZ, V. et al. Effect of water deprivation and drinking saline water on performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and rumen parameters in Baluchi lambs. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 8, n. 3, p. 445-456, 2018.

WAKCHAURE, R.; GANGULY, S.; PRAVEEN P. K. Role of water in livestock. *Recent Advanced Academic. Science Journal*, 1, 53–56, 2015.

WU, J.; et al. Association between serum magnesium and the prevalence of kidney stones: a cross-sectional study. **Biological trace element research**, v. 195, n. 1, p. 20-26, 2020.<https://doi.org/10.1007/s12011-019-01830-3>.

CAPÍTULO II

Artigo: a oferta hídrica afeta o consumo, comportamento, e o desempenho bioeconômico de ovelhas em confinamento?

A oferta hídrica afeta o consumo, comportamento e o desempenho bioeconômico de ovelhas em confinamento?

RESUMO

Objetivou-se avaliar a tolerância de ovelhas à redução da oferta hídrica e os efeitos sobre o consumo de nutrientes, comportamento ingestivo, desempenho e viabilidade econômica do sistema. Foram utilizadas 32 ovelhas mestiças Santa Inês, com peso vivo de $32,2 \pm 7,4$ kg, e idade de $2,3 \pm 0,99$ anos, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água *ad libitum* (Controle - 100% ingestão), 80; 60 e 40 % de abastecimento do grupo controle) e oito repetições por tratamento. O consumo de nutrientes não foi afetado ($P>0,05$), enquanto o consumo de água livre, consumo total de água e as relações IAL/IMS, IAL/IPB e IAL/IFDN apresentaram efeito linear decrescente ($P<0,001$). O comportamento ingestivo e o desempenho não foram influenciados pelas ofertas hídricas ($P>0,05$). Os custos com a alimentação apresentaram aumento de 5,84% e 7,46% nas ofertas hídricas de 60% e 40% respectivamente. Houve decréscimo nos custos com a água com a redução das ofertas hídricas. Houve aumento nos custos operacional efetivo, operacional efetivo total e no custo total, nas ofertas hídricas de 60% e 40%. Houve decréscimo na renda bruta, margem bruta, margem líquida, lucro e lucratividade com a oferta hídrica de 60% e acréscimo na renda bruta com a oferta de 40%. Os valores de pontos de equilíbrio dos custos foram similares entre as quatro ofertas hídricas. Observou-se redução na relação benefício/custo na oferta de 60%. A redução da oferta hídrica não prejudicou o consumo de nutrientes, comportamento ingestivo, bem como a performance das ovelhas, sendo economicamente viável.

Palavras-chave: déficit hídrico, lucratividade, pequenos ruminantes, restrição hídrica, ruminação

1. Introdução

A água é um nutriente essencial para a produção animal, no entanto sua disponibilidade é um fator limitante para a manutenção e desenvolvimento dos rebanhos em regiões áridas e semiáridas ao redor do mundo (Albuquerque et al., 2020).

De acordo com as projeções de Gosain et al. (2006) mais de trinta países sofrerão estresse hídrico até o ano de 2025. Estima-se que até o ano de 2050 dois terços da população poderá sofrer com a disseminação do estresse hídrico devido a um aumento populacional contínuo, mudanças climáticas, industrialização e aumento do uso da água.

As regiões áridas e semiáridas são altamente afetadas com o estresse hídrico, muitas delas estão em processo de desertificação. Nessas regiões, a criação de pequenos ruminantes é predominante, os quais são conhecidos por sua tolerância à agentes estressores, tais como o estresse hídrico.

Os pequenos ruminantes são uma espécie adaptada à ingestão limitada de água em comparação com outras espécies de ruminantes (Akinmoladun et al., 2019). Isso é atribuído ao seu pequeno tamanho corporal, o que demanda menores exigências hídricas e também a capacidade de conservar água no rúmen para uso posterior durante a escassez (Silanikove, 2000).

A tolerância destes animais à escassez de água varia em função da espécie, raça, estado nutricional e fisiológico do animal, e ambiente (Akinmoladun et al., 2020). Portanto, os efeitos da redução da oferta hídrica vêm despertando o interesse de pesquisadores no tocante à performance, comportamento e características de carcaça (Silva et al, 2016; Nobre et al, 2018; Araújo et al 2020; Kalyan et al., 2021). Alguns destes estudos conseguiram determinar a tolerância de uma raça a restrição hídrica por determinado período. Vosooghi-Postindoz et al. (2018) ao trabalharem com ovelhas da raça Baluchi afirmaram que estes animais podem tolerar restrição de água de até 50% por um período de 28 dias sem efeitos prejudiciais.

As regiões áridas e semiáridas de todo o mundo possuem raças consideradas adaptadas a escassez hídrica, os ovinos Santa Inês representam uma das raças predominantes entre as comunidades rurais no Semiárido brasileiro. Dada as condições de irregularidade na oferta de água nessa região, o estudo dos menores níveis de água exigidos por estes animais torna possível o conhecimento da quantidade mínima de água necessária para se produzir, sem que haja danos a fisiologia, desempenho e comportamento animal, se fazendo necessário também avaliar a rentabilidade do sistema de produção.

Visto que, não foi totalmente elucidado o efeito da redução da oferta hídrica e o grau da adaptabilidade desta raça ao estresse hídrico, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a tolerância de ovelhas Santa Inês à redução da oferta hídrica e os efeitos sobre o consumo, comportamento ingestivo, consumo, desempenho e viabilidade do sistema proposto.

2. Material e métodos

2.1. Aspectos éticos e local do experimento

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas (protocolo nº 0002/241017).

O estudo foi realizado no Laboratório de Exigência e Metabolismo Animal, localizado no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) na cidade de Petrolina, Pernambuco, Brasil. O clima da região é semiárido quente, com estação chuvosa (BSh), com precipitação média anual de 570 mm.

O período experimental com os animais, teve duração de 58 dias. Durante o período experimental, as temperaturas máxima e mínima foram, de 33,83 e 24,56 °C, respectivamente com umidade relativa do ar entre 50,50 e 73,56%.

2.2. Animais, tratamentos e dieta experimental

Trinta e duas ovelhas mestiças Santa Inês, com peso corporal médio de $32,2 \pm 7,4$ kg e idade média de $2,3 \pm 0,99$ foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água *ad libitum* (Controle - 100% ingestão), 80; 60 e 40 % de abastecimento do grupo controle) e oito repetições por tratamento. O experimento teve duração de 76 dias, sendo 14 dias para adaptação à dieta e aos tratamentos experimentais e 58 para coleta de dados.

Os animais foram previamente identificados, pesados, tratados contra endo e ectoparasitas e então alojados em galpão vazado (sem paredes laterais) com piso de chão batido, coberto por telhas metálicas, em baias individuais, ($1,00 \times 1,20$ m), providas de comedouros e bebedouros constituídos de policloreto de polivinila (PVC) de coloração preta (capacidade para 10 L). Foram coletadas amostras da água ofertada aos animais a cada quinze dias para análises físico-químicas (Tabela 1).

A dieta foi formulada de acordo com o NRC (2007) para obtenção de ganhos diários de 157 g/dia, a base de Capim-Elefante cv. Cameron fresco (*Pennisetum purpureum*, Schum) e concentrado constituído por farelo de milho, farelo de soja, ureia e sal mineral, formulado com relação volumoso:concentrado de 46:54 com base na matéria seca (Tabela 2). A alimentação foi oferecida diariamente, às 09h00 e 15h00, e a água, às 09h00. A quantidade de alimento fornecida foi calculada com base na ingestão do dia anterior, não permitindo sobras superiores a 15% da quantidade ofertada.

2.3. Determinação do consumo de nutrientes

Os dados de consumo dos nutrientes foram obtidos por registro do alimento oferecido e sobras, das quais eram coletadas amostras semanalmente e posteriormente submetidas a análises químicas de acordo com os métodos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016) para determinar o teor de matéria seca (DM; Método 967.03), matéria

mineral (MM; Método 942.05) e proteína bruta (CP; Método 981.10). O teor de extrato etéreo (EE) foi analisado usando extrator de gordura (ANKOM TX-10, Macedon - NY, Estados Unidos), de acordo com o método da American Oil Chemists 'Society (AOCS, 2017).

A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme descrito por Van Soest et al. (1991), foi realizada ainda a correção da FDN para compostos nitrogenados de acordo com a metodologia proposta por Licitra et al. (1996). Os carboidratos totais (CT) foram estimados de acordo com (Sniffen et al., 1992), e os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos de acordo com Hall (2000). O conteúdo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado pelo método descrito por Undersander et al. (1993).

O consumo de nutrientes foi expresso como a diferença entre os nutrientes totais presentes na dieta consumida e os nutrientes totais presentes nas sobras, com base na MS. A ingestão de água foi avaliada diariamente. A água foi fornecida em baldes os quais eram pesados antes do fornecimento e novamente após 24 h. A água perdida por evaporação também foi considerada no cálculo da ingestão de água. Esta variável foi estimada usando seis baldes colocados aleatoriamente em torno do galpão experimental, com a mesma quantidade de água disponível para cada tratamento, sendo determinado pela diferença de peso ao longo de 24 h.

Foram expressas também as relações entre consumo de água livre e consumo de MS (CAL/CMS), consumo de proteína bruta (CAL/CPB) e consumo de fibra em detergente neutro (CAL/CFDN).

2.4. *Avaliação do comportamento ingestivo*

Os dados comportamentais foram coletados em observações visuais contínuas de 24 horas, com intervalos de 10 minutos, nos dias 10, 29 e 55, do período experimental. O tempo de ingestão foi representado pela apreensão e manipulação do alimento, mastigação e deglutição do bolo alimentar. No tempo de ruminação, foi incluído regurgitação, remastigação e redeglutição do bolo, assim como o interciclo entre ruminações. No mesmo dia, foi realizada a contagem do número de mastigações meréricas e do tempo despendido para ruminação de cada bolo. A partir dos dados de consumo e do tempo gasto com as atividades de alimentação e ruminação, foi possível determinar a taxa de ingestão de MS (TINGMS), taxa de ingestão de FDN (TINGFDN), taxa ruminação de MS (TRUMS), e a taxa de ruminação de FDN (TRUFDN) conforme metodologia descrita por Dulphy et al. (1987) e Bürger et al. (2000).

2.5. *Desempenho produtivo*

Os animais foram pesados no início e final do período experimental, após um período de privação de alimentos sólidos de 12 h (com acesso a água) para obtenção do peso corporal inicial e peso corporal final, sendo possível então calcular o ganho de peso total, ganho médio diário, ganho médio diário por unidade de peso metabólico. Com esses dados pôde-se calcular a conversão alimentar, a qual foi possível ser determinada pela divisão entre o consumo de matéria seca e ganho de peso total.

