

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE CAPRINOS E OVINOS

BR-CAPRINOS & OVINOS



INCT - CIÊNCIA ANIMAL



Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons: Atribuição Não Comercial Sem Derivações 4.0 Internacional – CC BY-NC (CC BY-NC-ND).

Copyright © Todos os direitos reservados. Lei nº 9.610/1998 dos Direitos Autorais do Brasil. Esta obra não pode ser plagiada, mas pode ser divulgada e reproduzida com a citação clara das fontes e autorias.

Todas as imagens e fotos deste livro são do arquivo pessoal dos autores, com prévia autorização para sua publicação.

Arte da capa: Ingrid Rodrigues Sousa Brito

Conselho Editorial

Profa. Elzania Sales Pereira (<http://lattes.cnpq.br/4011686548866427>)

Profa. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira (<http://lattes.cnpq.br/6293663565260182>)

Prof. José Augusto Gomes Azevêdo (<http://lattes.cnpq.br/9391454312997091>)

Profa. Stefanie Alvarenga Santos (<http://lattes.cnpq.br/6751268658250102>)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Ex52 Exigências Nutricionais de Caprinos e Ovinos – BR-Caprinos & Ovinos – São Carlos: Editora Scienza, 2024.

270 p.

ISBN (impresso) – 978-65-5668-183-2

ISBN (digital) – 978-65-5668-184-9

DOI – <http://dx.doi.org/10.26626/9786556681849.2024B0001>

1. Caprinos. 2. Ovinos. 3. Nutrição animal. 4. Zootecnia. 5. Ciência animal.
I. Título.

CDD 630

636089

agricultura e tecnologias aplicadas – veterinária

Elaborado por Natalia Gallo Cerrao – CRB 8/10169

Índice para catálogo sistemático:

1. Agricultura e tecnologias aplicadas, 630; Veterinária, 636089



Rua Juca Sabino, 21 – São Carlos, SP

(16) 9 9285-3689



www.editorascienza.com.br | gustavo@editorascienza.com

2

Predição do consumo de matéria seca para caprinos e ovinos

José Augusto Gomes Azevêdo, Maria Izabel Batista Pereira, Lígia Lins Souza, Guilherme Lobato Menezes, Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, Elzania Sales Pereira, Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, Stefanie Alvarenga Santos, Mara Lúcia Albuquerque Pereira, Gherman Garcia Leal de Araújo, Magno José Duarte Cândido, Leilson Rocha Bezerra, José Moraes Pereira Filho, Dorgival Moraes de Lima Júnior, Stela Antas Urbano, Marcelo de Andrade Ferreira e Henry Daniel Ruiz Alba

INTRODUÇÃO

O monitoramento do consumo de matéria seca (CMS) é essencial na produção animal, pois influencia diretamente no aporte nutricional necessário para atender às exigências de manutenção, produção e/ou reprodução. A compreensão da predição do CMS é fundamental para aprimorar vários aspectos da caprino-ovinocultura.

Inclui-se a elaboração de planos para suplementação e alimentação em confinamento, a suplementação nutricional dos caprinos e ovinos em pastagens, o balanceamento correto das dietas, além do cálculo da viabilidade econômica de um sistema de produção, entre outros fatores. Além disso, o CMS e a concentração correta dos nutrientes

da dieta impactam diretamente na saúde e bem-estar animal, uma vez que os nutrientes consumidos e metabolizados influenciam no sistema imunológico.

O CMS pode ser influenciado pela diversidade e amplitudes climáticas, raças, classe sexual, diferentes alternativas alimentares e sistemas de produção. Portanto, estimar o CMS em caprinos e ovinos criados no Brasil é uma tarefa complexa e multifatorial (Resende *et al.*, 2008).

Neste contexto, é de suma importância compreender os principais fatores que afetam o CMS para propor modelos generalistas adaptados às condições de produção nacionais. Esses modelos devem prever com precisão o CMS para a produção de caprinos e ovinos em ambientes tropicais.

FATORES QUE INFLUENCIAM NO CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Fatores Ambientais

Os caprinos e ovinos são animais capazes de regular sua própria temperatura corporal, o que significa que podem manter um equilíbrio interno quando a temperatura ao seu redor está dentro de certos limites (Santos *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2010).

No entanto, no Brasil, devido a extensa área geográfica, as variações climáticas podem exigir gastos energéticos para manter sua temperatura interna estável, o que afeta a quantidade de alimento que consomem e, conseqüentemente, sua produção de carne, leite ou lã e até mesmo a saúde e o bem-estar.

Entre todos os fatores climáticos, a temperatura do ar é a que tem maior impacto no CMS em caprinos e ovinos, já que provoca mudanças fisiológicas, metabólicas e comportamentais (Borges *et al.*, 2007). Essas mudanças podem ser agravadas pela alta umidade, radiação térmica e baixa circulação do ar (Morrison, 1983).

De acordo com Collier e Beede (1982), em altas temperaturas, os animais reduzem o CMS para diminuir a taxa metabólica e, conseqüentemente, reduzir a temperatura corporal. Essa redução no consumo é resultado da inibição do calor sobre o centro do apetite, devido ao aumento da frequência respiratória e à diminuição da atividade gastrointestinal, o que reduz a taxa de passagem do alimento pelo rúmen.

Em situações de estresse calórico, deve-se dar preferência a alimentos menos fibrosos com rápida passagem pelo organismo. O incremento calórico, oriundo da metabolização da fibra da dieta, pode aumentar o estresse térmico devido ao calor proveniente

do metabolismo da digestão e/ou fermentação da fibra.

Em um estudo comparativo sobre a resposta ao calor em caprinos e ovinos, Machado *et al.* (2020) notaram que os caprinos são menos suscetíveis ao estresse térmico. Isso implica que esses animais requerem mecanismos biológicos de termorregulação menos intensos, uma característica que pode estar associada à eficiência superior dos caprinos no uso da água e na degradação de fibras. Além disso, devido ao menor CMS para atendimento de suas necessidades nutricionais, os caprinos possivelmente têm menor utilização de rotas evaporativas para dissipação de calor e menor incremento calórico gerado pelo CMS, comparativamente aos ovinos.

A radiação solar também pode afetar o CMS em ovinos e caprinos e é responsável por aumentar a temperatura corporal dos animais, o que pode levar a uma redução no CMS. Neiva *et al.* (2004) observaram que ovinos Santa Inês mantidos à sombra apresentaram CMS (1.062 g/dia) 11% maior em relação àqueles mantidos ao sol (944 g/dia). Já Andrade (2011) observou uma redução de 15,3% no CMS para ovinos em estresse calórico (1.177 g/dia) comparado aos animais em conforto (1.390 g/dia).

A fim de mitigar os efeitos adversos do estresse térmico, é fundamental implantar práticas estratégicas que envolvam adaptações no manejo nutricional (Lima *et al.*, 2022). Nessa perspectiva, alimentar os animais durante os períodos mais frescos do dia (pela manhã e/ou no final da tarde), além de dividir a dieta em porções menores, a suplementação lipídica ou o uso de aditivos e fornecer menor proporção de volumoso são algumas estratégias nutricionais para modular o calor gerado pelo metabolismo animal. Tais ações reduzem o impacto direto na quantidade de calor

produzida pelos animais durante períodos em que as condições térmicas são desfavoráveis (Jochims *et al.*, 2010).

Além disso, devido ao aquecimento global, o estresse térmico está se tornando uma restrição importante para a produtividade animal e, por isso, é essencial selecionar indivíduos capazes de alcançar todo seu potencial produtivo, mesmo em condições climáticas adversas.

Fatores Fisiológicos

A fase fisiológica gestacional que cabras e ovelhas se encontram pode interferir diretamente no CMS (Macedo Junior *et al.*, 2010). Isto ocorre porque, no terço final de gestação, ou nos últimos dois meses, ocorre maior crescimento fetal, responsável por 90% do peso dos neonatos.

O crescimento do feto faz com que o útero, o saco coriônico e a placenta aumentem de tamanho e ocupem o espaço de parte do trato gastrointestinal (mais especificamente, o rúmen e o retículo), restringindo o CMS.

Além disso, se a gestação for dupla, a restrição sobre o CMS será ainda maior (Macedo Junior *et al.*, 2012). Restrições nutricionais nesse período podem gerar crias com baixo peso ao nascer, e aumentar a mortalidade neonatal. Portanto, prever o CMS é essencial ao planejar dietas para esta categoria animal, considerando a redução na capacidade de CMS.

Dessa forma, Pulina *et al.* (1996) desenvolveram modelos de predição do CMS para ovelhas gestantes (secas):

- Ovelhas gestantes secas:

$$\text{CMS (kg/dia)} = (-0,545 + 0,095 \times \text{PC}^{0,75} + 0,005 \times \text{GMD}) \times F$$

onde: PC, peso corporal médio, em kg; GMD, ganho médio diário, em kg/dia; F, fator de correção.

As ovelhas em gestação e secas diminuem seu CMS à medida que se aproximam do dia do parto, sendo necessário um fator de ajuste na predição do CMS (F). Este fator de ajuste está relacionado aos dias de gestação em relação ao parto e do peso esperado da cria, ou seja, do peso ao nascer do(s) cordeiro(s) e/ou estes fatores combinado(s).

De acordo com o descrito por Gallo e Tedeschi (2021), para cordeiros com peso ao nascimento MENOR que 4 kg, os fatores de ajuste para predição do CMS são:

- Maior que 6 semanas antes do parto, F = 1,00;
- Entre 5 e 6 semanas antes do parto, F = 0,97;
- Entre 3 e 4 semanas antes do parto, F = 0,93;
- Entre 1 e 2 semanas antes do parto, F = 0,88.

E, para cordeiros com peso ao nascimento MAIOR que 4 kg, os fatores de ajuste para predição do CMS são:

- Maior que 6 semanas antes do parto, F = 1,00;
- Entre 5 e 6 semanas antes do parto, F = 0,96;
- Entre 3 e 4 semanas antes do parto, F = 0,90;
- Entre 1 e 2 semanas antes do parto, F = 0,82.

Após o parto, cabras e ovelhas lactantes têm aumento nas exigências energéticas devido às alterações na produção de hormônios e às necessidades metabólicas associadas à pro-

dução de leite e à involução uterina (Lunesu *et al.*, 2021).

No entanto, o aumento no CMS é um processo lento e gradual (Gallo e Tedeschi, 2021), sendo muitas vezes insuficiente para atender às necessidades nutricionais. Esse fenômeno pode resultar em um balanço energético negativo e na perda de massa corporal (Oliveira *et al.*, 2022).

A situação pode ser ainda mais desafiadora em casos de partos duplos, já que aumenta as necessidades nutricionais (Castro *et al.*, 2012). Por isso, é essencial prever o CMS nesse período para evitar desequilíbrios nutricionais e preservar o bem-estar, saúde e eficiência produtiva do rebanho.

O modelo para prever o CMS para ovelhas em lactação proposto por Pulina *et al.* (1996) foi:

- Ovelhas em lactação:

$$\text{CMS (kg/dia)} = (-0,545 + 0,095 \times \text{PC}^{0,75} + 0,0025 \times \text{GMD} + 0,65 \times \text{LCG}) \times F$$

onde: PC, peso corporal médio, em kg; GMD, ganho médio diário, em kg/dia; F, fator de correção; e LCG, leite corrigido para gordura utilizando a seguinte equação:

$$\text{LCG (kg/dia)} = (0,3688 + 0,0971 \times \text{GL}) \times \text{PL}$$

onde: GL, teor de gordura do leite, em %; e PL, produção de leite, em kg/dia.

Ledda *et al.* (2023) utilizaram o modelo de predição do CMS para ovelhas em lactação proposto por Pulina *et al.* (1996) e observaram que, para 23 ovelhas pluríparas, com PC de $44,38 \pm 4,86$ kg e LCG de $1,56 \pm 0,39$ kg/dia, o CMS foi de $2,00 \pm 0,63$ kg/dia, semelhante aos valores observados de

CMS para ovelhas que estavam em sistemas monitorados por cochos automáticos.

Gallo e Tedeschi (2021) desenvolveram equações de ajuste (F) para serem consideradas no modelo de predição do CMS proposto por Pulina *et al.* (1996) após o parto e até o pico de lactação. Estes autores utilizaram 61 ovelhas, sendo 33 ovelhas gestantes não lactantes e 28 ovelhas lactantes, mestiças de Santa Inês e Dorper, com idades entre dois e quatro anos, em condições brasileiras.

As ovelhas foram alimentadas *ad libitum*, com silagem de milho e concentrado. Durante o período de 50 dias de gestação até o parto, as ovelhas tiveram um GMD de 171 g, e, aos 30 dias de lactação, o GMD foi de -150 g. O pico de produção de leite foi atingido aos 40 dias de lactação, com uma produção de 0,5 kg de leite por dia.

Para Gallo e Tedeschi (2021) os fatores de ajuste para predição do CMS de ovelhas em lactação em condições tropicais deve ser:

$$F = \frac{1 + RP \times \left(\frac{DL}{PPL} \right)^{1,4} \times \text{Exp} \left(1,4 \times \left(1 - \frac{DL}{PPL} \right) \right)}{1 + RP}$$

onde: F, fator de ajuste para ovelhas em lactação até o pico de produção de leite; RP, fator ligado a raça e número de cordeiro amamentando, considera 0,66 (parto simples com um único cordeiro) ou 0,88 (parto gemelar); DL, dias em produção de leite até o pico da lactação; PPL, dia do pico da lactação; Exp., função exponencial.

A partir das equações de predição de CMS propostas por Pulina *et al.* (1996) e fatores de ajuste propostos por Gallo e Tedeschi (2021), foi realizada simulação da predição de CMS para ovelhas gestantes (secas) ou lactantes (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Simulação da predição do consumo de matéria seca por ovelhas gestantes (secas) ou em lactação.

Item	Dias antes do parto				Dias após o parto			
	45	30	15	7	7	15	25	35
Consumo de matéria seca								
Parto simples, kg/dia	1,37	1,38	1,40	1,37	2,07	2,34	2,49	2,61
Parto duplo, kg/dia	1,37	1,37	1,35	1,28	2,12	2,43	2,61	2,74
Fator de ajuste sobre o consumo de matéria seca								
Parto simples	1	0,97	0,93	0,88	1,13	1,27	1,37	1,40
Parto gemelar	1	0,96	0,9	0,82	1,15	1,32	1,44	1,47
Peso corporal, kg	55	57	60	62	52	51	49	48
GMD, kg/dia	0,15	0,17	0,175	0,18	-0,17	-0,15	-0,15	-0,12
Gordura do leite, %					7	7	7	7
PPL, dias					35	35	35	35
LCG, L/dia					0,84	0,88	0,92	1,05
Dias em lactação, dias					7	15	25	35
Produção de leite, kg					0,80	0,84	0,88	1,00

F = fator de ajuste para o CMS; GMD = ganho médio diário; PPL = pico da produção de leite; LCG = leite corrigido para gordura.

Fatores Nutricionais

Ruminantes precisam de uma ingestão adequada de fibra em detergente neutro (FDN) para garantir o funcionamento normal do rúmen. A maioria dos ruminantes depende, principalmente, da complexa estrutura polissacarídica das células vegetais, como sua principal fonte de energia (Tedeschi *et al.*, 2023).

A quantidade de FDN consumida é crucial para manter a mastigação e ruminação adequadas, aspecto que garante a salivação e um pH ideal para o crescimento e a atividade dos microrganismos no rúmen.

Sob condições normais do rúmen, esses microrganismos degradam o alimento e

utilizam parte dos nutrientes para o seu crescimento, e, de maneira simbiótica, proporcionam energia (na forma de ácidos graxos de cadeia curta) e proteína microbiana ao animal (Santini *et al.*, 1992).

No entanto, em condições tropicais, a fibra na dieta desempenha um papel fundamental na regulação do consumo, sendo correlacionada com a fase de regulação física do consumo. Existem barorreceptores de mucosa ruminal que ao receber estímulos que o volume ruminal está repleto, envia mensagens de saciedade por neurotransmissores para o cérebro parar o consumo voluntário de alimentos.

Este efeito de enchimento ruminal é provocado principalmente pela fração da parede

celular dos alimentos volumosos (forragens) (Mertens, 1994), a qual possui baixa densidade energética e lenta degradação, especialmente em comparação com o conteúdo celular.

As gramíneas tropicais, geralmente, apresentam concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) superior a 65% (%MS) e níveis de proteínas abaixo de 10% (%MS), limitando a maximização do aproveitamento dos nutrientes no ambiente ruminal (Lopes *et al.*, 2023).

Tal situação pode levar a um menor CMS, pois os animais precisam consumir mais forragem para atender suas necessidades nutricionais, e ativa-se, assim, os barorreceptores do rúmen. Por outro lado, a qualidade da fibra e o tamanho das partículas das forragens influenciam na capacidade de enchimento do rúmen, que, consequentemente, afeta o CMS (Quadros *et al.*, 2022).

Entretanto, os caprinos e ovinos são eficientes na degradação da fibra, pois podem ruminar finas partículas que escapariam facilmente da ruminação em bovinos (Cannas, 2004; Araújo *et al.*, 2008).

Ao considerar o limite de consumo de FDN para ovinos para maximizar o desempenho, em condições tropicais, Pereira *et al.* (2022) recomendaram 270 a 300 g de FDN/kg de MS na dieta total.

Oliveira *et al.* (2020) desenvolveram um modelo para estimar o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) para ovinos deslanados em regiões tropicais do Brasil, expresso pela equação:

$$\text{CFDN (g/dia)} = -52,2187 + 1,3773 \times \text{FDN} - 0,0007 \times \text{FDN}^2$$

onde: FDN, concentração de fibra em detergente neutro da dieta total, em g/kg MS.

Para caprinos em condições tropicais, Almeida *et al.* (2019) propuseram um modelo que considera a FDN em função do peso corporal:

$$\text{CFDN (\%PC)} = 3,155 \times \text{PC}^{-0,3190}$$

onde: PC, peso corporal médio, em kg.

Exemplo: Ao calcular o consumo de FDN para caprinos e ovinos com peso corporal de 30 kg, consumindo dieta com uma concentração de 300 g de FDN/kg MS, o consumo máximo de FDN estimado será de 1,06 (%PC) para caprinos e 297,97 g de FDN/dia para ovinos.

Quando os valores ultrapassam os limites estabelecidos por essas equações, o CMS será regulado por mecanismos físicos. Contudo, é crucial considerar a fonte da fibra consumida, uma vez que a origem e a qualidade da FDN podem variar em função do alimento e influenciar no CMS.

Macedo Junior *et al.* (2009) recomendaram como limite mínimo de 200 g de FDN oriundo da forragem/kg MS na dieta total para ovinos. É preciso dar ênfase a FDN proveniente da forragem, isto porque a FDN das forragens é degradada e passa mais lentamente do que outros componentes da dieta, e sua taxa de *turnover* no rúmen é afetada por diferenças na digestibilidade e fragilidade, que afetam a redução do tamanho das partículas e a passagem no rúmen (Allen *et al.*, 2019).

Abaixo dessa recomendação feita por Macedo Junior *et al.* (2009), há risco de impactar o ambiente e a saúde ruminal, uma vez que os microrganismos que degradam carboidratos não fibrosos têm taxa de crescimento mais rápida (Trabi *et al.*, 2019). Assim, pode ocorrer um desequilíbrio entre as populações

de bactérias que degradam a celulose e as que degradam o amido.

Esse desequilíbrio pode levar a mudanças na microbiota ruminal, e, assim, resultar em aumento do ácido láctico, diminuição do pH ruminal e morte dos protozoários e bactérias que, normalmente, ajudam na degradação da celulose (Borges *et al.*, 2011).

Se o pH ruminal permanecer abaixo de 5,6 por mais de 3 horas por dia, isso leva a uma redução no CMS e outras consequências negativas para a saúde do animal (Chen *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2023).

A proteína da dieta é outro fator nutricional que poderá interferir no CMS. O INRA (2018) considera que em dietas com menos de 15% de PB (%MS), existirá redução não linear no CMS em pequenos ruminantes e propôs um fator de ajuste para ser utilizado em modelos de predição do CMS com base no teor de PB da dieta para caprinos.

Entretanto, o INRA é um sistema francês e considerou em seu modelo condições diferentes das dietas utilizadas no Brasil. Em condições tropicais, Lazzarini *et al.* (2009) observaram que pelo menos 8% de PB (%MS) na dieta é necessário para que os microrganismos ruminais apresentem capacidade plena de utilização dos componentes fibrosos de forragem basal de baixa qualidade.

No entanto, estes autores indicaram pelo menos 11% de PB (%MS) na dieta para evitar limitação no consumo provocado pela baixa taxa de passagem de partículas fibrosas e, conseqüentemente, o efeito de repleção ruminal da fibra em detergente neutro indigestível. Desta forma, adaptando o sistema francês (INRA, 2018) para as condições nacionais o fator de ajuste seria:

$$F = 1,059 - 0,046 \times \text{Exp}(-0,25 \times (PB - 11))$$

onde: PB, teor de proteína bruta na dieta, % MS; e Exp., função exponencial.

Exemplo: Ao simular uma dieta com 9% de PB, o fator de ajuste será de 0,983 na predição de CMS.

Apesar da importância da fibra e da proteína na regulação do consumo, os modelos de predição de CMS são simplificações do complexo sistema de consumo voluntário de alimentos (Keady *et al.*, 2004).

Nem todas as variáveis contribuem significativamente para expressar a situação biológica de forma matemática e, por isso, a maioria dos modelos consideram apenas variáveis animais e desconsideram as variáveis da dieta.

Os métodos usados para prever o CMS oferecem orientações gerais e não há uma equação universal aplicável a todas as situações de produção. Portanto, é essencial desenvolver e validar modelos de predição de CMS específicos para condições brasileiras, para garantir precisão e adequação nas estimativas.

Nessa perspectiva, Knupp *et al.* (2019) desenvolveram equações de predição do CMS específicas para ovinos consumindo palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill).

Essa forrageira apresenta características químicas específicas, que, de acordo com Lopes *et al.* (2019), são: 110±27 g/kg de matéria seca, 874±42 g/kg de matéria orgânica, 126±42g/kg de matéria mineral, 48±12 g/kg de proteína bruta, 16±5 g/kg de extrato etéreo, 536±72 g/kg de carboidratos não-fibrosos (CNF), 256±27 g/kg de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e 169±39 g/kg de fibra insolúvel em detergente ácido.

Portanto, a palma forrageira tem altas concentrações de CNF e baixas de FDN e lignina, as quais resultam em alta degradabilidade ruminal da MS e baixa efetividade da fibra (Batista *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.*, 2023).