Os animais foram abatidos ao final do período de estudo. Antes do abate, os animais foram privados de alimentos sólidos por 12 h, segundo os padrões de bem-estar animal. Após este período, os animais foram pesados para determinar o peso corporal no abate. Em seguida foram atordoados por concussão cerebral e imediatamente abatidos por sangramento, por meio da secção das artérias carótidas e veias jugulares, de acordo com as normas vigentes do Regulamento do Serviço de Inspeção Sanitária e Industrial de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 2017).

As carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente e após serem transferidas para a câmara frigorífica (5R-DCP, Gallant, Porto Alegre - Brasil), onde foram mantidas sob refrigeração a 4°C por 24 horas foi realizada uma nova pesagem para obtenção do peso de carcaça fria. Os dados referentes às características de carcaça foram publicados por Araújo et al. (2021), para este estudo utilizou-se o peso de carcaça fria para posterior análise econômica

2.6. *Análise econômica*

Para análise de viabilidade econômica foi utilizada a metodologia proposta pela FATECNA (2017) com adaptações, esta metodologia é utilizada como referência pelo Serviço Nacional de aprendizagem rural (SENAR), órgão este que disponibiliza assistência técnica no Semiárido e demais regiões do Brasil.

A análise foi feita com base em um período de 58 dias. Para tanto, foi examinada a composição dos custos e separados em classes: custos com alimentação, água de bebida, aquisição de animais, medicamentos e mão de obra.

A partir dos ingredientes que foram ofertados e do valor correspondente, foi possível calcular os custos com alimentação, nesse ponto considerou-se não só o alimento fornecido, uma vez que as sobras também devem ser contabilizadas e compor os custos com alimentação. O custo da água foi calculado considerando o preço pago pelo m³ de água a R\$ 4,51, segundo pesquisa realizada pela COMPESA (Rede de Esgoto Empresa do Estado de Pernambuco). A

ingestão total de água pelos animais foi calculada e os valores foram convertidos para m³ e então multiplicados pelo preço cotado no município.

A depreciação foi expressa pelo produto do investimento em instalações e a vida útil, a depreciação anual então pode ser convertida em depreciação por 58 dias. O capital imobilizado foi obtido pelo somatório dos custos com dieta, água, medicamentos, mão de obra e valor médio das instalações

O custo de oportunidade foi determinado pelo rendimento do capital inicial ao ser aplicado à poupança com rendimento de 6% ao ano (valor estimado para 2022). Posteriormente esse valor foi convertido ao custo de oportunidade em 58 dias. O custo operacional efetivo foi obtido pela soma dos custos com aquisição de animais, dieta, água e medicamentos. O custo operacional total foi expresso pela soma do custo operacional efetivo, mão de obra e depreciação. O custo total foi obtido pela soma do custo operacional efetivo total e custo de oportunidade.

A renda bruta foi calculada multiplicando o preço unitário pelo volume produzido. A margem bruta foi calculada pela diferença entre renda bruta e custo operacional efetivo. A margem líquida foi obtida pela diferença entre renda bruta e custo operacional total, já o lucro foi expresso como a diferença entre renda bruta e custo total.

Foram determinados os pontos de equilíbrio do custo operacional efetivo, custo operacional efetivo total e custo total, por meio da divisão entre os custos em questão e preço unitário.

A lucratividade foi obtida pela relação entre margem líquida e renda bruta e posteriormente convertido em porcentagem. A relação benefício-custo foi obtida pela divisão entre renda bruta e custo total.

2.7. *Análise estatística*

Os dados de consumo, comportamento ingestivo e desempenho foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias respectivamente, atendidas as premissas, foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e análise de regressão pelo PROC REG do SAS, considerando significativas probabilidades inferiores a 5% ($P < 0,05$).

Foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y = \mu + T_j + e_{ij},$$

Onde: Y = valor observado de a variável; μ = média geral; T_j = efeito do nível de oferta de água j; e_{ij} = erro residual.

Os dados referentes à análise econômica foram expressos em médias por tratamento, média geral e desvio padrão.

3. Resultados

A ingestão de MS, MO, PB, FDN, FDA, EE, CNF, CT e NDT não foi influenciada pela redução da oferta hídrica ($P>0,05$). Contudo, para a ingestão de água livre, e ingestão total de água, foram observados comportamento linear decrescente e crescente, respectivamente ($P<0,001$). As variáveis CAL/CMS, CAL/CPB e CAL/CFDN apresentaram efeito linear decrescente ($P<0,001$) (Tabela 3).

Os tempos e as taxas do comportamento ingestivo das ovelhas não foram influenciadas pelas ofertas hídricas ($P>0,05$) (Tabela 4). O desempenho não foi influenciado pelas ofertas hídricas ($P>0,05$) (Tabela 5).

Houve acréscimo nos custos com a alimentação em 5,84% e 7,46% nas ofertas hídricas de 60% e 40% em relação ao controle. Os custos com aquisição de animais, medicamentos, mão de obra foram semelhantes, entre os grupos avaliados. Os custos com a água foram reduzidos em 34,09; 47,73 e 67,27% nas ofertas hídricas de 80, 60 e 40% respectivamente (Tabela 6).

O custo de oportunidade foi semelhante entre os tratamentos, perfazendo uma média geral de R\$23, 23. As ofertas hídricas de 60% e 40% promoveram um aumento discreto de 1,43% e 1,81% no capital empatado em relação ao grupo controle (Tabela 6).

Houve acréscimo de 2,59% e 3,29% no custo operacional efetivo, 2,23% e 2,83% no custo operacional efetivo total e 2,22% e 2,81% no custo total, em função das ofertas hídricas de 60% e 40% respectivamente, quando comparadas ao controle (Tabela 6).

A oferta hídrica de 60% promoveu decréscimo nos valores de renda bruta (1,73%), margem bruta (8,93%), margem líquida (12,31%), lucro (12,85%) e lucratividade (10,76%). Enquanto, a oferta hídrica de 40% apresentou aumento da renda bruta em 2,69% quando comparado ao tratamento controle (Tabela 6).

Os valores de pontos de equilíbrio dos custos: operacional efetivo, operacional efetivo total e total, foram similares entre as quatro ofertas hídricas (Tabela 6). A oferta hídrica de 60% promoveu redução de 3,86% na relação benefício:custo. Todavia, as quatro ofertas hídricas mantiveram essa relação acima de 1 (Tabela 6).

4. Discussão

O consumo de água de ovinos é aproximadamente de duas a três vezes do seu consumo de matéria seca (NRC, 2007). Estudos relatam que a redução da oferta hídrica promove redução

no consumo de MS e consequentemente de nutrientes (Nobre et al, 2018; Vosooghi-Postindoz et al, 2018; Silva et al, 2016).

No entanto esse fato não foi observado no presente experimento, quando os animais foram submetidos aos diferentes níveis de oferta hídrica, corroborando com os achados por Al-Ramamneh et al. (2012), que ao avaliarem o efeito da restrição de água em ovelhas de Cabeça Preta Alemãs e cabras Boer, não observaram efeito sobre a ingestão de matéria seca.

No presente estudo, as ovelhas utilizadas eram da raça Santa Inês, as quais são conhecidas devido a sua tolerância às condições adversas, tais como irregularidade na oferta de água e alimentos. Quanto ao seu estado fisiológico, as fêmeas não estavam prenhes ou lactantes e eram animais tardios para produção de carne. Os quais são predispostos a maior deposição de gordura, e menor deposição de proteína, devido a curva de crescimento inerente à essa categoria. Além disso, foram alimentadas com capim-elefante *in natura* picado e concentrado, contendo esta dieta o teor de umidade de 38,28%.

Essas características podem explicar a manutenção do consumo mesmo em frente ao desafio hídrico imposto. Pode-se sugerir que estas ovelhas além de serem adaptadas a longos períodos de escassez, conseguiram suprir suas demandas tanto em termos de nutrientes, inclusive a água, por meio da manutenção da ingestão da dieta que possuía umidade suficiente para tal, e da ingestão da água livre.

O efeito linear decrescente observado nas variáveis de consumo de água livre e consumo total de água eram esperados, uma vez que a primeira consiste nos próprios tratamentos experimentais propostos, e a segunda pode ser explicada devido a redução da oferta hídrica e a manutenção do consumo de MS, bem como o consumo de água via alimentos semelhantes.

Um fato interessante foi observado, as ovelhas do tratamento 80% consumiram menos água do que se pensou em restringir para este tratamento (77% de ingestão em relação ao tratamento controle). Nesse caso, há a probabilidade que os animais atingiram equilíbrio hídrico entre a água ingerida via alimento e a exigência real de água livre, que seria 77% do observado para o tratamento 100%. Poderíamos inferir que a exigência sugerida pelo NRC (2007) não representa a real demanda dos animais da região em que realizou-se o estudo.

A relação CAL/CMS, decresceu ao longo dos tratamentos, devido ao CMS não ter sido influenciado pela diminuição da oferta de água e pela redução da ingestão de água livre imposta pelos tratamentos. Isso reforça a hipótese levantada no parágrafo anterior, sendo a exigência hídrica ligada a outros fatores além do CMS, tais como raça, categoria, estado fisiológico, local onde os animais são criados, os quais possuem características particulares como o clima,

umidade relativa, temperatura, radiação. E no tocante aos animais a adaptabilidade é um fator altamente preponderante.

Sabe-se que quanto maiores os níveis de PB dietéticos, maiores são as necessidades de água, uma vez que os metabólitos nitrogenados requerem uma maior quantidade de água para serem excretados (Silanikove, 2000). Um dos mecanismos observados em animais adaptados à restrição hídrica é a hemoconcentração, resultante da reabsorção de água a nível renal e maior reabsorção de ureia (Jaber et al., 2000). O fato de a CAL/CPB ter decrescido e o CPB não ter sido afetado pela redução das ofertas hídricas, podemos considerar a possibilidade de os animais terem acionado este mecanismo adaptativo.

De acordo com o NRC (2001), a exigência de água pode aumentar na mesma proporção que os teores de fibra dietética. Em situações de restrição hídrica, as perdas de água via fezes podem diminuir, o que leva a uma menor taxa de passagem, podendo aumentar a eficiência alimentar. Nesta pesquisa, a relação IAL/CFDN decresceu em função da diminuição das ofertas hídricas. No entanto, o consumo e digestibilidade da FDN não foram afetados pelos tratamentos. Este fato sugere, que não houve aumento da necessidade de água, pois como citado durante a discussão, a ingestão de água via alimento pode ter complementado a demanda hídrica dos animais mesmo nos menores níveis de oferta hídrica.