Consequentemente, pequenos ruminantes alimentados com altos níveis dessa forrageira podem ter alteração no CMS (Gebremariam *et al.*, 2006). Como estas características são específicas da palma forrageira, e é uma alternativa alimentar bastante utilizada no semiárido brasileiro, a melhor equação de prever o CMS para ovinos alimentados com esta forrageira é a proposta por Knupp *et al.* (2019):

$$\text{CMS (g/dia)} = 53,453 + 3,3907 \times \text{PF} - 0,09116 \times \text{PF}^2 + 30,8033 \times \text{PC} + 1,0797 \times \text{GMD}$$

onde: PF, concentração de palma forrageira na dieta, em % da MS da dieta; PC, peso corporal médio, em kg; GMD, ganho médio diário, em g/dia.

Exemplo: Para ovino com 30 kg de peso corporal e GMD de 200 g/dia, recebendo uma dieta com 45% de palma forrageira. Desse modo, a estimativa do CMS será de 1.161,47 g/dia ou 38,71 g/kg do PC.

Estimar o CMS de pequenos ruminantes em pastejo é uma tarefa complexa que envolve interações entre características do animal e da pastagem. Gurgel *et al.* (2021) desenvolveram modelo para estimar o CMS para ovinos exclusivamente em pastagens tropicais:

$$\text{CMS (\%PC)} = 7,16545 - 0,21799 \times \text{PC} + 0,00273 \times \text{PC}^2 - 0,00688 \times \text{TP} + 0,000007 \times \text{TP}^2 + 0,00271 \times \text{PP}$$

onde: PC, peso corporal, em kg; TP, tempo de pastejo, em min/dia; PP, pressão de pastejo ou quantidade de forragem verde disponível, em kg MS/100 kg PC.

Ao fazer uma simulação, com ovinos exclusivamente em pastagens tropicais, com GMD de até 120g/dia, peso corporal médio de 20 kg, tempo de pastejo de 480 min/dia e a pressão de pastejo de 15,5 kg MS/100 kg PC, o CMS estimado será de 22,5 g/kg PC ou de 0,45 kg/dia.

MODELOS DE PREDIÇÃO DO CMS PARA CAPRINOS E OVINOS

Entre os principais modelos de predição comumente utilizados para pequenos ruminantes no mundo e, principalmente, no Brasil, Resende *et al.* (2008) e Knupp *et al.* (2019) destacam o *National Research Council* (NRC, 2007) e *Small Ruminant Nutritional System* (SRNS, Cannas *et al.*, 2004) – sistemas americanos; o *Agricultural and Food Research Council* (AFRC, 1993) – sistema britânico; o sistema francês, *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA, 2007); e o sistema australiano, *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO, 2007).

A variedade de modelos de predição se dá pelo fato de não haver um modelo padrão capaz de prever o consumo e ser replicável para todas as situações, uma vez que cada modelo é desenvolvido mediante características e particularidades específicas.

Os comitês internacionais desenvolveram modelos de predição do CMS em regiões de clima temperado, de modo que incorporam características e particularidades que refletem as condições locais dessas regiões. No entanto, é importante reconhecer que essas características podem apresentar diferenças em relação à realidade observada em regiões de clima tropical, como é o caso do Brasil.

Assim, tem-se resultado na falta de ajuste desses modelos, que tendem a subesti-

mar ou superestimar o CMS, as necessidades nutricionais e de desempenho dos animais em condições de clima tropical (Vieira *et al.*, 2013; Almeida *et al.*, 2019; Knupp *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020). Neal *et al.* (1984), evidenciaram que os modelos desenvolvidos para estimar o CMS deveriam ser testados em condições semelhantes às que serão aplicados.

Por isso, existe a necessidade de desenvolver modelos direcionados a cada situação, para que se adequem às particularidades encontradas. Dentre os principais modelos genéricos desenvolvidos para predição do CMS em pequenos ruminantes no Brasil, Almeida *et al.* (2019) desenvolveram modelos de predição considerando a classe sexual:

$$\text{CMS (g/dia)} = \beta_0 \times \text{PC}^{0,6722} \text{ (kg)} \quad \text{Eq. 2.1}$$

onde: que para fêmeas, $\beta_0 = 93,9$ e para machos castrados ou não castrados, $\beta_0 = 101,4$.

O modelo apresentado por Almeida *et al.* (2019), considerou a influência da classe sexual na predição do CMS para caprinos. Já Maharani *et al.* (2019) também identificaram estas diferenças e observaram que os caprinos machos ($78,41 \text{ g/kg PC}^{0,75}$) consomem 6,5% a mais do que as fêmeas ($73,63 \text{ g/kg PC}^{0,75}$).

Por outro lado, Almeida *et al.* (2015) observaram que caprinos Saanen machos não castrados ($1,113 \text{ kg/dia}$) consomem 7,1% a mais que os machos castrados ($1,106 \text{ kg/dia}$) e estes, 6,4% a mais que as fêmeas ($1,039 \text{ kg/dia}$). Isso pode ser devido ao crescimento mais rápido dos machos, possivelmente relacionado a fatores hormonais ou à eficiência na utilização e deposição de nutrientes no corpo.

Cabral *et al.* (2008) propuseram o modelo de predição do CMS para ovinos desla-

nados recebendo dieta com mínimo de 30% de concentrado:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 0,311 + 0,0197 \times \text{PC} + 0,682 \times \text{GMD} \quad \text{Eq. 2.2}$$

onde: PC, peso corporal, em kg; GMD, ganho médio diário, em kg/dia.

Posteriormente, Vieira *et al.* (2013) propuseram modelos de predição do CMS para ovinos da raça Santa Inês criados em sistema de confinamento no Brasil:

$$\text{CMS (g/dia)} = 156,17 + 28,29 \times \text{PC} + 0,87 \times \text{GMD (g/dia)} \quad \text{Eq. 2.3}$$

onde: PC, peso corporal, em kg; GMD, ganho médio diário, em g/dia.

Já Oliveira *et al.* (2020) propuseram modelos de predição do CMS para ovinos deslanados em terminação:

$$\text{CMS (g/dia)} = 50,5773 + 1,4423 \times \text{GMD} + 28,4406 \times \text{PC} \quad \text{Eq. 2.4}$$

onde: GMD, ganho médio diário, em g/dia; e PC, peso corporal, em kg.

A diversidade e abrangência dos modelos de predição adaptados às condições tropicais brasileiras mostram avanços significativos para a expansão e eficiência da cadeia produtiva de caprinos e ovinos.

Esses modelos têm contribuído para melhorar os índices produtivos, mas é preciso ampliar a base de dados, acompanhar as atualizações e mudanças no comportamento animal, no manejo alimentar e nas formulações dietéticas para propor modelos preditivos mais precisos e acurados.

NOVOS MODELOS DE PREDIÇÃO DO CMS PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS

Os dados iniciais foram obtidos a partir de 60 estudos. Totalizou-se 2.410 unidades experimentais coletadas de pesquisas realizadas em diversas instituições brasileiras de ensino superior (UESC, UFCG, UFC, UNIVASF, UFBA, UESB, UFAL, UFRPE, UFRN, UFPI e UNESP).

Todos os procedimentos empregados com os animais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Uso de Animais da universidade onde a pesquisa foi conduzida. Os dados coletados de cada unidade experimental incluíam informações individuais sobre espécie animal, classe sexual, peso corporal inicial e final, ganho médio diário e CMS.

Também foram coletadas informações da composição química da dieta, relação volumoso e concentrado e do volumoso usado nas dietas. Foram aplicados critérios de exclusão para remover informações incompletas. Incluiu-se espécie animal, classe sexual, peso corporal médio, ganho médio diário e CMS.

Além disso, eliminou-se dados duplicados e dados inconsistentes biologicamente. Após a triagem, obteve-se 1.102 informações individuais ou unidades experimentais do CMS de caprinos e ovinos. Essas informações incluem detalhes sobre espécie, número de dados e classe sexual (Tabela 2.2).

Dados da composição química e valor energético das dietas para o desenvolvimento e validação dos modelos de predição do CMS podem ser visualizados na Tabela 2.3. Já as informações sobre CMS, pesos corporais e o ganho médio diário (GMD), utilizadas para o desenvolvimento e validação das equações, encontram-se na Tabela 2.4.

Observou-se amplitudes dos valores das variáveis (Tabelas 2.3 e 2.4), o que reflete a diversidade das dietas utilizadas nas diversas pesquisas brasileiras. Isso assegura representatividade do banco de dados.

Além disso, os dados foram coletados em diferentes estados e regiões brasileiras, proporcionando uma maior representatividade de ingredientes e dietas utilizadas e/ou pesquisadas nos rebanhos caprinos e ovinos do país.

Foram observadas variações de baixo a alto CMS (429,3 a 1.174,0 g/dia para caprinos e 581,9 a 1.488,3 g/dia para ovinos) e ganho de peso médio diário (32,9 a 246,7 g/dia para caprinos e 78,8 a 315,6 g/dia para ovinos) no banco de dados de desenvolvimento dos novos modelos.

Para verificar a influência de variáveis sobre o CMS realizou-se a correlação de Pearson entre o CMS e essas variáveis, bem como entre as variáveis. Quando a correlação entre duas variáveis foi significativa, apenas a variável com o coeficiente de correlação (r) mais forte com o CMS foi escolhida.

As variáveis $PC^{0,67}$ ($r = 0,82$), PC ($r = 0,82$), $PC^{0,75}$ ($r = 0,59$); GMD^2 ($r = 0,62$) e GMD ($r = 0,38$) apresentaram coeficiente de correlação maiores e as correlações significativas ($P < 0,001$) com o CMS.

Após identificar as variáveis com maior coeficiente de correlação, empregou-se a opção STEPWISE no SAS (*SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, EUA*). Essa opção adicionou ou removeu variáveis preditoras com base em critérios de valor de probabilidade ($P < 0,05$) e coeficiente de determinação (r^2) de forma contínua e iterativa. Esse processo foi repetido até identificar as melhores variáveis a serem incluídas nos modelos.

Tabela 2.2 – Descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de predição do consumo de matéria seca para caprinos e ovinos em confinamento.

Autor	Espécie	n¹	Classe sexual
Cabral <i>et al.</i> , 2015	Ovino	24	Não castrado
Souza <i>et al.</i> , 2015	Ovino	35	Não-castrado
Oliveira, 2014	Ovino	27	Não-castrado Castrado Fêmea
Guimarães <i>et al.</i> , 2022	Ovino	37	Castrado
Ramos, 2020	Ovino	10	Não-castrado
Bastos <i>et al.</i> , 2015	Ovino	1	Não-castrado
Campos <i>et al.</i> , 2017	Ovino	22	Não-castrado
Araújo <i>et al.</i> , 2009	Ovino	18	Não-castrado
Rodrigues <i>et al.</i> , 2019	Ovino	15	Não-castrado
Pereira <i>et al.</i> , 2022	Ovino	2	Não-castrado
Perazzo <i>et al.</i> , 2016	Ovino	13	Não-castrado
Araújo, <i>et al.</i> , 2023	Ovino	33	Não-castrado
Santos, <i>et al.</i> , 2016	Ovino	15	Não-castrado
Ribeiro <i>et al.</i> , 2018	Ovino	34	Não-castrado
Silva <i>et al.</i> , 2016	Ovino	36	Não-castrado
Magalhães, 2018	Ovino	22	Não-castrado
Santos <i>et al.</i> , 2021	Ovino	20	Não-castrado
Azevêdo <i>et al.</i> , 2015	Ovino	10	Castrado
Diógenes <i>et al.</i> , 2020	Ovino	4	Não-castrado
Ribeiro <i>et al.</i> , 2017	Ovino	13	Não-castrado
Silva <i>et al.</i> , 2020a	Ovino	14	Não-castrado
Bandeira <i>et al.</i> , 2017	Ovino	8	Não-castrado
Gomes <i>et al.</i> , 2017	Ovino	12	Não-castrado Fêmea
Oliveira <i>et al.</i> , 2014	Ovino	8	Não-castrado
Regadas Filho <i>et al.</i> , 2013	Ovino	8	Não-castrado
Costa <i>et al.</i> , 2013	Ovino	16	Não-castrado
Pereira <i>et al.</i> , 2014	Ovino	21	Não-castrado
Silva <i>et al.</i> , 2010	Ovino	8	Castrado
Herbster, 2024	Ovino	5	Fêmea
Brito Neto, 2024	Ovino	23	Fêmea

¹ Unidades experimentais utilizadas no estudo; ND – Informações dos autores ainda não publicadas.

Tabela 2.2 – Descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de predição do consumo de matéria seca para caprinos e ovinos em confinamento. (*Continuação*).

Autor	Espécie	n ¹	Classe sexual
Teixeira <i>et al.</i> , 2017	Caprino	3	Não-castrado
Ferreira <i>et al.</i> , 2015	Caprino	1	Castrado
Fernandes <i>et al.</i> , 2007	Caprino	4	Não-castrado
Almeida <i>et al.</i> , 2015	Caprino	1	Fêmea
Figueiredo <i>et al.</i> , 2017	Caprino	14	Não-castrado Castrado Fêmea
Palmieri <i>et al.</i> , 2016	Caprino	11	Castrado
Assis <i>et al.</i> , 2019	Caprino	30	Não-castrado
Bezerra <i>et al.</i> , 2019	Caprino	26	Castrado
Silva <i>et al.</i> , 2020b	Caprino	18	Fêmeas
Silva <i>et al.</i> , 2021	Caprino	35	Castrado
Rodrigues <i>et al.</i> , 2021	Caprino	24	Não-castrado
Santos, 2018	Caprino	10	Não-castrado
Oliveira <i>et al.</i> , 2019	Caprino	25	Não castrado
Lima <i>et al.</i> , 2022	Caprino	18	Não-castrado Castrado
Silva <i>et al.</i> , 2022	Ovino	29	Não-castrado
Aragão <i>et al.</i> , 2012	Ovino	15	Castrado
Caldas <i>et al.</i> , 2021	Ovino	5	Não-castrado
Almeida, 2015	Ovino	74	Castrado
Nascimento <i>et al.</i> , 2020	Ovino	1	Não-castrado
Ferreira, 2017	Ovino	11	Não-castrado
Andrade, 2011	Ovino	13	Não-castrado
Beserra, 2010	Ovino	15	Não-castrado
Nogueira, 2013	Ovino	12	Não-castrado
Almeida, 2016	Ovino	37	Castrado
Silva, 2012	Ovino	2	Não-castrado
Nicory <i>et al.</i> , 2015	Ovino	32	Não-castrado
Souza, 2016	Ovino	43	Não-castrado
Nobre <i>et al.</i> , 2018	Ovino	21	Não-castrado
Araújo <i>et al.</i> , 2014	Ovino	24	Não-castrado
Santos, 2021	Ovino	32	Castrado

¹ Unidades experimentais utilizadas no estudo.

Tabela 2.3 – Estatística descritiva da composição química e valor energético das dietas utilizadas no desenvolvimento e validação das equações de predição do consumo de matéria seca para caprinos e ovinos em confinamento.

Composição g/kg MS	Caprinos				Ovinos			
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Desenvolvimento das equações (caprinos n = 220 e ovinos n = 882)								
Matéria seca ¹	767,9	875,5	215,4	929,0	748,0	860,2	303,9	954,2
Proteína bruta	157,8	150,3	136,8	203,0	147,1	148,3	61,3	229,2
Extrato etéreo	32,7	28,2	13,3	80,1	34,9	30,3	9,8	111,0
FDN	386,7	396,4	269,2	533,7	432,1	437,6	161,0	645,8
NDT	641,1	639,1	574,3	722,6	682,7	702,0	479,2	806,0
Validação das equações (caprinos n = 40 e ovinos n = 117)								
Matéria seca ¹	838,5	881,9	540,1	925,8	701,1	676,6	308,5	905,4
Proteína bruta	157,2	153,0	127,0	192,3	174,5	166,3	89,1	222,7
Extrato etéreo	32,9	33,0	21,4	47,3	32,1	27,8	15,5	63,2
FDN	430,9	439,5	279,3	545,9	366,8	368,5	154,9	598,4
NDT	706,5	706,5	639,3	879,7	704,2	707,5	591,5	808,0

¹g/kg MN; FDN, fibra em detergente neutro; NDT, nutriente digestível total.

Tabela 2.4 – Estatística descritiva dos dados de desempenho utilizados para gerar e validar os modelos do consumo de matéria seca (CMS) para caprinos e ovinos em confinamento.

Item	Caprinos				Ovinos			
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Desenvolvimento das equações (caprinos n = 220 e ovinos n = 882)								
CMS (g/kg MN)	793,3	796,7	429,3	1174,0	1008,1	1017,1	581,9	1488,3
CMS (g/kg PC)	32,5	32,0	20,7	45,5	38,4	38,0	29,3	50,5
PC (kg)	23,5	23,3	14,4	36,5	26,3	26,2	16,1	39,5
GMD (g/dia)	139,2	133,8	32,9	246,7	184,3	180,0	78,8	315,6
Validação das equações (caprinos n = 40 e ovinos n = 117)								
CMS (g/kg MN)	758,7	754,7	587,6	947,0	1047,4	1037,0	580,0	1587,2
CMS (g/kg PC)	33,2	32,9	29,0	37,7	39,1	38,8	22,2	56,0
PC (kg)	22,9	23,0	17,4	30,2	27,0	16,2	19,1	40,5
GMD (g/dia)	128,2	123,0	47,6	230,0	179,7	180,0	43,3	306,0

n, unidades experimentais; CMS, consumo de matéria seca; PC, peso corporal; GMD, ganho médio diário.

Para desenvolver as equações de predição do CMS, utilizou-se o procedimento MIXED (PROC MIXED) no SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA). Empregou-se modelos de regressão com efeitos mistos (St-Pierre, 2001). Os modelos incorporaram efeitos aleatórios para o estudo e suas interações como componentes do modelo misto.

As variáveis independentes foram ajustadas a um modelo que incluía efeitos fixos para intercepto, inclinação e efeitos aleatórios do estudo no intercepto e inclinação, utilizando uma matriz de covariância com estrutura de variância comum (opção VC). Pressupôs-se que as variabilidades provenientes dos diferentes estudos foram independentes e possuíam variâncias distintas.

Os outliers foram testados avaliando os resíduos studentizados em relação aos valores previstos pelas equações. Os resíduos que ficaram fora da faixa de -2,5 a 2,5 foram removidos para garantir que o modelo não fosse influenciado por valores extremos, mantendo a precisão da análise.

Optou-se por desenvolver um modelo comum para as espécies de caprinos e ovinos, considerando as classes sexuais (não castrados, castrados e fêmeas). Para analisar os efeitos da espécie e das classes sexuais nas estimativas dos parâmetros do modelo, foram empregadas variáveis *dummy* (Draper e Smith, 1998).

Na primeira variável *dummy*, as opções foram: es = 0 para ovinos e es = 1 para caprinos, enquanto na segunda variável *dummy* as opções foram: cs = 0 para machos não castrados, cs = 1 para machos castrados e cs = 2 para fêmeas. Essas variáveis *dummy* permitiram estimar parâmetros interceptos distintos para cada espécie, assim como para cada uma das 3 classes sexuais dentro do modelo de cada espécie.

O melhor modelo consistiu na seleção daquele que apresentou o menor valor do critério de informação de Akaike corrigido (CIAC) (quanto menor melhor) (Akaike, 1973); coeficiente de determinação (r^2) (quanto mais próximo de 1 melhor) e significância das estimativas das variáveis do modelo ($P < 0,05$).

Observou-se que os modelos de predição de CMS diferiram ($P < 0,05$) entre as espécies (caprinos e ovinos). Entretanto, a classe sexual influenciou ($P < 0,05$) apenas no modelo de predição do CMS para caprinos, exigindo variações no intercepto (β_0) das estimativas do CMS entre não-castrados, castrados e fêmeas.

Identificou-se que os caprinos não castrados possuem estimativa de CMS maior que os castrados e estes maiores que as das fêmeas. Estes novos modelos de predição para o CMS são:

Caprinos (CIAC = 14.185)

$$\text{CMS (g/dia)} = \beta_0 + 30,9309 \times \text{PC} \quad \text{Eq. 2.5}$$

onde: que para caprinos não castrados $\beta_0 = 78,12$ ($r^2 = 0,50$); para castrados $\beta_0 = 57,2919$ ($r^2 = 0,50$); e para fêmeas $\beta_0 = 36,4638$ ($r^2 = 0,31$).

Ovinos (CIAC = 13.760,2)

$$\text{CMS (g/dia)} = -145,68 + 77,3709 \times \text{PC}^{0,75} + 1,3985 \times \text{GMD} \quad (r^2 = 0,81) \quad \text{Eq. 2.6}$$

onde: PC, em kg e GMD, em g/dia.

VALIDAÇÃO DOS MODELOS DE PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Na construção do banco de dados para validar as equações, coletou-se dados de pesquisas realizadas no Brasil e publicadas

em periódicos nacionais e internacionais (*Small Ruminant Research*, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, *Livestock Science*, *South African Journal of Animal Science*, Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, *Animal Feed Science and Technology*, *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Revista Brasileira de Zootecnia, *Brazilian Journal of Development e Tropical Animal Health Production*).

Foi considerado o período de 2007 a 2022, resultando em 40 observações (unidades experimentais) de 15 estudos para caprinos e 117 observações de 28 estudos para ovinos (Tabelas 2.3, 2.4 e 2.5). Cada unidade experimental representou a média por “tratamento” ou dieta experimental utilizada e, por isso, representavam entre 6 e 10 repetições (animal).

Utilizou-se bancos de dados de pesquisas independentes do banco de dados utilizado para desenvolvimento dos novos modelos. Coletou-se dados sobre espécie animal, classe sexual, peso corporal inicial e final, ganho médio diário e CMS. Para os dados do confinamento comercial, foram utilizados os valores médios de 45 lotes, totalizando 1436 animais.

Os CMS preditos foram comparados com os valores observados tendo como base o modelo de regressão: $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, de modo que Y = valores observados e X = valores preditos; β_0 e β_1 = intercepto e inclinação da reta, respectivamente.

Para avaliar a adequação das equações, inicialmente, foram realizados testes de significância para as hipóteses de nulidade ($H_0: \beta_0 = 0$ e $H_0: \beta_1 = 1$) (Neter *et al.*, 1996).

Quando as hipóteses nulas não foram rejeitadas ($P > 0,05$), os valores observados e previstos foram considerados como semelhantes, isto é, foi constatado que não havia diferença entre os valores preditos do CMS e os valores observados. Dessa forma, a capaci-

dade das equações de prever com precisão o CMS em condições práticas de alimentação foi confirmada.