A restrição moderada de água afeta principalmente a perda de água corporal, ao invés de perdas de massa sem efeitos deletérios na produção ou crescimento (Qinisa et al., 2011). Em contrapartida, Jaber et al. (2011), observaram que ovelhas Awassi, submetidas à restrição hídrica, e suplementadas com vitamina C obtiveram perda de peso entre 22% e 26,2%.

Diferentemente, no presente trabalho, o ganho de peso médio diário foi semelhante, entre os quatro grupos, os quais tiveram ganho médio satisfatório entre 91g e 122 g/dia, o ganho de peso, a conversão alimentar e o peso de carcaça fria também foram semelhantes. A manutenção da performance das ovelhas, foi benefício direto da inalteração da ingestão dos nutrientes, possível aumento na eficiência do uso de nutrientes, benefício indireto da redução da taxa de passagem.

Ainda com relação a esta variável é importante salientar a caracterização dos animais, supracitada, a qual corroborou para os resultados observados, os quais mesmo estando em condição de restrição hídrica atingiram índices produtivos eficientes, mais uma vez demonstrando a adaptabilidade dos animais frente as condições impostas.

A restrição hídrica pode afetar negativamente o comportamento ingestivo, visto que a água é necessária nos processos digestivos, desde a mastigação, deglutição, ruminação até a

absorção dos nutrientes. A ruminação é utilizada como estratégia para diminuir a dimensão das partículas e aumentar a disponibilidade dos nutrientes nelas contidos. Total diário. O fato do tempo de ruminação, número de mastigações por bolo e tempo despendido nessa atividade não ter sido afetado pelas ofertas hídricas confirma que os níveis de oferta não prejudicaram o funcionamento do rúmen.

Além disso, o processamento da dieta ofertada pode ter contribuído para tal observação. Uma vez que o capim, o constituinte com maior teor de fibra, entidade nutricional a qual é a maior responsável por manter a saúde ruminal e estimular a ruminação, foi fornecido *in natura* (conteúdo de água conservado) e foi picado em diâmetro o qual possibilitou que mesmo os menores níveis de oferta hídrica não afetassem a atividade ruminal.

Ao observarmos que, assim como a ingestão da MS e da FDN não foram afetadas pela redução da oferta hídrica, as taxas de ingestão e ruminação desses componentes também não foram, isto pode ser explicado pelo fato dos tempos de ingestão e ruminação também não terem sido afetados, pelas ofertas hídricas. Em suma, pode-se afirmar que com oferta hídrica de até 40%, o comportamento ingestivo não foi afetado o que pode refletir em ótima eficiência na utilização da água, e pode-se inferir que os microrganismos ruminais se adaptaram às dietas hídricas ofertadas sem promover prejuízos a degradação dos nutrientes.

A proximidade dos valores dos custos com alimentação, se deve ao fato da ingestão de matéria seca ter sido similar entre os tratamentos. Os custos com alimentação representam um valor considerável dos custos analisados. Sendo 46,98; 47,28; 48,47 e 48,88% do custo operacional efetivo para os grupos 100, 60, 80 e 40%, respectivamente. Um valor consideravelmente alto, porém, esperado já que representa quase 50% do custo operacional efetivo, que por sua vez é composto por custos com aquisição de animais, dieta, água e medicamentos. Como os custos variáveis nesse indicador foram apenas os custos com alimentação e água, isso também explica o motivo dos grupos 60 e 40% apresentarem valores mais elevados quando comparados aos demais.

A redução pronunciada com os custos com água era esperada, e são explicados pela própria implementação dos tratamentos experimentais. Porém, é importante salientar que a agência que fornece e recolhe os custos com a água, realiza a cobrança com valores diferenciados, o que depende de quantos m³ são gastos. Se considerarmos a quantidade de animais em um sistema produtivo como esse, quanto menor o nível de oferta, possivelmente maior a economia com água.

O custo de oportunidade se refere ao valor pago ao optar por investir capital em uma opção em detrimento de outra. Neste caso, a comparação feita foi entre investir o capital na poupança, ou investi-lo no sistema de produção proposto. Se o investimento tivesse sido feito na poupança, o rendimento a cada ciclo de 58 dias seria em média de R\$ 23,23. Ao compararmos com o lucro do sistema proposto podemos afirmar que a melhor escolha a ser feita é a de investir nesse sistema de produção.

Embora todos os grupos tenham apresentado valores de margem bruta semelhantes, a redução notável no valor de renda bruta, margem bruta e decréscimo nos valores de margem líquida, lucro, lucratividade, e relação benefício-custo observada no grupo 60%, pode ser justificado pela representatividade e composição do custo operacional efetivo, custo operacional total e custo total, que assim como o grupo 40% apresentou maior custo com a dieta, sendo este custo o principal responsável por menores valores dos indicadores em questão. Entretanto, o grupo 40% apresentou carcaças 2,69% mais pesadas quando comparadas ao grupo controle, o que justifica o aumento de 2,69%, 1,86% e 4,30% no valor de renda bruta quando comparados aos grupos que receberam as ofertas de 100%, 80% e 60%, respectivamente.

Os pontos de equilíbrio dos custos, operacional efetivo, operacional efetivo total, e total, norteiam o mínimo em unidade de produto que deve ser produzido e comercializado, para cobrir esses custos. No presente estudo os quatro grupos apresentaram quilos de carcaça produzidos superiores aos pontos de cobertura, obtendo a produção de 59,02; 59,96; 53,75 e 60,03 kg nos grupos 100, 80, 60 e 40% respectivamente, de carcaça excedentes, o que proporcionou o valor arrecadado correspondente a renda bruta, o que permitiu cobrir o custo operacional efetivo. Com relação ao ponto de equilíbrio do custo operacional total, o excedente produzido foi de 42,83; 43,77; 37,56 e 43,84 kg nos grupos 100, 80, 60 e 40% respectivamente, sendo responsável pela margem bruta observada.

Em relação ao ponto de equilíbrio do custo total, é digno de nota destacar que o excedente obtido de 41,19; 42,12; 35,89 e 42,16 kg possibilitou lucro de 576,63; 589,72; 502,51 e 590,28 R\$ para os tratamentos 100, 80, 60 e 40% respectivamente. Com relação a este ponto de equilíbrio em particular, é importante ressaltar que o excedente produzido e comercializado, determina nosso lucro e a viabilidade do sistema produtivo. No presente estudo a lucratividade média foi 26,56%, ou seja, 26,56% da renda bruta compôs a margem líquida do sistema produtivo.

A relação custo-benefício revelou que os tratamentos tiveram retorno econômico semelhante, em que a cada R\$ 1,00 investido na produção de ovinos o retorno foi em média de

R \$1,34. É importante salientar que embora o grupo 60% apresentou decréscimo de 2,98% na relação benefício-custo quando comparada a média geral dos grupos, este é um fato extremamente positivo, uma vez que animais terminados nas mesmas condições ambientais, exceto pela oferta hídrica conseguiram manter ganho de peso e produzir carcaças com pesos semelhantes.

5. Conclusão

A redução da oferta hídrica por períodos de até 58 dias não influenciou o consumo de nutrientes, comportamento ingestivo, bem como a performance das ovelhas. No entanto, as relações entre consumo de água e consumo de MS, PB e FDN ingeridos foram influenciadas. O sistema de produção com oferta hídrica reduzida é economicamente viável.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Pernambuco - FACEPE - (PRONEM /FACEPE / CNPq), processo: APQ-0895-5.05 / 14, pelo apoio financeiro ao projeto. À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por duas bolsas de incentivo de mestrado e uma de doutorado.

Referências

- Akinmoladun, O.F., Fon, F.N., Mpendulo, C.T., Okoh, O., 2020. Performance, heat tolerance response, and blood metabolites of water-restricted Xhosa goats supplemented with vitamin C. *Translational Animal Science*, 4(2), 1113-1127.
- Akinmoladun, O.F., Muchenje, V., Fon, F.N., 2019. Small Ruminants: Farmers' hope in a world threatened by water scarcity. *Animals*, 9, 456. <https://doi.org/10.3390/ani9070456>.
- Albuquerque, I.R.R., Araújo, G.G.L., Voltolini, T.V., Moura, J.H.A., Costa, R.G., Gois, G. C., Costa, S.A.P., Campos, F.S., Queiroz, M.A.A., Santos, N.M.S.S., 2020. Saline water intake effects performance, digestibility, nitrogen and water balance of feedlot lambs. *Animal Production Science* 60, 1–7. <https://doi.org/10.1071/AN19224>.
- Al-Ramamneh, D., Riek, A., Gerken, M., 2012. Effect of water restriction on drinking behaviour and water intake in German black-head mutton sheep and Boer goats. *Animal*, 6, 173-178. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001431>.
- Araújo, C.A., Magalhães, A.L.R., de Araújo, G.G.L., Campos, F.S., Gois, G.C., de Matos, M.H.T., Leite, A.C.S.P. 2021. Effect of reduced of water supply on carcass characteristics, non-carcass components and the volume of digestive compartments of

- Santa Inês ewes. *Livestock Science*, 245, 104402. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104402>.
- AOAC, 2016. In: Latimer Jr., G.W. (Ed.), Association of Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International, 20th ed. Washington, D.C, p. 3100.
- AOCS, 2017. American Oil Official Method Chemists' Society. Official methods and recommended practices of AOCS, 7th ed., p. 3000 Atti, N., Mahouachi, M., Ben Hamouda, M., 2015.
- Azambuja, E.L.R., González-garcía. E. 2016. Indigenous sheep breeds in Brazil: potential role for contributing to the sustainability of production systems. . *Tropical Animal Health and Production*, 48 (7) 1305-1313. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1109-3>
- Bürger, P.J., Pereira, J.C., Queiroz, A.C.D., Silva, J.F.C., Valadares Filho, S.C., Cecon, P.R., Casali, A.D.P., 2000. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 236–242. <https://doi:10.1590 / S1516-35982000000100031>
- BRASIL. 2017. Ministry of agriculture livestock and supply. Regulation of the industrial and sanitary inspection of products of animal origin. Decree No. 9013 of March 29, 2017 - Regulates Law No. 1,283 of December 18, 1950, and Law No. 7,889 of November 23, 1989, which provide for the industrial and sanitary inspection of products of animal origin
- Dulphy, J.P., Faverdin, P., 1987. L'ingestion alimentaire chez les ruminants: modalités et phénomènes associés. *Reproduction Nutrition Développement*, 27, 129–155.
- FATECNA - Faculdade CNA a distância, 2017. Metodologia de assistência técnica e gerencial pecuária.
- Gosain, A.K., Rao, S., Basuray, D., 2006. Climate change impact assessment on hydrology of Indian river basins. *Current science*, 346-353.
- Hall, M.B., 2000. Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates: Nutritional Relevance and Analysis, a Laboratory Manual, 339. University of Florida Extension Bulletin. April.
- Hoekstra, A.Y., 2011. How sustainable is Europe's water footprint? *Water Wastewater Int* 26, 24–26. <https://www.semanticscholar.org/paper/How-sustainable-is-Europe%27s-water-footprint-hoekstra/ae3ded48c5df501a27f8c151832e7663218660d7>. Accessed 02 March 2021.
- Hoffmann, R., Engler, J.D.C., Serrano, O., Thame, A.D.M., Neves, E.M. 1987. Administração da empresa agrícola. Pioneira.