A qualidade de ajuste das regressões entre os valores de CMS observados e preditos pelas equações foram avaliadas pelo coeficiente de determinação (r^2 , quanto mais próximo de 1 melhor) Draper e Smith (1998); coeficiente de correlação e concordância (CCC, quanto mais próximo de 1 melhor) por Lin (1989); quadrado médio do erro de predição (QMEP, quanto menor melhor) Bibby e Toutenburg (1977); critério de informações Akaike (CIAc, quanto menor melhor) (Liao, 2003); viés médio (VM, quanto mais próximo de zero melhor) calculado conforme descrito por Cochran e Cox (1957), sendo $VM < 0$ indicativo de subestimação em relação aos valores observados, enquanto $VM > 0$ indicava superestimação; a acurácia do modelo (AM, quanto mais próxima de 1, mais preciso será o modelo), sendo calculado de acordo com Lin (1989); os valores da raiz do quadrado médio do erro de predição (RQMEP, quanto menor melhor) foram estimados a partir da raiz quadrada do QMEP (Bibby e Toutenburg, 1977). Todas as métricas foram analisadas no *Model Evaluation System* – MES (Tedeschi, 2006).

Na Tabela 2.6 e Figura 2.1, é possível observar a presença de valores nos resíduos da equação proposta por Almeida *et al.* (2019). Concentra-se acima do valor zero, uma indicação de superestimativa dos valores preditos em relação aos valores observados. Já na nova proposta (Equação 5), observou-se que os pontos preditos estão mais próximos da reta onde $X = Y$, isto é, cujos valores de CMS preditos são iguais aos observados, mostrando precisão deste modelo.

Além disso, observou-se que a amplitude de predição do consumo variou entre 616,31 e 969,03 g/dia e presença de pontos em torno do resíduo zero, com poucas estimativas de superestimação da predição do CMS.

As estimativas de comparação entre a nova proposta e as equações reportadas pela

literatura para ovinos, encontram-se descritas na Tabela 2.7.

Tabela 2.5 – Descrição do banco de dados utilizado na validação das equações de predição do consumo de matéria seca (CMS, g/dia) para caprinos e ovinos em confinamento.

Estudo	Espécie	n ¹	CMS	V:C	Tipo de Volumoso	Classe sexual
Cartaxo <i>et al.</i> , 2013	Caprino	1	815,00	35:65	Feno Maniçoba	Não-castrado
Dias <i>et al.</i> , 2010	Caprino	4	813,23	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Hashimoto <i>et al.</i> , 2007	Caprino	2	898,00	30:70	Feno Grama Estrela	Fêmea
Medina <i>et al.</i> , 2009	Caprino	2	861,81	54:46	Silagem Maniçoba	Não-castrado
Agy <i>et al.</i> , 2012	Caprino	4	676,50	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Ribeiro <i>et al.</i> , 2018	Caprino	4	640,50	40:60	Feno Tifton 85	Não-castrado
Santos <i>et al.</i> , 2015	Caprino	3	608,97	30:70	Feno Tifton 85	Castrado
Pimentel <i>et al.</i> , 2021	Caprino	4	883,25	40:60	Feno Tifton 85	Castrado
Santos <i>et al.</i> , 2020	Caprino	1	752,50	30:70	Feno Tifton 85	Castrado
Silva <i>et al.</i> , 2015	Caprino	4	682,91	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Oliveira <i>et al.</i> , 2021	Caprino	4	882,50	20:80	Feno Tifton 85	Fêmea
Pereira <i>et al.</i> , 2019	Caprino	4	687,00	30:70	Feno Tifton 85	Não-castrado
Lima <i>et al.</i> , 2011	Caprino	3	789,67	30:70	Feno aveia	Não-castrado
Mendes <i>et al.</i> , 2008	Ovino	4	1.383,33	50:50	Cana-de-açúcar	Não-castrado
Castro <i>et al.</i> , 2007	Ovino	4	1.202,50	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado
Silva <i>et al.</i> , 2008	Ovino	6	927,83	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado
Alves <i>et al.</i> , 2012	Ovino	2	1.115,00	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado
Pereira <i>et al.</i> , 2008	Ovino	3	1.179,75	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado
Costa <i>et al.</i> , 2012	Ovino	5	1.380,00	40:60	Feno Tifton 85	Não-castrado
Lima <i>et al.</i> , 2018	Ovino	4	1.020,00	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Campos <i>et al.</i> , 2019	Ovino	4	967,50	50:50	Silagem*	Não-castrado
Costa <i>et al.</i> , 2021	Ovino	5	955,20	40:60	Feno Tifton 85	Não-castrado
Oliveira <i>et al.</i> , 2014	Ovino	4	1.466,72	60:40	Silagem Mandioca	Não-castrado
Santos <i>et al.</i> , 2020	Ovino	3	1.076,00	30:70	Feno Tifton 85	Não-castrado
Cunha <i>et al.</i> , 2008	Ovino	4	1.195,00	30:70	Feno Tifton 85	Não-castrado
Bagaldo <i>et al.</i> , 2019	Ovino	4	1.092,00	60:40	Capim Aruana	Não-castrado
Ribeiro <i>et al.</i> , 2020	Ovino	3	865,06	34:46	Feno Tifton 85	Não-castrado
Bernardes <i>et al.</i> , 2015	Ovino	4	720,50	45:55	Feno Alfafa	Castrado
Rego <i>et al.</i> , 2019	Ovino	4	846,00	30:70	Feno Aveia	Não-castrado
Cartaxo <i>et al.</i> , 2017	Ovino	3	1.330,00	30:70	Silagem Sorgo	Não-castrado
Brant <i>et al.</i> , 2021	Ovino	4	980,28	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado

¹Unidades experimentais; CMS, consumo de matéria seca; V:C, relação volumoso:concentrado.

*Silagem: Erva-sal, capim *Buffel*, gliricídia e pornunça.

Tabela 2.5 – Descrição do banco de dados utilizado na validação das equações de predição do consumo de matéria seca (CMS, g/dia) para caprinos e ovinos em confinamento. (*Continuação*).

Estudo	Espécie	n ¹	CMS	V:C	Tipo de Volumoso	Classe sexual
Barros <i>et al.</i> , 2015	Ovino	5	757,60	52:48	Feno Tifton 85	Castrado
Morais <i>et al.</i> , 2021	Ovino	4	1.153,68	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Ramos <i>et al.</i> 2021	Ovino	4	1.347,50	40:60	Feno Tifton 85	Castrado
Valença <i>et al.</i> , 2021	Ovino	4	927,50	40:60	Silagem Milho	Não-castrado
Polizel <i>et al.</i> , 2021	Ovino	7	777,57	80:20	Feno Coast cross	Castrado
Oliveira <i>et al.</i> , 2013	Ovino	4	1.020,10	40:60	Feno Tifton 85	Castrado
Beltrão <i>et al.</i> , 2021	Ovino	4	1.083,25	30:70	Feno Mombaça	Não-castrado
Felix <i>et al.</i> , 2016	Ovino	4	961,75	38:62	Cana-de-açúcar	Não-castrado
Giotto <i>et al.</i> , 2022	Ovino	6	1.297,00	40:60	Silagem Sorgo	Não-castrado Fêmea
Paixão <i>et al.</i> , 2022	Ovino	5	679,10	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado

¹Unidades experimentais; CMS, consumo de matéria seca; V:C, relação volumoso:concentrado.

*Silagem: Erva-sal, capim *Buffel*, gliricídia e pornunça.

Tabela 2.6 – Estatística para relação entre os valores observados e preditos pelas equações 2.5 (nova proposta) e equação de Almeida *et al.* (2019) para caprinos em confinamento experimental.

Item	Observado	Predito	
		Nova proposta (Eq. 2.5)	Almeida <i>et al.</i> , 2019
CMS médio, g/dia	758,672	778,235	820,446
± DP, g/dia	107,871	109,001	78,803
mediana, g/dia	754,750	787,211	832,602
Intercepto	-	44,734	-273,233
± DP	-	47,308	72,229
(valor P)	-	0,35034	0,001
Inclinação	-	0,917	1,258
± DP	-	0,0602	0,0876
(valor P)	-	0,178	0,005
r ²	-	0,859	0,844
CCC	-	0,912	0,721
QMEP	-	2057,964	5985,659
CIA	-	414,529	418,604
VM (Y – X)	-	-19,563	-61,7747
AM	-	0,984	0,785
RQMEP	-	45.365	77.367

CMS, consumo de matéria seca; DP, desvio padrão; r², coeficiente de regressão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; QMEP, quadrado médio do erro de predição; CIAc, Critério de Informação de Akaike; VM, viés médio; AM, acurácia do modelo; RQMEP, raiz do quadrado médio do erro de predição.

Para as equações de Vieira *et al.* (2013), Oliveira *et al.* (2020) e Equação 2.6 (nova proposta), observou-se que os valores preditos para o intercepto (β_0) e a inclinação da reta (β_1) não diferiram ($P > 0,05$) de zero e 1, respectivamente. Isto indica que todas estas equações são válidas.

Entretanto, a equação proposta por Cabral *et al.* (2008) não foi válida, pois os valores de probabilidade para a hipótese de nulidade, onde o intercepto de ser igual a zero e a inclinação igual a 1 foram significativos ($P < 0,05$), ou seja, os valores do CMS preditos por esta equação não são equivalentes aos valores observados para as condições do banco de dados deste estudo.

Para os resultados estatísticos da validação, o consumo médio observado para ovinos foi de 1.047,36g. A Equação 2.6 (nova proposta) e de Oliveira *et al.* (2020) apresentaram melhor predição e acurácia. A nova proposta apresentou menor QMEP (27.812,213 vs. 28.310,905) e RQMEP (166,769 vs. 168,258), maior r^2 (0,487 vs. 0,475) e menor CIAc (1.531,306 vs. 1.533,915).

Os resultados obtidos pela nova proposta estimaram de forma mais precisa e acurada o CMS para ovinos em confinamento, sendo similares aos valores observados e 3,7 vezes mais preciso que o modelo de Oliveira *et al.* (2020) no que concerne à predição de CMS para as condições tropicais.

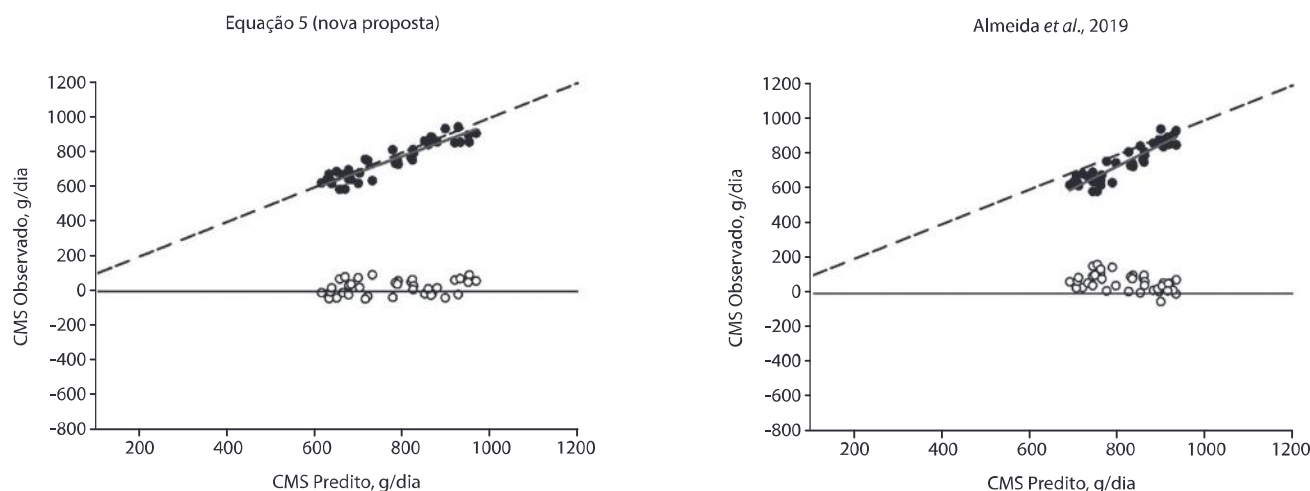


Figura 2.1 – Relação entre os valores de consumo de matéria seca (CMS) observados e preditos pela nova proposta (Equação 5) e pela equação proposta por Almeida *et al.* (2019) para caprinos confinados. Pontos circulares preenchidos (●) refere-se à relação entre observado e predito pelas equações; pontos circulares não preenchidos (○) refere-se ao resíduo da subtração do valor predito menos o valor observado; linha tracejada refere-se aos valores onde $Y=X$; linha contínua na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pelas equações.

Tabela 2.7 – Estatísticas de validação do consumo de matéria seca da nova equação proposta e equações reportadas pela literatura para ovinos em confinamento experimental.

Item	Observado	Predito			
		Eq. 6 (nova)	Oliveira <i>et al.</i> , 2020	Vieira <i>et al.</i> , 2013	Cabral <i>et al.</i> , 2008
CMS médio, g/dia	1.047,357	1.019,193	1.076,068	1.074,779	964,367
± DP, g/dia	229,871	148,336	161,100	134,186	96,643
mediana, g/dia	1.037,000	992,557	1.042,942	1.049,844	946,980
Intercepto	–	–54,866	–11,380	–131,844	–451,701
± DP	–	164,587	104,843	132,871	162,705
(valor P)	–	0,608	0,914	0,323	0,006
Inclinação	–	1,081	0,984	1,097	1,554
± DP	–	0,103	0,09	0,123	0,168
(valor P)	–	0,433	0,867	0,430	0,001
r ²	–	0,487	0,475	0,410	0,427
CCC	–	0,629	0,641	0,552	0,420
QMEP	–	27.812,213	28.310,905	31.820,024	39.748,116
CIA	–	1.531,306	1.533,915	1.547,636	1.544,234
VM (Y – X)	–	28,164	–28,711	–27,422	82,990
AM	–	0,902	0,930	0,862	0,643
RQMEP	–	166,769	168,258	178,381	199,369

CMS, consumo de matéria seca; DP, desvio padrão; r², coeficiente de regressão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; QMEP, quadrado médio do erro de predição; CIA, Critério de Informação de Akaike; VM, viés médio; AM, acurácia do modelo; RQMEP, raiz do quadrado médio do erro de predição.

Na Figura 2.2, é possível observar uma comparação realizada entre as equações reportadas pela literatura e a equação proposta neste estudo. Ao analisar os valores observados e preditos, observa-se que o padrão de comportamento para o CMS estimado pela nova proposta (Equação 2.6) indica uma ligeira subestimativa após CMS

maiores que 1 kg/dia e o mesmo aconteceu com as estimativas de predição do CMS da equação de Oliveira *et al.* (2020). Por outro lado, a equação de Vieira *et al.* (2013) superestimou o CMS menores que 1 kg/dia, além de ter estimativas com amplitudes menores, principalmente em situações de menor CMS.

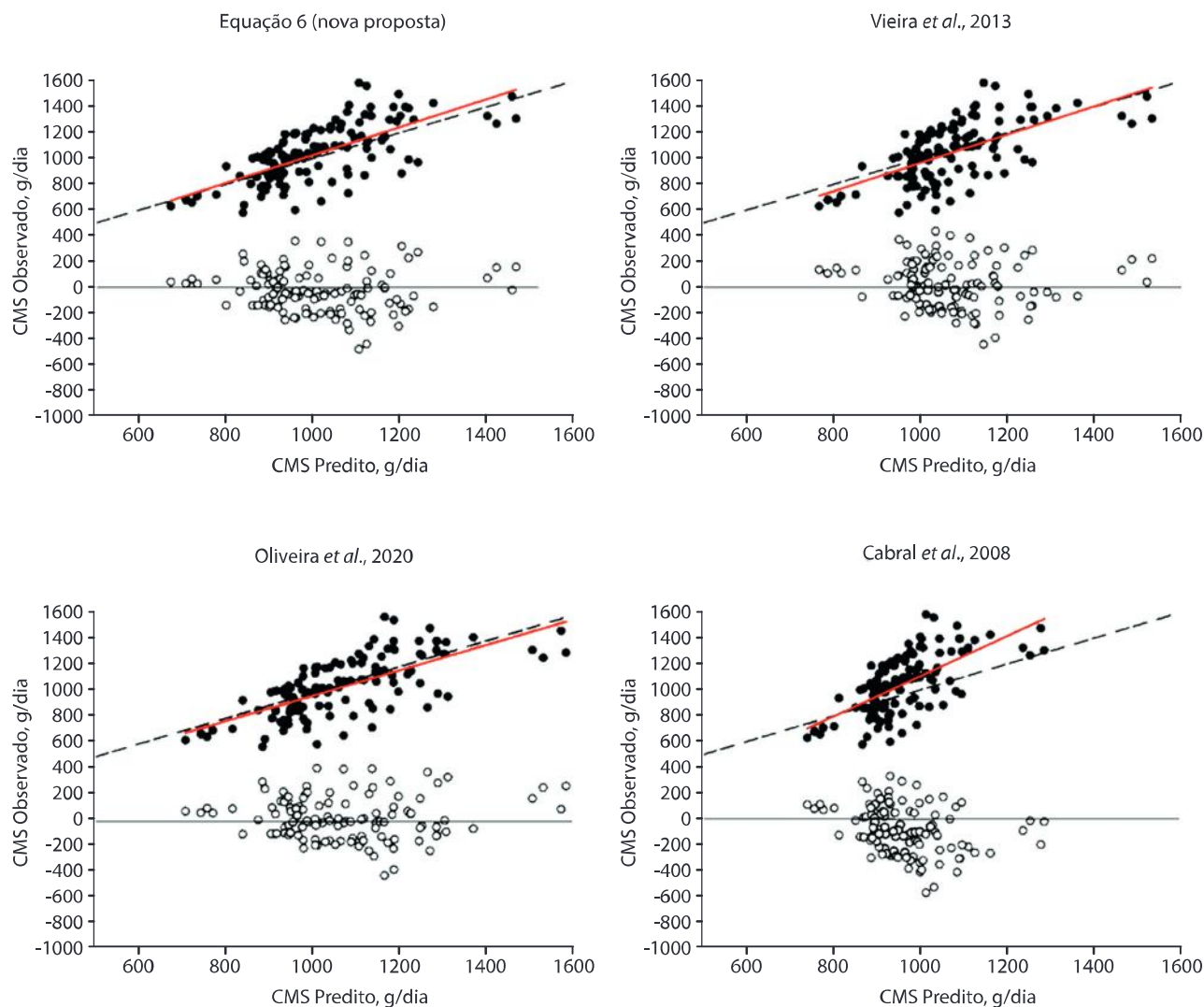


Figura 2.2 – Relação entre os valores de consumo de matéria seca (CMS) observados e preditos pela Equação 2.6 (nova proposta) e por diferentes equações da literatura para ovinos confinados. Pontos circulares preenchidos (●) refere-se à relação entre observado e predito pelas equações; pontos circulares não preenchidos (○) refere-se ao resíduo da subtração do valor predito menos o valor observado; linha tracejada refere-se aos valores onde $Y=X$; linha contínua na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pelas equações.

A Tabela 2.8 apresenta uma análise comparativa entre a Equação 2.6 (nova proposta) e a equação de Oliveira *et al.* (2020) para estimar o CMS de ovinos em confinamento comercial. Com base nos valores de P, a equação de predição com melhor ajuste foi a Equação 2.6 (nova proposta), que considerou o peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$) e pôde prever com melhor acurácia (0,996) e precisão o CMS, com maior r^2 (0,896), e maior CCC (0,943) quando comparada com a equação reportada por Oliveira *et al.* (2020), cujos valores para o intercepto ($\beta_0 = 0$) e a

inclinação da reta ($\beta_1 = 1$) não foram significativos ($P > 0,05$) nestas condições.

O maior número de dados coletados e utilizados para o desenvolvimento da Equação 2.6 (nova proposta) pode explicar o motivo pelo qual a equação de Oliveira *et al.* (2020) não obteve seus valores significativos ($P < 0,05$) para inclinação ($\beta_1 = 1$) quando comparada com a nova proposta. Isso reforça a importância de ampliar o banco de dados para atualizar as propostas de modelos genéricos para prever o CMS.

Além disso, em sistema de confinamento comercial são adotados pelos nutricionistas diferentes protocolos nutricionais com teores cada vez maiores de concentrado, o que pode ter limitado a capacidade da equação em estimar o consumo nas condições estudadas.

Na Figura 2.3, encontra-se o resultado das comparações entre os modelos de predição (nova proposta (Equação 2.6) ou equação

descrita por Oliveira *et al.* (2020)) e os valores observados no confinamento comercial. Observa-se a proximidade da linha vermelha com a linha, em que $Y = X$ indica maior precisão e acurácia no novo modelo de predição do CMS.

Nas Tabelas 2.9 e 2.10, são apresentadas simulações de predição do CMS para ovinos e caprinos em confinamento com base nas novas propostas de predição (Equações 2.5 e 2.6).

Tabela 2.8 – Estatísticas de validação do consumo de matéria seca (CMS) da nova equação proposta e equação reportada por Oliveira *et al.*, (2020), para ovinos em confinamento comercial.

Item	Observado	Predito	
		Nova proposta (Eq. 2.6)	Oliveira <i>et al.</i> , 2020
CMS médio, g/dia	1,236	1,220	1,303
± DP, g/dia	0,172	0,176	0,198
mediana, g/dia	1,249	1,249	1,305
Intercepto	-	0,101	0,175
± DP	-	0,059	0,062
(valor P)	-	0,096	0,007
Inclinação	-	0,929	0,814
± DP	-	0,048	0,047
(valor P)	-	0,151	0,001
r^2	-	0,896	0,873
CCC	-	0,943	0,868
QMEP	-	0,003	0,009
CIA	-	-127,296	-118,313
VM ($Y - X$)	-	0,015	-0,067
AM	-	0,996	0,929
RQMEP		0,054	0,094

CMS, consumo de matéria seca; DP, desvio padrão; r^2 , coeficiente de regressão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; QMEP, quadrado médio do erro de predição; CIA, Critério de Informação de Akaike; VM, viés médio; AM, acurácia do modelo; RQMEP, raiz do quadrado médio do erro de predição.