- Kalyan, D., Kumar, D., Sharma, S., Kumawat, P., Mohapatra, A., Sahoo, A., 2020. Effect of drinking earthen pot water on physiological response and behavior of sheep under heat stress. *Journal of Thermal Biology*. 87, 102476 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102476>.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)
- Mpendulo, C.T., Chimonyo, M., Zindove, T.J. 2017. Influence of water restriction and salinity on feed intake and growth performance of Nguni does. *Small Ruminant Research*, 149, 112-114. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.002>.
- Nobre, I.S., de Araújo, G.G.L., Santos, E.M., de Carvalho, G.G.P., de Souza, B.B., Ribeiro, O.L., de Albuquerque, I.R.R. 2018. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. *Semina: Ciências Agrárias*, 39, 1683-1694. doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683.
- Qinisa M.M., Boomker, E.A., Mokoboki, H.K. 2011. Physiological responses of water-restricted Tswana and Boer goats. *Journal Life Science*, 8: 106–111.
- Silanikove, N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin. Res.* 35:181 – 193. doi:10.1016/S0921-4488(99)00096-6.
- Silva, C.M., de Araújo, G.G.L., de Oliveira, B Y.S., de Azevêdo, J.A.G., Furtado, D. A. 2016. Performance and economic viability of feedlot sheep fed different levels of roughage, concentrate, and water. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 1595-1605. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n3p1595.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>.
- Undersander, D.J., Howard, W.T., Shaver, R.D., 1993. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. *Journal of Production Agriculture* 6, 231–235. <https://doi.org/10.2134/jpa1993.0231>.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74, 3583–3597, 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Vosooghi-Postindoz, V., Tahmasbi, A., Naserian, A.A., Valizade, R., Ebrahimi, H. 2018. Effect of water deprivation and drinking saline water on performance, blood metabolites,

nutrient digestibility, and rumen parameters in Baluchi lambs. Iranian Journal of Applied Animal Science, 8(3), 445-456.

Tabela 1. Características físicas e químicas da água ofertada

Parâmetros	
Cálcio (mmol/L)	0,63
Magnésio (mmol/L)	0,74
Sódio (mmol/L)	0,27
Potássio (mmol/L)	0,18
Carbonatos (mmol/L)	0,0
Bicarbonatos (mmol/L)	0,32
Sulfatos (mmol/L)	0,51
Cloretos (mmol/L)	0,66
pH	6,98
Condutividade elétrica (ds/m)	0,08
Dureza total CaCO_3 (mg/L)	3,44

Tabela 2. Ingredientes e composição química da dieta experimental.

Ingredientes	em % matéria seca			
Capim elefante	46,0			
Farelo de milho	38,1			
Mistura mineral-Ovinos ¹	2,0			
Ureia	0,7			
Farelo de soja	13,2			
	Capim- elefante	Farelo de milho	Farelo de soja	Dieta
Matéria seca ²	272,0	889,3	886,1	617,2
Matéria orgânica ³	919,9	987,1	935,2	919,1
Matéria mineral ³	80,1	12,9	64,8	80,9
Proteína Bruta ³	50,4	89,9	487,4	131,7
Extrato etéreo ³	12,2	45,1	19,0	24,6
Fibra em detergente neutro _{cp} ³	714,1	111,6	154,6	421,7
Fibra em detergente ácido ³	398,6	33,7	88,5	206,7
Carboidratos totais ³	857,2	859,9	42,8	762,8
Carboidratos não fibrosos ³	143,2	642,0	27,85	367,7
Hemicelulose ³	315,5	77,9	66,1	215,0
Nutrientes digestíveis totais ³	570,1	850,0	80,48	821,4

¹Níveis de garantia por quilo de produto garantido pelo fabricante: cálcio(min.) 190 g; fósforo (min.) 75 g; magnésio (min.) 10 g; cloro (min.) 218 g; enxofre (min.) 70 g; sódio (min.) 143 g; cobre (min.) 300 mg; cobalto(min.) 405 mg; ferro (min.) 500 mg; iodo (min.) 80 mg; manganês (min.) 1.100 mg; selênio (min.) 30 mg; zinco (min.) 4600 mg; flúor (máx.) 0,87 g; solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico 2% (min.): 95%. ²Em g / kg de matéria natural; ³Em g / kg de matéria seca.

Tabela 3. Consumo diário de componentes nutricionais de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.

Variáveis	Níveis de fornecimento de água (%)				EPM	P valor	
	100	80	60	40		L	Q
Ingestão (kg/dia)							
Matéria Seca	2,92	2,88	2,82	2,84	0,065	0,744	0,799
Matéria orgânica	2,68	2,65	2,60	2,61	0,060	0,742	0,796
Proteína bruta	0,27	0,27	0,27	0,27	0,006	0,751	0,838
Fibra em detergente neutro	1,62	1,60	1,57	1,58	0,036	0,735	0,771
Fibra em detergente ácido	0,86	0,84	0,83	0,84	0,019	0,740	0,769
Extrato etéreo	0,05	0,05	0,05	0,05	0,001	0,912	0,755
Carboidratos não fibrosos	0,75	0,74	0,73	0,73	0,017	0,781	0,861
Carboidratos totais	2,36	2,32	2,28	2,29	0,053	0,713	0,807
Nutrientes digestíveis totais	1,94	1,91	1,87	1,88	0,043	0,753	0,814
Água livre ⁽¹⁾	1,79	1,39	1,05	0,70	0,081	<0,001	0,700
Água via alimento	1,59	1,59	1,55	1,58	0,034	0,868	0,788
Ingestão total de água ⁽²⁾	3,47	2,77	2,54	2,28	0,096	<0,001	0,053
Relações							
IAL/IMS ⁽³⁾	0,61	0,48	0,37	0,24	0,03	<0,001	0,364
IAL/IPB ⁽⁴⁾	6,62	5,14	3,88	2,59	2,35	<0,001	0,356
IAL/IFDN ⁽⁵⁾	1,10	0,87	0,67	0,44	0,06	<0,001	0,333

EPM = erro padrão das médias; L = significância para um efeito linear; Q = significância para um efeito quadrático; IAL/IMS: ingestão de água livre/ingestão de matéria seca; IAL/IPB: ingestão de água livre/ingestão de proteína bruta; IAL/IFDN: ingestão de água livre/ingestão de fibra em detergente neutro_{cp}; ⁽¹⁾ $\hat{y}=0,018x - 0,004$, $R^2 = 0,99$; ⁽²⁾ $\hat{y}=0,018x + 1,486$, $R^2 = 0,89$; ⁽³⁾ $\hat{y}=0,006x + 0,016$, $R^2 = 0,95$; ⁽⁴⁾ $\hat{y}=0,065x + 0,164$, $R^2 = 0,95$; ⁽⁵⁾ $\hat{y}=0,011x + 0,029$, $R^2 = 0,95$.

Tabela 4. Comportamento ingestivo de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica

Variáveis	Níveis de fornecimento de água (%)				EPM ^a	P valor	
	100	80	60	40		L	Q
Nº mastigações (nº/bolo)	64,83	64,40	65,78	60,71	1,501	0,106	0,193
Tempo de mastigação (seg/bolo)	38,26	35,10	38,64	36,21	1,338	0,609	0,680
Tempo de ruminação (h/dia)	6,95	7,06	7,07	7,05	0,234	0,889	0,982
Tempo de ingestão (h/dia)	2,67	2,69	2,61	2,70	0,085	0,987	0,980
Tempo em ócio (h)	14,38	14,24	14,32	14,25	0,266	0,904	0,991
Taxa de ingestão de MS (kg MS/h)	1,12	1,10	1,12	1,07	0,056	0,816	0,965
Taxa de ingestão da FDN (kg FDN/h)	0,62	0,60	0,62	0,60	0,032	0,856	0,982
Taxa de ruminação da MS (kg MS/h)	0,42	0,40	0,43	0,43	0,020	0,680	0,875
Taxa de ruminação da FDN (kg FDN/h)	0,23	0,22	0,24	0,24	0,011	0,693	0,873

^aErro padrão das médias; L = significância para um efeito linear; Q = significância para um efeito quadrático.

Tabela 5. Desempenho de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.

Variáveis	Níveis de fornecimento de água (%)				EPM	P valor	
	100	80	60	40		L	Q
Peso Inicial (kg)	29,19	31,82	29,10	30,69	1,060	0,848	0,931
Peso final (kg)	35,73	38,62	34,23	37,37	1,113	0,871	0,808
Ganho de peso total (kg)	6,54	6,80	5,13	6,69	0,412	0,959	0,685
Ganho médio de peso diário (g/dia)	116,82	121,43	91,67	119,39	7,352	0,960	0,686
Ganho de peso (g/kg ^{0,75})	543,12	536,75	423,07	519,09	37,872	0,785	0,831
Conversão alimentar	16,52	16,27	19,31	13,54	1,045	0,476	0,351
Peso de carcaça fria (kg)	19,67	19,83	19,33	20,20	1,47	0,872	0,811

^aErro padrão das médias; L = significância para um efeito linear; Q = significância para um efeito quadrático.