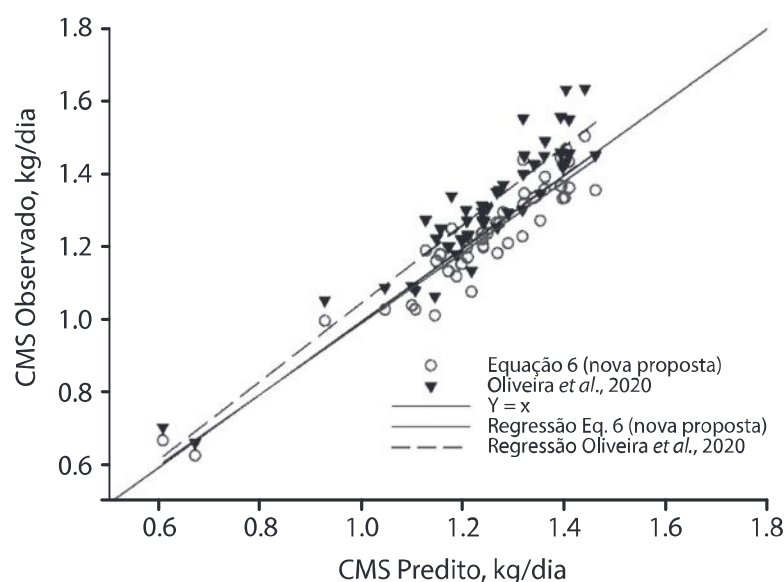


Figura 2.3 – Relação entre os valores de consumo de matéria seca (CMS) observados e preditos pela nova proposta e a equação de Oliveira *et al.* (2020) para ovinos em confinamento comercial. Os pontos triangulares preenchidos (▲) referem-se à relação entre observado e predito pela equação de Oliveira *et al.* (2020); pontos circulares não preenchidos (○) referem-se ao observado e predito pela nova proposta (Equação 6); linha na cor preta refere-se aos valores onde $Y=X$; linha tracejada refere-se a linha da regressão entre observado e predito pela equação de Oliveira *et al.* (2020), linha contínua na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pela nova proposta.

Tabela 2.9 – Simulação das estimativas do consumo de matéria seca para ovinos confinados em ambiente tropical.

Peso corporal (kg)	Ganho médio diário (g/dia)	Consumo de matéria seca (g/dia)
20	150	795,82
	200	865,75
	250	935,67
	300	1.005,60
25	150	929,13
	200	999,05
	250	1.068,98
	300	1.138,90
30	150	1.055,88
	200	1.125,81
	250	1.195,73
	300	1.265,66

Tabela 2.9 – Simulação das estimativas do consumo de matéria seca para ovinos confinados em ambiente tropical. (Continuação).

Peso corporal (kg)	Ganho médio diário (g/dia)	Consumo de matéria seca (g/dia)
35	150	1.177,44
	200	1.247,36
	250	1.317,29
	300	1.387,21
40	150	1.294,71
	200	1.364,64
	250	1.434,56
	300	1.504,49

Tabela 2.10 – Simulação das estimativas do consumo de matéria seca para caprinos confinados em ambiente tropical, levando em consideração a classe sexual.

Peso corporal (kg)	Consumo de matéria seca (g/dia)		
	Não-castrados	Castrados	Fêmeas
20	696,7	675,9	655,1
25	851,4	830,6	809,7
30	1.006,0	985,2	964,4
35	1.160,7	1.139,9	1.119,0
40	1.315,4	1.294,5	1.273,7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações recomendadas para predição do consumo de matéria seca para caprinos e ovinos confinados em condições tropicais no Brasil são:

Caprinos

$$\text{CMS (g/dia)} = \beta_0 + 30,9309 \times \text{PC}$$

sendo que para caprinos não castrados $\beta_0 = 78,12$; para castrados $\beta_0 = 57,2919$; e para fêmeas $\beta_0 = 36,4638$.

Ovinos

$$\text{CMS(g/dia)} = -145,68 + 77,3709 \times \text{PC}^{0,75} + 1,3985 \times \text{GMD}$$

REFERÊNCIAS

- Agricultural and Food Research Council – AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford, UK, CAB International, 159p, 1993.
- Akaike, H. *Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle*. In B. N. Petrov, & F. Csaki (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory*. Budapest: Akademiai Kiado. 267-281, 1973.
- Allen, M.S.; Sousa, D. O.; VandeHaar, M. J. Equation to predict feed intake response by lactating cows to factors related to the filling effect of rations. *Journal of Dairy science*, 102:7961-7969, 2019.
- Almeida, A.K.; Resende, K.T.; St-Pierre, N.; Silva, S.P.; Soares, D.C.; Fernandes, M.H.M.R.; Souza, A.P.; Silva, N.C.D.; Lima, A.R.C.; Teixeira, I.A.M.A. Energy requirements for growth in male and female Saanen goats. *Journal of Animal Science*, 93:3932-3940, 2015.
- Almeida, A.K.; Tedeschi, L.O.; Resende, K.T.; Biagioli, B.; Cannas, A.; Teixeira, I.A.M.A. Prediction of voluntary dry matter intake in stall fed growing goats. *Livestock Science*, 219:1-9, 2019.
- Andrade, P.A.D. *Efeito do estresse calórico e do milho expandido em parâmetros digestivos e fisiológicos em ovinos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 155 p, 2011.
- Araujo, R.C.; Pires, A.V.; Susin, I.; Mendes, C.Q.; Rodrigues, G.H.; Packer, I.U.; Eastridge, M.L. Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing coastcross (*Cynodon* species) hay. *Journal of Animal Science*, 86,12:3511-3521, 2008.
- Bibby, J.; Toutenburg, H. *Previsão e Estimativa Aprimorada em Modelos Lineares*, 1ª ed. John Wiley & Sons, Berlim, 1977.
- Borges, I.; Silva, A. G. M.; Ferreira, M. I. C.; Macedo Junior, G. L. Ambiência nas instalações para caprinos e ovinos. In: II Simpósio de caprinos e ovinos da Escola de Veterinária da UFMG, *Anais...* Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 231-257, 2007.
- Borges, N.C.; Orsine, G.F.; Silva, L.A.F.; Bernardes, K.M.; Martins, M.E.P.; Fioravanti, M.C.S. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos do fluido ruminal de ovinos confinados submetidos a crescentes níveis de mistura mineral energético-protéica. *Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science*, 12:392–399, 2011.
- Cabral, L.S.; Neves, E.M.O.; Zervoudakis, J.T.; Abreu, J.G.; Rodrigues, R.C.; Souza, A.L.; Oliveira I.S. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 9:529-542, 2008.
- Cannas, A. *Feeding of lactating ewe*. editor. In: Pulina, G (Ed.), *Dairy sheep nutrition*. Wallingford UK: CABI Publishing, 79-108, 2004.
- Cannas, A.; Tedeschi, L.O.; Fox, D.G.; Pell, A.N.; Van Soest, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep, *Journal of Animal Science*, 82:149-169, 2004.
- Castro, F.A.B.D.; Ribeiro, E.L.D.A.; Mizubuti, I.Y.; Silva, L.D.D.F.D.; Barbosa, M.A.A.D.F.; Sousa, C.L.D.; Koritiaki, N.A. Influence of pre and postnatal energy restriction on the productive performance of ewes and lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:951-958, 2012.
- Chen, X.; SU, X., LI, J.; Yang, Y.; Wang, P.; Yan, F.; Wu, S. Real-time monitoring of ruminal microbiota reveals their roles in dairy goats during subacute ruminal acidosis. *NPJ Biofilms and Microbiomes*, 7:45, 2021.
- Cochran, W. G.; Cox, G. M., *Experimental Designs*, 2nd ed. New York, John Wiley and Sons, 615p, 1957.
- Collier, R.J.; Beede, D.K. Influences of environment and its modification on the animal health and production. *Journal of Dairy Science*, 65:2213-2227, 1982.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – CSIRO PUBLISHING. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Australia, Collingwood, 270p, 2007.
- Draper, N.R.; Smith, H. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley, 706 p, 1998.
- Gallo, S.B.; Tedeschi, L.O. Developing a continuous adjustment factor for dry matter intake of gestating and lactating ewes. *Scientia Agricola*, 78:2, 2021.
- Gebremariam, T.; Melaku, S.; Yami, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility, and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 131:43-52, 2006.
- Gurgel, A.L.C.; dos Santos Difante, G.; Neto, J.V.E.; Santana, J.C.S.; Fernandes, P.B.; dos Santos, G.T.; de Medeiros, H.R. Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 53:1-8, 2021.

- Institut National de la Recherche Agronomique – INRA. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Besoins des animaux. Valeurs des aliments. Tables INRA Editions Quae, Versailles, France, 2007.
- Institute National de la Recherche Agronomique – INRA. *Feeding System for Ruminants*. INRA, Paris, France, 2018.
- Jochims, F.; Pires, C.C.; Griebler, L.; Bolzan, M.A.S.; Dias, F.D.; Galvani, D.B. Feeding behavior and forage intake of ewe lambs on pearl millet pasture with or without supplementation. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:572–581, 2010.
- Keady, T.; Mayne, C.; Kilpatrick, D. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. *Livestock Production Science*, 89:129-138, 2004.
- Knupp, L.S.; Carvalho, F.F.R.; Cannas, A.; Marcondes, M.I.; Silva, A.L.; Francesconi, A.H.D.; Beltrão, C.G.R.; Atzor, I.A.S.; Gaspa, G.; Costa, R.G. Meta-analysis of spineless cactus feeding to meat lambs: performance and development of mathematical models to predict dry matter intake and average daily gain. *Animal*, 13:2260-2267, 2019.
- Lazzarini, I.; Detmann, E.; Sampaio, C.B.; Paulino, M.F.; Valadares Filho, S.C.; Souza, M.A.; Oliveira, F.A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61:635-647, 2009.
- Ledda, A.; Carta, S.; Correddu, F.; Cesarani, A.; Atzori, A.S.; Battaccone, G.; Macciotta, N.P.P. Dry Matter Intake Prediction from Milk Spectra in Sarda Dairy Sheep. *Animals*, 13:763, 2023.
- Liao, J.J.Z. An improved concordance correlation coefficient. *Pharmaceutical Statistics: The Journal of Applied Statistics in the Pharmaceutical Industry*, 2:253-261, 2003.
- Lima, A.R.C.; Silveira, R.M.F.; Castro, M.S.M.; Vecchi, L.B.; Fernandes, M.H.M.R.; Resende, K.T. Relationship between thermal environment, thermoregulatory responses and energy metabolism in goats: A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 109:103324, 2022.
- Lin, L.I.K. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45:255–268, 1989.
- Lopes, A.S.M.; Oliveira, J.S.; Cruz, G.F.L.; Vieira, D.S.; Santos, F.N.S.; Lemos, M.L.P.; Pinheiro, J.K.; Sousa, L.S.; Oliveira, C.J.B.; Santos, E.M. Effects of non-protein nitrogen on buffel grass fiber and ruminal bacterial composition in sheep. *Livestock Science*, 272:105237, 2023.
- Lopes, L.A.; Cardoso, D.B.; Camargo, K.S.; Silva, T.G.P.; Souza, J.S.R.; Silva, J.R.C.; Morais, J.S.; Araújo, T.P. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. *Pubvet*, 13:170, 2019.
- Lunesu, M.F.; Bomboi, G.C.; Marzano, A.; Comin, A.; Prandi, A.; Sechi, P.; Nicolussi, P.S.; Decandia, M.; Manca, C.; Atzori, A.S.; Molle, G.; Cannas, A. Metabolic and hormonal control of energy utilization and partitioning from early to mid lactation in Sarda ewes and Saanen goats. *Journal of Dairy Science*, 104:3617-3631, 2021.
- Macedo Junior, G.de L.; Benevides, Y.I.; Campos, W.E.; Borges, I.; Rodriguez, N.M.; Ferreira, D.A. Consumo, digestibilidade e taxa de passagem ruminal em ovelhas gestantes. *Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science*, 13:429-439, 2012.
- Macedo Junior, G. de L.; França, P.M.; Assis, R.M.; Almeida, T.R.V.; Paula, O.J.; Pérez, J.R.O.; Silva, V.B. Níveis de fibra em detergente neutro forrageiro na alimentação de ovelhas Santa Inês gestantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61:196-202, 2009.
- Macedo Junior, G. de L.; Ferreira, M.I.C.; Borges, I.; Silva, V.B.; Couto, J.R.L.; Cavalcanti, L.F.L. Consumo e digestibilidade aparente das frações fibrosas por ovelhas gestantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11:179-192, 2010.
- Machado, N.A.F.; Filho, J.A.D.B.; Oliveira, K.P.L.; Parente, M.O.M.; Siqueira, J.C.; Pereira, A.M.; Santos, A.R.D.; Sousa, J.M.S.; Rocha, K.S.; Viveiros, K.K.S.; Costa, C.S. Biological rhythm of goats and sheep in response to heat stress. *Biological Rhythm Research*, 51:1044-1052, 2020.
- Maharani, D.; Hartatik, T.; Warih, A.; Nurjannah, A. S. *The effect of sex on nutritional status of post-weaned Bligon goats under controlled feeding management*. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 012057, 2019.
- Mertens, D.R. *Regulation of forage intake*. Imput: Fahey Junior, G. C. (Ed.). Forage quality, evaluation, and utilization, p. 450-493, 1994.
- Morrison S.R. Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. *Journal of Animal Science*, 57:1594-1600, 1983.
- National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids* (1st edition), National Academies Press, Washington, DC, USA, 2007.
- Neal, H.D.S T.C.; Thomas, C.; Cobby, J.M. Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*, 103:1-10, 1984.