Tabela 6. Análise de viabilidade econômica de um sistema de terminação de ovelhas submetidas à redução da oferta hídrica

Variáveis	Níveis de fornecimento de água (%)				Média	Desvio padrão (±)
	100	80	60	40		
	Composição dos custos					
Dieta (R\$)	646,83	653,12	684,64	695,09	669,92	23,56
Água de bebida (R\$)	4,40	2,90	2,30	1,44	2,76	1,25
Aquisição de animais (R\$)	720,00	720,00	720,00	720,00	720,00	0,00
Medicamentos (R\$)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	0,00
Mão de obra (R\$)	203,63	203,63	203,63	203,63	203,63	0,00
Depreciação (R\$)	23,01	23,01	23,01	23,01	23,01	0,00
Custo de oportunidade (R\$)	23,03	23,07	23,36	23,45	23,23	0,21
Capital imobilizado (R\$)	2501,73	2506,52	2537,44	2547,03	2523,18	22,43
Custo operacional efetivo (R\$)	1376,73	1381,52	1412,44	1422,03	1398,18	22,43
Custo operacional total (R\$)	1603,38	1608,17	1639,09	1648,68	1624,83	22,43
Custo total (R\$)	1626,41	1631,24	1662,45	1672,12	1648,05	22,64
Peso total das carcaças						
Peso total das carcaças (kg)	157,36	158,64	154,64	161,60	158,06	2,89
Indicadores econômicos						
Renda bruta (R\$)	2203,04	2220,96	2164,96	2262,40	2212,84	40,46
Margem bruta (R\$)	826,31	839,44	752,52	840,37	814,66	41,92
Margem líquida (R\$)	599,66	612,79	525,87	613,72	588,01	41,92

Lucro (R\$)	576,63	589,72	502,51	590,28	564,79	41,99
Ponto de equilíbrio do custo operacional efetivo (kg)	98,34	98,68	100,89	101,57	99,87	1,60
Ponto de equilíbrio do custo operacional total (kg)	114,53	114,87	117,08	117,76	116,06	1,60
Ponto de equilíbrio do custo total (kg)	116,17	116,52	118,75	119,44	117,72	1,62
Lucratividade (%)	27,22	27,59	24,29	27,13	26,56	1,52
Benefício:custo	1,35	1,36	1,30	1,35	1,34	0,03

CAPÍTULO III

Reduções na oferta hídrica de ovelhas não alteram o balanço hídrico e de nitrogênio

Reduções na oferta hídrica de ovelhas não alteram o balanço hídrico e de nitrogênio

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da redução da oferta hídrica sob o consumo e digestibilidade de nutrientes, balanço hídrico e de nitrogênio de ovelhas mestiças Santa Inês em confinamento. Foram utilizadas 32 mestiças Santa Inês, com peso vivo de $32,2 \pm 7,4$ kg, e idade de $2,3 \pm 0,99$ anos, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água *ad libitum* (Controle - 100% ingestão), 80; 60 e 40 % de abastecimento do grupo controle) e oito repetições por tratamento. Foram avaliados o consumo e digestibilidade dos nutrientes, consumo de minerais, balanço hídrico e de nitrogênio. O consumo de nutrientes, consumo de minerais, e os coeficientes de digestibilidade não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas ofertas hídricas. Foi observado efeito linear decrescente para consumo de água livre ($P < 0,001$), consumo total de água ($P < 0,001$), produção urinária total ($P = 0,008$), água excretada via urina ($P = 0,006$), água excretada via fezes ($P = 0,006$), perdas totais de água ($P < 0,001$), água absorvida ($P < 0,001$) e nitrogênio excretado via fezes ($P = 0,002$). O balanço hídrico e de nitrogênio não foram influenciados pelas ofertas hídricas. Concluiu-se que ofertas hídricas de até 40% do consumo *ad libitum*, não promove efeitos negativos sobre o consumo e digestibilidade aparente de nutrientes, consumo de minerais, balanço de nitrogênio e balanço hídrico em ovelhas mestiças Santa Inês.

Palavras-chave: ingestão de água, eficiência hídrica, fração nitrogenada, restrição hídrica, semiárido

1. Introdução

As regiões áridas e semiáridas são caracterizadas pelas altas temperaturas, baixa precipitação, irregularidade de precipitação pluviométrica e elevadas taxas de evapotranspiração. As mesmas condições são intrínsecas do Semiárido brasileiro, isto somado às características da estrutura geológica, as quais conferem um escudo cristalino que não permite a acumulação de água suficiente no subsolo, que é a maior fonte de água disponível para a região, resultando em menor disponibilidade de água, sendo este um fator limitante para a produtividade de rebanhos, não apenas no Semiárido brasileiro mas em todo o mundo (Iñiguez, 2011; Vosooghi-Postindoz et al., 2018; Albuquerque et al., 2020).

Por outro lado, os pequenos ruminantes nativos ou naturalizados em regiões áridas e semiáridas são animais eficientes na utilização de água, devido ao seu tamanho reduzido e

melhor utilização da água ingerida e excretada, conferindo a estes maior tolerância à restrição hídrica. Este fato é resultante de mecanismos adaptativos que aumentam a eficácia de utilização e reabsorção de água ao longo do trato digestivo (Araújo et al. 2019).

Todavia, o déficit hídrico pode afetar a homeostase fisiológica dos animais, levando à redução do consumo e digestibilidade dos nutrientes, alterações no balanço eletrolítico e na concentração plasmática dos solutos, e consequente alteração do balanço hídrico e de nitrogênio, a fim de manter os níveis corporais e teciduais de água sem prejuízos maiores (Al-Ramamneh et al., 2012; Nejad et al., 2017; Akinmoladun et al., 2019).

Diante desse cenário, pesquisas foram desenvolvidas com o intuito de buscar soluções que visem a diminuição dos efeitos da redução da oferta hídrica, e determinar a exigência mínima de água requerida à manutenção dos índices produtivos sem causar danos ao bem-estar animal (D'Ambrosio et al., 2018; Kalyan et al., 2020; Araújo et al., 2021).

Contudo, a maioria destas estudam o efeito de ofertas hídricas intermitentes, ou restrição hídrica em um nível fixo, com a complementação da exigência hídrica via alimentos suculentos, ou a utilização de componentes antioxidantes, sobre a ingestão, balanço hídrico e de nitrogênio, metabólitos sanguíneos e desempenho.

Portanto, aprimorar os conhecimentos dos efeitos da redução da oferta hídrica em níveis diferentes, por um período que compreenda um ciclo produtivo inteiro sob o metabolismo animal, pode nortear a possibilidade de utilização de novas estratégias de manejo hídrico, em condições de baixa disponibilidade hídrica, de forma a manter produção viável.

Visto isso, objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade de nutrientes, bem como o balanço hídrico e de nitrogênio em ovelhas mestiças Santa Inês, submetidas à redução da oferta hídrica em sistema de confinamento.

2. Material e métodos

2.1. Aspectos éticos e local do experimento

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas (protocolo nº 0002/241017).

O estudo foi realizado no Laboratório de Exigência e Metabolismo Animal, localizado no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) na cidade de Petrolina, Pernambuco, Brasil. O clima da região é classificado como semiárido quente, com estação chuvosa (BSh), com precipitação média anual de 570 mm.

Durante o período experimental, as temperaturas máxima e mínima observadas foram de 33,83 e 24,56 °C, respectivamente com umidade relativa do ar entre 50,50 e 73,56%.

2.2. Animais, tratamentos e dieta experimental

Trinta e duas ovelhas mestiças Santa Inês, com peso corporal médio de $32,2 \pm 7,4$ kg, e idade média de $2,3 \pm 0,99$, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água *ad libitum* (Controle - 100% ingestão), 80; 60 e 40 % de abastecimento do grupo controle) e oito repetições por tratamento. O ensaio experimental teve a duração de 15 dias, sendo 10 dias de adaptação e 5 dias para coleta de dados.

Os animais foram previamente identificados, pesados, tratados contra endo e ectoparasitas e então alojados em gaiolas de metabolismo equipadas com comedouros e bebedouros constituídos de policloreto de polivinila (PVC) de coloração preta. Foram coletadas amostras da água ofertada aos animais a cada quinze dias para análises físico-químicas (Tabela 1).

A dieta foi formulada de acordo com o NRC (2007) para obtenção de ganhos diários de 157 g/dia, a base de Capim-Elefante cv. Cameron fresco (*Pennisetum purpureum*, Schum) e concentrado constituído por farelo de milho, farelo de soja, ureia e sal mineral, formulado com relação volumoso:concentrado de 46:54 com base na matéria seca (Tabela 2). A alimentação foi oferecida diariamente, às 09h00 e 15h00, e a água, às 09h00. A quantidade de alimento fornecida foi calculada com base na ingestão do dia anterior, não permitindo sobras superiores a 15% da quantidade ofertada.

2.3. Coleta de amostras

Diariamente foram realizadas pesagens do alimento e água fornecidos, bem como das sobras, fezes e urina, sendo coletadas amostras de tais materiais para posteriores análises, a fim de determinar o consumo e digestibilidade dos nutrientes, bem como os balanços hídrico e de nitrogênio.

Foram coletadas amostras do alimento fornecido bem como das sobras, durante os cinco dias do período de coleta. As fezes foram coletadas por meio de bolsas coletoras fixadas aos animais antes do período de coleta, os sacos foram pesados e esvaziados duas vezes ao dia. A urina foi coletada uma vez ao dia em baldes plásticos, contendo 100 ml de ácido sulfúrico a 10% a fim de evitar a volatilização do nitrogênio.

As amostras foram pesadas, identificadas e armazenadas a -15 °C e ao final do período de coleta, foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta por repetição. Em

seguida, realizou-se a pré-secagem das amostras em estufa com circulação forçada a 65 °C por 72 horas. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram trituradas em moinho de faca tipo Willey, com peneira de crivo de 1,0 mm, para posteriores análises químicas.

2.4. *Análises químicas*

As amostras coletadas foram submetidas a análises químicas de acordo com os métodos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016) para determinar o teor de matéria seca (MS; Método 967.03), matéria mineral (MM; Método 942.05) e proteína bruta (PB; Método 981.10). O teor de extrato etéreo (EE) foi obtido usando um extrator de gordura (ANKOM TX-10, Macedon - NY, Estados Unidos), de acordo com o método da American Oil Chemists 'Society (AOCS, 2017). A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas conforme descrito por Van Soest et al. (1991), foi realizada ainda a correção da FDN para compostos nitrogenados e para cinzas de acordo com a metodologia proposta por Licitra et al. (1996).

Os carboidratos totais (CT) foram estimados de acordo com (Sniffen et al., 1992), e os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos de acordo com (Hall, 2000). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados com base nos dados de digestibilidade aparente e calculados de acordo com Sniffen et al. (1992). O NDT das dietas foi convertido em energia digestível e metabolizável usando as equações descritas pelo National Research Council (NRC, 2001).

Com relação a quantificação do teor de minerais das amostras, o nitrogênio (N) seguiu metodologia descrita pela AOAC (2016; Método nº 981.10). As concentrações de sódio (Na) e cálcio (Ca) foram realizadas com espectrofotômetro de chama (AOCS, 1984). Os teores de potássio (K) e magnésio (Mg) foram determinados conforme metodologia de Harris (1991). O fósforo (P) foi determinado em espectrofotômetro, seguindo uma diluição do extrato das cinzas (1:20) e após reação com molibdato de amônio (Arabi et al., 2014). Enquanto as concentrações de ferro (Fe) e zinco (Zn) foram determinadas conforme metodologia de Khan et al. (2017) com o auxílio de espectrômetro de massa. O cobre (Cu) e enxofre (S) foram determinados por espectrometria de absorção atômica (Irschik et al., 2013; Zambrzycka et al., 2014).

2.5. *Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes*

O consumo de nutrientes foi calculado pela diferença entre a quantidade do nutriente presente nos alimentos fornecidos e a quantidade do nutriente presente nas sobras, todos com

base no percentual da matéria seca. O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculado conforme descrito por Silva e Leão (1979).

O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado segundo Sniffen et al. (1992): $cNDT = (cPB - PBf) + 2,25*(cEE - Eef) + (cCT - CTf)$, de modo que cPB, cEE e cCT significam, respectivamente, consumo de proteína bruta, extrato etéreo e carboidratos totais, enquanto PBf, Eef e CTf referem-se às excreções de PB, EE e CT nas fezes. Para o cálculo da EM (Mcal de EM/kg de MS), inicialmente calculou-se a energia digestível (ED) como o produto entre o teor de NDT e o fator 4,409/100 considerando a concentração de EM 82% da ED.

2.6 *Balanço hídrico e de nitrogênio*

A água foi pesada antes de ser fornecida e novamente 24 horas depois. A água evaporada foi estimada por meio de baldes dispostos aleatoriamente ao redor do galpão experimental, com a mesma quantidade de água disponível para cada tratamento, sendo determinada pela diferença de peso ao longo de 24 h. A água perdida por evaporação também foi considerada no cálculo da ingestão de água.

O balanço hídrico foi avaliado usando as seguintes equações: Consumo total de água (kg / dia) = água consumida (corrigida para evaporação) + água da ração; Produção total de água = água excretada pela urina + água excretada pelas fezes; Balanço hídrico = consumo total de água - produção total de água (Church, 1976).

O balanço aparente de nitrogênio (BN) foi calculado utilizando-se as seguintes equações descritas por Silva e Leão (1979), $BN = Ningerido - (Nfezes + Nurina)$; $Nabsorvido = Ningerido - Nfezes$; $Ningerido = Nofertado - Nsobras$. Os dados foram expressos em g/dia.

2.7 *Análise estatística*

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias respectivamente; atendidas as premissas, foram submetidas à Análise de variância (ANOVA). Foi feita a análise de regressão pelo PROC REG por meio do Statistical Analysis System versão 9.0 (SAS University), considerando significativas probabilidades inferiores a 5% ($P < 0,05$).

Foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y = \mu + T_j + e_{ij},$$

Onde: Y = valor observado de a variável; μ = média geral; T_j = efeito do nível de oferta de água j; e_{ij} = erro residual.

3. Resultados

As ofertas hídricas não influenciaram o consumo de nutrientes, de energia digestível, energia metabolizável, assim como os coeficientes de digestibilidade ($P>0,05$) (Tabela 4). Não houve efeito sobre o consumo de minerais em função das ofertas hídricas ($P>0,05$) (Tabela 5).

Foi observado efeito linear decrescente sobre o consumo de água livre ($P<0,001$), consumo total de água ($P<0,001$), produção urinária total ($P=0,008$), água excretada via urina ($P=0,006$), água excretada via fezes ($P=0,006$), perdas totais de água ($P<0,001$) e água absorvida ($P<0,001$) (Tabela 6).

Com relação ao balanço de nitrogênio, o nitrogênio excretado nas fezes decresceu ($P<0,001$) em função das ofertas hídricas. As demais variáveis não foram influenciadas ($P>0,005$) (Tabela 6).

4. Discussão

No presente estudo não foi observada redução no consumo de nutrientes, incluindo os minerais, em virtude da redução da oferta hídrica. Os mecanismos biológicos apontados como redutores da produtividade em presença de um agente estressor, a exemplo dos tratamentos propostos, são principalmente, redução do consumo de MS, da ruminação, da absorção de nutrientes, e de perdas de água por mecanismos evaporativos, mediadas por alterações no perfil endócrino, visando a conservação da água corporal e manutenção da homeostase (Al-Ramamneh et al., 2012; Santos et al., 2019).

A ingestão de nutrientes é um dos principais fatores que influenciam a eficiência da produção animal (Araújo et al., 2019). Sabe-se que pequenos ruminantes são animais adaptados a regiões áridas e semiáridas, no presente estudo foram utilizados ovinos mestiços Santa Inês, conhecidos por sua produtividade e resiliência frente a desafios como escassez de água e alimento, altas temperaturas e elevados níveis de radiação (Azambuja e González-Garcia, 2016), o que com certeza foi um fator preponderante para a inalteração do consumo de nutrientes.

Contudo, em estudos com animais considerados adaptados a regiões semiáridas houve redução da ingestão e digestibilidade dos nutrientes, em virtude de condições de restrição hídrica. Ao serem submetidas à restrição hídrica de 50%, foi observado que ovelhas Baluchi tiveram ingestão da MS reduzida em 39,75% e redução de digestibilidade da MO em 2,72% (Vosooghi-Postindoz et al., 2018).

Enquanto, ovelhas secas Awassi ao receberem ofertas intermitentes de 3 a 4 dias, tiveram a ingestão voluntária de ração reduzida para aproximadamente 60% quando comparado ao grupo controle (Jaber et al. 2004; Hamadeh et al. 2006)

As ofertas hídricas por não terem reduzido a digestibilidade dos nutrientes, especialmente da FDN, denota um aspecto positivo uma vez que, essa fração compreende a maior parte da MS dietética no presente experimento, sendo considerado a principal fonte de energia para os ruminantes, o que sugere que os animais ativaram mecanismos adaptativos que permitiram manter o consumo e a eficiência do processo digestivo.

Menor ingestão de água pode estar associada com a redução da motilidade do rúmen e da diminuição da taxa de passagem com consequente aumento na digestibilidade dos carboidratos estruturais (Silanikove, 1992)

Contudo, o fato da redução da oferta hídrica até o maior nível não ter afetado o consumo e digestibilidade dos carboidratos fibrosos pode denotar que, possivelmente não houve maior tempo de retenção do alimento no rúmen, uma vez que o consumo de MS e das frações fibrosas são semelhantes e não houve alteração na digestibilidade desses.

Era esperado o efeito linear decrescente observado sobre o consumo de água livre e consumo total de água, uma vez que estes resultam do fornecimento de 80, 60 e 40% de água livre em relação ao controle, perfazendo a redução de aproximadamente 19,39; 39,94 e 59,44% no consumo de água livre.

Considerando que o consumo total de água resulta do somatório entre consumo de água livre e consumo de água via alimento, a redução da oferta hídrica, refletiu diretamente no consumo total de água, onde foi observado decréscimo de 13,11; 22,72 e 34,42% no consumo total de água, valores próximos a redução proposta nos tratamentos.

O decréscimo na produção urinária total, água excretada via urina, excreção de água via fezes, perdas totais de água e água absorvida estão intimamente ligadas.

Quanto menor o nível de excreção de água via urina maior será concentração de eletrólitos sanguíneos, e com isso há aumento das exigências de água. Uma vez que a ingestão dos nutrientes, incluindo o N e demais minerais não foi afetado pelas ofertas hídricas, seria necessário um aumento na ingestão de água para excreção dos metabólitos gerados decorrentes da reabsorção de água a nível renal (Correia, 2015).

A água no plasma sanguíneo tem a função de conduzir tóxicos e substâncias em excesso ou resíduos metabólicos no organismo a ser excretados (Wakchaure et al., 2015).

Os resultados obtidos corroboram com Vosooghi- Postindoz et al. (2018), que observaram redução de 84,97% na produção de urina, ao submeterem cordeiros Baluchi à

restrição hídrica de 50%. Contudo, foi registrado redução de 52, 84% na produção de fezes (MS).

Os autores relacionaram o ocorrido com o menor consumo de matéria seca e maior absorção de água, resultando em fezes com menor teor de umidade, o que difere dos resultados do presente estudo para produção de fezes. No presente estudo a produção de fezes não diminuiu e foi expressa em matéria natural.

Nejad et al. (2017) também observaram redução na produção de urina (volume) em 16,48% em 2 h de restrição hídrica após alimentação e 20,24% em 3 horas de restrição em ovelhas Corriedale.

Condições de baixa ingestão de água podem levar ao fenômeno de hemoconcentração, com a redução do fluxo sanguíneo nos rins, a reabsorção de água a partir dos néfrons é ativada em um maior nível (Casamassima et al., 2008).

Isto está diretamente ligado à presença de minerais tais como o sódio e potássio. Na Alça de Henle ocorre a reabsorção de água e Na, por osmose e via co-transportador dependente de Na, K e Cl. Enquanto, no túbulo distal ocorre reabsorção de água e Na e excreção de K (Reece, 2008).

A redução da excreção de água via fezes é efeito direto da redução da ingestão de água, com isso a taxa de passagem pelo trato digestivo pode ser reduzida, levando ao aumento do teor de MS das fezes — explanado mais adiante (Silanikove, 1996).

Ao somar as perdas totais de água que foram reduzidas, assim como a água absorvida, os resultados observados podem ser explicados pelos argumentos descritos acima. Essas adaptações provavelmente foram a maneira de manter estável o equilíbrio eletrolítico no corpo, esta premissa pode ser confirmada, pelo balanço hídrico não ter sido afetado pelas ofertas hídricas.

As respostas da ingestão de N provavelmente são devido ao consumo de PB e N não terem sido afetados pelas ofertas hídricas. A redução da excreção de nitrogênio via fezes pode ser explicada por dois fatores: o primeiro seria a redução da produção de fezes em se tratando de valores numéricos, embora sem efeito estatístico; A segunda explicação é a diminuição da excreção de água via fezes.

A redução da excreção de água via fezes resultou em fezes com maior teor de MS, dos quais 35,91; 37,26; 38,06 e 42,65% para as ofertas de 100, 80 60 e 40% respectivamente. Esse recurso pode ter sido utilizado para compensar a redução da oferta de água, uma vez que com reduções na ingestão de água, pode ocorrer a diminuição da taxa de passagem como citado

anteriormente, o que leva ao melhor aproveitamento dos nutrientes, maior absorção e eficiência no uso destes, o que explica a redução na quantidade de N presente nas fezes.

Os resultados corroboram com os encontrados por Nejad et al. (2014), onde ovelhas Corriedale submetidas a 2 e 3 horas de restrição hídrica, observaram redução da excreção de nitrogênio fecal. De acordo com os autores, a menor excreção de nitrogênio fecal reflete o aumento na digestibilidade da PB (fato não observado no presente estudo), resultando em maior retenção de nitrogênio a qual confere balanço de nitrogênio positivo.

No presente experimento não houve aumento da digestibilidade da PB, mas sim a manutenção do consumo e digestibilidade similar entre os tratamentos, esse fato ressalta que as duas teorias juntas explicam a redução do N excretado nas fezes.

O fato de o balanço de nitrogênio não ter sido afetado pelas ofertas hídricas, sugerem que houve sincronia entre a disponibilidade de energia e proteína para os microrganismos ruminais (Araújo et al., 2019) e que possivelmente os animais não precisaram mobilizar as reservas de proteína corporal para atender às necessidades nutricionais, sendo estas atendidas pela dieta, o que proporcionou condições para a ausência de perda de peso corporal.

5. Conclusão

Ofertas hídricas de até 40% do consumo *ad libitum* não promove efeitos negativos sobre o consumo e digestibilidade aparente de nutrientes, consumo de minerais, balanço de nitrogênio e balanço hídrico em ovelhas mestiças Santa Inês confinadas.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Pernambuco - FACEPE - (PRONEM /FACEPE / CNPq), processo: APQ-0895-5.05 / 14, pelo apoio financeiro ao projeto. À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por duas bolsas de incentivo de mestrado e uma de doutorado.

Referências

- Akinmoladun, O.F., Muchenje, V., Fon, F.N., 2019. Small Ruminants: Farmers' hope in a world threatened by water scarcity. *Animals*, 9, 456. <https://doi.org/10.3390/ani9070456>.
- Alamer M., 2010. Effect of water restriction on thermoregulation and some biochemical constituents in lactating Aaradi goats during hot weather conditions. *Scientific Journal of King Faisal University*, 11(2), 1431-1439.

- Albuquerque, I.R.R., Araújo, G.G.L., Voltolini, T.V., Moura, J.H.A., Costa, R.G., Gois, G. C., Costa, S.A.P., Campos, F.S., Queiroz, M.A.A., Santos, N.M.S.S., 2020. Saline water intake effects performance, digestibility, nitrogen and water balance of feedlot lambs. *Animal Production Science* 60, 1–7. <https://doi.org/10.1071/AN19224>.
- Al-Ramamneh, D., Riek, A., Gerken, M., 2012. Effect of water restriction on drinking behaviour and water intake in German black-head mutton sheep and Boer goats. *Animal*, 6, 173-178. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001431>
- Arabi, O.H., Elmawlla, S. F., Abdelhai, E., Moneim, A. 2014. Macro Minerals Profiles In Camel's Meat. *Int J Cur Res Rev*, v.6, n.5, p.19-24.
- Araújo, C.A., Magalhães, A.L.R., de Araújo, G.G.L., Campos, F.S., Gois, G.C., de Matos, M.H.T., Leite, A.C.S.P. 2021. Effect of reduced of water supply on carcass characteristics, non-carcass components and the volume of digestive compartments of Santa Inês ewes. *Livestock Science*, 245, 104402.<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104402>.
- Azambuja, E.L.R., González-garcía, E., 2016. Indigenous sheep breeds in Brazil: potential role for contributing to the sustainability of production systems. *Tropical Animal Health and Production* v. 48, n. 7, p. 1305-1313. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1109-3>.
- AOAC, 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed. (Association of Official Analytical Chemists), Ed., Latimer Jr., GW. Washington (D.C.). 3100p.
- AOCS, 1984. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society, 3rd edn. AOCS Press, Champaign, US.
- AOCS, 2017. Official methods and recommended practices of the American Oil Official Method Chemists' Society, 7th. ed. 3000p.
- Carro, M.D., Cantalapiedra-Hijar, G., Ranilla, M.J., Molina-Alcaide, E. 2012. Urinary excretion of purine derivatives, microbial protein synthesis, nitrogen use, and ruminal fermentation in sheep and goats fed diets of different quality. *Journal of Animal Science*, 90(11), 3963-3972. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4577>
- Casamassima, D., Pizzo, R., Palazzo, M., D'alessandro, A.G., Martemucci, G. 2008. Effect of water restriction on productive performance and blood parameters in comisana sheep reared under intensive condition. *Small Ruminant Research*. 78(1-3), 169-175.
- Casamassima, D., Vizzarri, F., Nardoia, M., Palazzo, M. 2016. The effect of water-restriction on various physiological variables in intensively reared Lacaune ewes. *Veterinari Medicina*. 61(11): 623-634. doi: 10.17221/144/2015-VETMED.

- Correia, P. 2015. I–Hydro electrolyte balance homeostasis. *Portuguese Journal of Nephrology and Hypertension*, 29, 21-27.
- Church, D.C., 1976. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants: Digestive Physiology*, 2nd ed. O & B Books Publishing, Corvallis, pp. 349.
- Cordova-Torres, A.V., Costa, R.G., Medeiros, A.N., Araújo Filho, J.T., Ramos, A.O., Alves, N.L., 2017. Performance of sheep fed forage cactus with total water restriction. *Revista Brasileira de saúde e produção animal*. 18(2), 369-377. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000200015>.
- D'Ambrosio, C., Sarubbi, F., Scaloni, A., Rossetti, C., Grazioli, G., Auriemma, G., Spagnuolo, M.S., 2018. Effect of short-term water restriction on oxidative and inflammatory status of sheep (*Ovis aries*) reared in Southern Italy. *Small Ruminant Research*, 162, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.03.008>.
- Hall, M.B., 2000. *Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates: Nutritional Relevance and Analysis, a Laboratory Manual*, 339. University of Florida Extension Bulletin. April.
- Hamadeh, S.K., Rawda, N., Jaber, L.S., Habre, A., Abi Said, M. and Barbour, E. K., 2006. Physiological responses to water restriction in dry and lactating Awassi ewes. *Livestock Science*. 101: 101109. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.016>.
- Harris, D.C. *Quantitative chemical analysis*. New York: W.H. Freeman, 1991. 782p.
- Henriques, L.C.S., Gregory, L., Rizzo, H., Hasegawa, M.Y., Meira J.R., E.B.S. 2016. Avaliação dos fatores etários sobre a função renal de ovelhas Santa Inês. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 36, (7), 642-646. [10.1590/S0100-736X2016000700014](https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000700014).
- Iñiguez, L., 2011. The challenges of research and development of small ruminant production in dry areas. *Small Ruminant Research*, 98, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.010>
- Irschik, I., Bauer, F., Sager, M., Paulsen, P. 2013. Copper residues in meat from wild artiodactyls hunted with two types of rifle bullets manufactured from copper. *European Journal of Wildlife Research*, 59(2), 129-136. <https://doi.org/10.1007/s10344-012-0656-9>.
- Jaber, L.S., Habre, A., Rawda, N., Said, M.A., Barbour, E.K., Hamadeh, S., 2004. The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 54, 115–120.
- Kozloski, G.V., Fiorentini G., Härter C.J., Sanchez L.M.B. 2005. Uso da creatinina como indicador da excreção urinária em ovinos. *Ciência Rural*. 35(1). 98-102. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000100015>.

- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).
- Kalyan, D., Kumar, D., Sharma, S., Kumawat, P., Mohapatra, A., Sahoo, A., 2020. Effect of drinking earthen pot water on physiological response and behavior of sheep under heat stress. *Current Biology*, 87, 102476 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102476>.
- Khan, A.A., Randhawa, M.A., Carne, A., Ahmed, I.A.M., Barr, D., Reid, M., Bekhit, A.E.D.A. 2017. Effect of low and high pulsed electric field on the quality and nutritional minerals in cold boned beef *M. longissimus et lumborum*. *Innovative food Science & Emerging Technologies*, v.41, p.135-143. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.03.002>.
- Mpendulo, C.T., Chimonyo M, Zindove, T.J. 2017. Influence of water restriction and salinity on feed intake and growth performance of Nguni does. *Small Ruminant research*, 149, 112–114. doi:10.1016/j.smallrumres.2017.02.002
- Nejad, J. G., Lohakare, J. D., West, J. W., Sung, K. 2014. Effects of water restriction after feeding during heat stress on nutrient digestibility, nitrogen balance, blood profile and characteristics in Corriedale ewes. *Animal Feed Science and Technology*, 193, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.011>
- Nejad, J. G., Oskouian, E., Byong-Wan, K., Bae-Hun, L., Sung, K. I. 2017. Microbial nitrogen production, nitrogen balance and excretion of urinary purine derivatives in Corriedale ewes under water deprivation. *Annals of Animal Science*, 17(2), 517. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0064>.
- Nobre, I.S., de Araújo, G. G. L., Santos, E. M., de Carvalho, G. G. P., de Souza, B. B., Ribeiro, O. L., de Albuquerque, I. R. R. 2018. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. *Semina: Ciências Agrárias*, 39, 1683-1694. doi: 10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683.
- NRC, 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7th. rev. ed. The National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC, 2007. *National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academy Press, Washington, D.C., p. 384.
- Santos, F.M., Araújo, G.G.L., Souza, L.L., Yamamoto, S.M., Queiroz, M.A.A., Lanna, D.P. D., Moraes, S.A., 2019. Impact of water restriction periods on carcass traits and meat quality of feedlot lambs in the Brazilian semi-arid region. *Meat Science*, 156, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.033>.

- Reece, W. O. 2008. Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos. Editora Roca.
- Silanikove, N. 1992. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants – a review. *Livestock production Science*, 30, 175–194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(06\)80009-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(06)80009-6).
- Silva, J.F.C., Leão, M.I. 1979. Fundamentos de nutrição dos ruminantes. Piracicaba: Livroceres.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of animal Science*, 70, 3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, 74, 3583–3597, 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Vosooghi-Postindoz, V., Tahmasbi, A., Naserian, A. A., Valizade, R., Ebrahimi, H. 2018. Effect of water deprivation and drinking saline water on performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and rumen parameters in Baluchi lambs. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(3), 445-456.
- Wakchaure, R., Ganguly, S., Praveen P. K., 2015. Role of water in livestock. *Recent Advanced Academic. Science Journal*, 1, 53–56.
- Zambrzycka, E., Godlewska-Żyłkiewicz, B. 2014. Determination of sulfur in food by high resolution continuum source flame molecular absorption spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 101, 234-239. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2014.08.041>.

Tabela 1. Características físicas e químicas da água ofertada.

Parâmetros	
Cálcio (mmol/L)	0,63
Magnésio (mmol/L)	0,74
Sódio (mmol/L)	0,27
Potássio (mmol/L)	0,18
Carbonatos (mmol/L)	0,0
Bicarbonatos (mmol/L)	0,32
Sulfatos (mmol/L)	0,51
Cloretos (mmol/L)	0,66
pH	6,98
Condutividade elétrica (ds/m)	0,08
Dureza total CaCO ₃ (mg/L)	3,44

Tabela 2. Ingredientes e composição química da dieta experimental.

Ingredientes	em % matéria seca			
Capim elefante	46,0			
Farelo de milho	38,1			
Mistura mineral-Ovinos ¹	2,0			
Ureia	0,7			
Farelo de soja	13,2			

Nutrientes (g/kg)	Capim- elefante	Farelo de milho	Farelo de soja	Dieta
Matéria seca ²	272,0	889,3	886,1	617,2
Matéria orgânica ³	919,9	987,1	935,2	919,1
Matéria mineral ³	80,1	12,9	64,8	80,9
Proteína Bruta ³	50,4	89,9	487,4	131,7
Extrato etéreo ³	12,2	45,1	19,0	24,6
Fibra em detergente neutro _{cp} ³	714,1	111,6	154,6	421,7
Fibra em detergente ácido ³	398,6	33,7	88,5	206,7
Carboidratos totais ³	857,2	859,9	42,8	762,8
Carboidratos não fibrosos ³	143,2	642,0	27,85	367,7
Hemicelulose ³	315,5	77,9	66,1	215,0
Nutrientes digestíveis totais ³	570,1	850,0	800,48	821,4

¹Níveis de garantia por quilo de produto garantido pelo fabricante: cálcio(min.) 190 g; fósforo (min.) 75 g; magnésio (min.) 10 g; cloro (min.) 218 g; enxofre (min.) 70 g; sódio (min.) 143 g; cobre (min.) 300 mg; cobalto(min.) 405 mg; ferro (min.) 500 mg; iodo (min.) 80 mg; manganês (min.) 1.100 mg; selênio (min.) 30 mg; zinco (min.) 4600 mg; flúor (máx.) 0,87 g; solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico 2% (min.): 95%. ²Em g / kg de matéria natural; ³Em g / kg de matéria seca.

Tabela 3. Composição mineral dos ingredientes e da dieta experimental.

Minerais	Volumoso	Concentrado	Dieta
Fósforo (g.kg ⁻¹)	4,51	11,67	8,37
Potássio (g.kg ⁻¹)	20,35	16,80	18,43
Cálcio (g.kg ⁻¹)	6,77	15,83	11,66
Magnésio (g.kg ⁻¹)	3,21	1,95	2,52
Sódio (g.kg ⁻¹)	0,26	4,8	2,71
Enxofre(g.kg ⁻¹)	1,51	3,06	2,34
Boro (mg.kg ⁻¹)	9,63	7,46	8,45
Cobre (mg.kg ⁻¹)	10,79	131,13	75,77
Ferro (mg.kg ⁻¹)	97,16	269,85	190,41
Manganês (mg.kg ⁻¹)	47,96	79,51	64,99
Zinco (mg.kg ⁻¹)	42,94	136,50	93,46

Tabela 4. Consumo diário de componentes nutricionais de digestibilidade aparente de nutrientes em ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.

Variável	Níveis ofertas hídricas (%)				EPM	Pvalor	
	100	80	60	40		L	Q
Consumo							
Matéria seca (kg/dia)	1,15	1,10	1,10	1,08	0,044	0,574	0,844
Matéria orgânica (kg/dia)	0,95	0,88	0,88	0,86	0,034	0,373	0,644
Proteína bruta (kg/dia)	0,16	0,15	0,15	0,15	0,006	0,478	0,726
Fibra em detergente neutro (kg/dia)	0,44	0,42	0,43	0,41	0,018	0,715	0,932
Fibra em detergente ácido (kg/dia)	0,20	0,20	0,20	0,19	0,009	0,734	0,91
Extrato etéreo (kg/dia)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,001	0,489	0,791
Carboidratos não fibrosos (kg/dia)	0,44	0,42	0,42	0,41	0,016	0,559	0,803
Carboidratos totais (kg/dia)	0,87	0,83	0,83	0,81	0,034	0,598	0,865
Consumo de nutrientes digestíveis totais (kg/dia)	0,83	0,84	0,81	0,81	0,029	0,748	0,948
Consumo de energia digestível (Mcal/kg)	3,64	3,68	3,55	3,56	0,129	0,755	0,951
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,98	3,02	2,91	2,92	0,105	0,749	0,948
Coeficiente de digestibilidade (g/kg MS)							
Matéria seca	0,72	0,74	0,74	0,75	0,007	0,363	0,589
Matéria orgânica	0,71	0,73	0,72	0,72	0,008	0,780	0,932

Proteína bruta	0,83	0,89	0,89	0,89	0,010	0,148	0,266
Fibra em detergente neutro	0,63	0,63	0,64	0,64	0,012	0,675	0,887
Fibra em detergente ácido	0,56	0,58	0,60	0,58	0,015	0,628	0,73
Extrato etéreo	0,70	0,73	0,71	0,69	0,010	0,559	0,482
Carboidratos não fibrosos	0,84	0,88	0,87	0,87	0,008	0,167	0,245
Carboidratos totais	0,74	0,76	0,76	0,76	0,007	0,355	0,584

EPM = erro padrão das médias; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático

Tabela 5. Consumo diário de minerais de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.

Variáveis	Níveis de fornecimento de água (%)				EPM	P valor	
	100	80	60	40		L	Q
P (g/dia)	0,11	0,10	0,10	0,10	0,004	0,547	0,559
K (g/dia)	0,21	0,19	0,21	0,19	0,01	0,483	0,776
Ca (g/dia)	0,15	0,13	0,14	0,13	0,006	0,411	0,538
Mg(g/dia)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,001	0,758	0,754
S (g/dia)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,001	0,410	0,692
Na (g/dia)	0,33	0,29	0,30	0,30	0,005	0,335	0,582
B(mg/dia)	0,12	0,10	0,11	0,10	0,007	0,667	0,883
Cu (mg/dia)	0,12	0,11	0,12	0,11	0,096	0,915	0,500
Fe (mg/dia)	1,72	1,81	2,00	1,63	0,03	0,529	0,665
Mn (mg/dia)	0,77	0,66	0,72	0,69	0,045	0,481	0,551
Zn (mg/dia)	1,21	1,04	1,11	1,09	0,013	0,493	0,591

EPM = erro padrão das médias; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático; P: fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: magnésio; S: Enxofre; Na: sódio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: Zinco.

Tabela 6. Balanço hídrico e de nitrogênio de ovelhas mestiças Santa Inês submetidas a redução da oferta hídrica.

Variáveis (g/dia)	Níveis de ofertas hídricas (%)				EPM	Pvalor	
	100	80	60	40		L	Q
Consumo de água livre ¹	1.538,08	1.239,85	923,77	623,90	68,581	<0,001	0,990
Consumo de água via alimento	1.723,53	1.594,28	1.596,81	1.514,94	56,802	0,226	0,476
Consumo total de água ²	3.261,61	2.834,13	2.520,56	2.138,84	104,857	<0,001	0,886
Produção urinária total ³	1.102,32	711,07	580,18	415,39	91,416	0,008	0,503
Água excretada via urina ⁴	993,34	623,07	512,38	345,99	82,834	0,006	0,501
Produção fezes (matéria natural)	940,71	761,61	756,43	611,46	43,921	0,091	0,344
Excreção água via fezes ⁵	602,86	477,80	468,57	350,68	31,049	0,006	0,950
Perdas totais de água ⁶	1.596,19	1.100,87	980,96	696,68	94,411	<0,001	0,489
Água absorvida ⁷	2.658,75	2.356,33	2.051,99	1.788,16	85,046	<0,001	0,884
Balanço hídrico	1.665,42	1.733,26	1.539,61	1.442,16	68,217	0,160	0,316
Nitrogênio ingerido	23,89	22,44	21,30	21,04	0,784	0,171	0,371
Nitrogênio nas fezes ⁸	3,46	2,57	2,23	1,96	0,193	0,002	0,329
Nitrogênio na urina	2,32	2,14	1,95	2,16	0,181	0,693	0,815
Nitrogênio absorvido	20,43	19,88	19,07	19,09	0,813	0,514	0,799
Nitrogênio retido	18,11	17,73	17,12	16,92	0,802	0,568	0,851
N retido/N absorvido	0,88	0,88	0,89	0,87	0,010	0,989	0,861
N retido/N ingerido	0,74	0,78	0,80	0,80	0,014	0,122	0,217

EPM = erro padrão das médias; L = significância para efeito linear; Q = significância para efeito quadrático; ⁽¹⁾ $\hat{y} = 15,293x + 10,882$, $R^2 = 0,99$;

⁽²⁾ $\hat{y} = 18,409x + 1.400,13$, $R^2 = 0,99$; ⁽³⁾ $\hat{y} = 10,958x - 64,848$, $R^2 = 0,93$; ⁽⁴⁾ $\hat{y} = 10,263x - 99,749$, $R^2 = 0,93$; ⁽⁵⁾ $\hat{y} = 3,829x + 206,959$, $R^2 = 0,92$;

$$^{(6)}\hat{y} = 14,092x + 107,218, R^2 = 0,94; ^{(7)}\hat{y} = 14,581x + 1.193,16, R^2 = 0,99; ^{(8)}\hat{y} = 0,024x + 0,855, R^2 = 0,92.$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS/IMPLICAÇÕES FUTURAS

A redução da oferta hídrica mostrou ser uma importante alternativa onde há déficit ou insuficiência de água local, porquanto, a redução dos níveis de oferta hídrica não afetou o consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento, balanço hídrico e de nitrogênio, desempenho, além do sistema de criação proposto ser economicamente viável.

Com isso, podemos dizer que reduzir a oferta hídrica em até 60%, ou seja, 40% da oferta *ad libitum*, é uma estratégia de manejo hídrico que pode ser usada durante períodos de até 58 dias (ciclo completo de terminação de ovelhas de descarte, neste caso).

Como perspectiva futura de curto prazo, os resultados promissores sugerem a adoção dessa tática por criadores de ovinos do Semiárido nordestino brasileiro, principalmente como fonte de renda extra, por meio do confinamento e terminação de fêmeas de descarte, desde que o manejo hídrico seja visto como essencial tal como o uso de dietas balanceadas.

Como perspectiva futura de médio a longo prazo, estudos acerca de como a redução da oferta hídrica afeta a microbiota ruminal e a fermentação ruminal, utilizando tecnologias tais como o uso da metagenômica, bem como a qualidade da carne utilizando a técnica da proteômica, torna possível o conhecimento de novas maneiras de seleção por intermédio de marcadores moleculares, embora a biotecnologia seja extensivamente cara.

Ainda a respeito de perspectivas futuras, é crescente a preocupação por parte dos consumidores com os problemas ambientais e com a saúde do próprio consumidor. O estudo de como os níveis de oferta hídrica impactam a emissão de gases de efeito estufa, e o perfil de ácidos graxos da carne, contribuirão para a desmistificação associadas a carne proveniente de ruminantes.

Por fim, o estudo de outros níveis de ofertas, de períodos mais prolongados, em animais para aptidões e em vários estágios fisiológicos diferentes (visto que animais de diferentes aptidões e estágio fisiológico responderão de forma particular), em quantas variáveis for possível, contribuirão com informações no ciclo produtivo completo e norteará as reais exigências em cada fase.

Após isso, equações matemáticas podem ser de grande valia para determinação do consumo de água e nutrientes, a fim de promover uma pecuária sustentável com o mínimo de desperdícios.