- Neiva, J.N.M.; Teixeira, M.; Turco, S.H.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:668-678, 2004.
- Neter, J.; Kutner, M.H.; Nachtsheim, C.J.; Wasserman, W. *Applied linear statistical models*. 4th Edition, WCB McGraw-Hill, New York, 318p, 1996.
- Oliveira, A.P.D.; Cunha, C.S.; Pereira, E.S.; Biffani, S.; Medeiros, A.N.D.; Silva, A.M.D.A.; Marcondes, M.I. Meta-analysis of dry matter intake and neutral detergent fiber intake of hair sheep raised in tropical areas. *Plos one*, 15:e0244201, 2020.
- Oliveira, T.S.; Rodrigues, M.T.; Glória, L.S. Mobilization of body energy reserves of alpine goats during early lactation in tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 216:106789, 2022.
- Pereira, D.M.; Oliveira, J.S.D.; Santos, E.M.; de Carvalho, G.G.; Azevedo, J.A.D.; Corrêa, Y.R.; Viana, N.B. Productive performance and ingestive behaviour of feedlot finished Santa Ines lambs on diets containing differing fibre levels. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 65:213-226, 2022.
- Pulina, G.; Bettati, T.; Serra, F.A.; Razio, O. *Construction and validation of a software program for feeding sheep milk = Costruzione e validazione di un software per l'alimentazione degli ovini da latte*. In: Proceedings National Congress of the Italian Society of Pathology and Breeding Of Sheep And Goats = Atti Congresso Nazionale Della Societa Italiana di Patologia e di Allevamento degli Ovini e dei Caprini, 12:11-14, Italian, 1996.
- Quadros, D.G.; Whitney, T.R.; Weishuhn, C. Influence of particle size of cottonseed hulls and bermudagrass hay on intake, sorting behavior, and rumen fluid parameters of feedlot lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 285:115218, 2022.
- Resende, K.T.; Silva, H.G.de O.; Lima, L.D.; Teixeira, I.A.M. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:161-177, 2008.
- Ribeiro, V.L.; Batista, Â.M.V.; Guim, A.; Carvalho, F.F.R.; de Araújo, G.G.L.; Araújo, R.F.S.da S.; Mattos, C.W.; Vieira, E.de L. Número de bolos ruminais e mastigação merérica de ovinos recebendo dieta a base de palma forrageira e feno de Atriplex. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6:463-468, 2023.
- Santini, F.J.; Lu, C.D.; Potchoiba, M.J.; Fernandez, J.M.; Coleman, S.W. Dietary fiber and milk yield, mastication, digestion, and rate of passage in goats fed alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*, 75:209-219, 1992.
- Santos, F.C.B.; Souza, B.B.; Alfaro, C.E.P.; César, M.F.; Pimenta Filho, E.C.; Acosta, A.A.A.; Santos, J.R. S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do nordeste brasileiro. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:142-149, 2005.
- Silva, E.M.N.; Souza, B.B.; Souza, O.B.; Silva, G.A.; Freitas, M.M.S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. *Revista Caatinga*, 23:142-148, 2010.
- Souza, E.D.; Souza, B.B.; Souza, W.H.; César, M.F.; Santos, J.R.S.; Tavares, G.P. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-árido. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:1-10, 2005.
- St-Pierre, N.R. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *Journal of Dairy Science*, 84:741-755, 2001.
- Tedeschi, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agriculture System*. 89:225-247, 2006.
- Tedeschi, L.O.; Adams, J.M.; Vieira, R.A.M. Revisiting Mechanisms, Methods, and Models for Altering Forage Cell Wall Utilization for Ruminants. *Journal of Animal Science*, 101:skad009, 2023.
- Trabi, E.B.; Seddik, H.E.; Xie, F.; Lin, L.M.; Mao, S.Y. Comparison of the rumen bacterial community, rumen fermentation and growth performance of fattening lambs fed low-grain, pelleted or non-pelleted high grain total mixed ration. *Animal Feed Science and Technology*, 253:1-12, 2019.
- Vieira, P.A.S.; Pereira, L.G.R.; Azevêdo, J.A.G.; Neves, A.L.A.; Chizzotti, M.L.; dos Santos, R.D.; de Araújo, G.G.L.; Mistura, C.; Chaves, A.V. Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. *Small Ruminant Research*. 112:78-84, 2013.
- Zhang, Z.A.; Li, F.; Ma, Z.Y.; Li, F.D.; Wang, Z.L.; Li, S.R.; Li, K.D. Variability in chewing, ruminal fermentation, digestibility and bacterial communities between subacute ruminal acidosis-susceptible and acidosis-tolerant sheep. *Animal*, 17:100902, 2023.

Apêndice 1 – Referências do banco de dados utilizado na validação para caprinos

- Agy, M.S.F.A.; Oliveira, R.L.; Ribeiro, C.V.D.M.; Ribeiro, M.D.; Bagaldo, A.R.; Araújo, G.G.L.D.; Ribeiro, R.D.X. Sunflower cake from biodiesel production fed to crossbred Boer kids. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:123 –130, 2012.
- Cartaxo, F.Q.; Leite, M.L.D.M.V.; Sousa, W.H.; Viana, J.A.; Rocha, L.P. Desempenho bioeconômico de cabritos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14:224-232, 2013.
- Dias, A.M.A.; Batista, Â.M.V.; Carvalho, F.F.R.D.; Guim, A.; Silva, G.; Silva, A.C.D. Consumo e digestibilidade dos nutrientes e desempenho de caprinos recebendo farelo grosso de trigo na dieta em substituição ao milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:831-836, 2010.
- Hashimoto, J.H.; Alcalde, C.R.; Zambom, M.A.; Silva, K.T.D.; Macedo, F.D.A.F.D.; Martins, E.N.; Passianoto, G.D.O. Desempenho e digestibilidade aparente em cabritos Boer x Saanen em confinamento recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. *Revista Brasileira de zootecnia*, 36:174-182, 2007.
- Lima, L.S.D.; Alcalde, C.R.; Macedo, F.D.A.F.; Lima, L.R.D.; Martins, E.N.; Coutinho, C.C. Sugar cane dry yeast in feeding for growing and finishing goat kids. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:168-173, 2011.
- Medina, F.T.; Cândido, M.J.D.; Araújo, G.G.L.; Barroso, D.D.; Cruz, M.C.S. Silagem de maniçoba associada a diferentes fontes energéticas na alimentação de caprinos: desempenho animal. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31:151-154, 2009.
- Oliveira, A.R.A.; Pereira, M.L.A.; Jesus Pereira, T.C.; Oliveira Silva, H.G.; Silva, E.R.; Carvalho, D.I.; Porto10, M.R. Enriched Mesquite Piperidine Alkaloid Extract Improves the Performance in Growing Goats. *Fields of Interests*, 356:77, 2021.
- Pereira, T.C.J.; Ribeiro, L.S.O.; Pires, A.J.V.; Pereira, M.L.A.; Santos, A.B.; Silva, H.D.O.; Carvalho, G.G.P. Growth performance and apparent digestibility by goats fed diets with peach palm meal replacing maize. *Applied Animal Science*, 35:563-569, 2019.
- Pimentel, P.R.S.; Pellegrini, C.B.; Lanna, D.P.D.; Brant, L.M.S.; Ribeiro, C.V.D.M.; Silva, T.M.; Oliveira, R.L. Effects of Acacia mearnsii extract as a condensed-tannin source on animal performance, carcass yield and meat quality in goats. *Animal Feed Science and Technology*, 271:114733, 2021.
- Ribeiro, R.D.X.; Oliveira, R.L.; Oliveira, R.L.; Carvalho, G.G.P.; Medeiros, A.N.; Correia, B.R.; Bezerra, L.R. Palm kernel cake from the biodiesel industry in diets for goat kids. Part 1: Nutrient intake and utilization, growth performance and carcass traits. *Small Ruminant Research*, 165:17-23, 2018.
- Santos, A.R.; Souza, J.N.; Parente, H.N.; Oliveira, G.S.; Rocha, K.S.; Zanine, A.M.; Parente, M.O. Characteristics of nutrition, growth, carcass and meat of male Goats fed babassu mesocarp flour. *Agriculture*, 10:288, 2020.
- Santos, D.A.D.; Parente, H.N.; Parente, M.D.O.M.; Rocha, K.S.D.; Ferreira, E.M.; Alves, A.A. Desempenho produtivo de cabritos alimentados com glicerina bruta. *Ciência Rural*, 45:690-696, 2015.
- Silva, T.M.; Medeiros, A.N.D.; Oliveira, R.L.; Neto, S.G.; Ribeiro, M.D.; Bagaldo, A.R.; Ribeiro, O.L. Peanut cake as a substitute for soybean meal in the diet of goats. *Journal of animal science*, 93:2998-3005, 2015.

Apêndice 2 – Referências do banco de dados utilizado na validação para ovinos

- Alves, E.M.; Santos Pedreira, M.D.; Aguiar, L.V.; Coelho, C.P.; Oliveira, C.A.S.; Silva, A.M.P. Silagem de sorgo com e sem tanino em substituição à silagem de milho na alimentação de ovinos: desempenho e características de carcaça. *Ciência Animal Brasileira*, 13:2, 2012.
- Bagaldo, A.R.; Miranda, G.S.; Júnior, M.S.; Araújo, F.L.; Matoso, R.V.M.; Chizzotti, M.L.; Oliveira, R.L. Effect of Licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. *Small Ruminant Research*, 177:18-24, 2019.
- Barros, M.C.C.; Marques, J.A.; Silva, F.F.; Silva, R.R.; Guimarães, G.S.; Silva, L.L.; Araújo, F.L. Glicerina bruta na dieta de ovinos confinados: consumo, digestibilidade, desempenho, medidas morfométricas da carcaça e características da carne. *Semina: Ciências Agrárias*, 36:453-466, 2015.
- Beltrão, E.S.; Silva, A.M.Z.; Filho, J.M.P.; Moura, J.F.P.; Oliveira, J.P.F.; Oliveira, R.L.; Dias-Silva, T.P.; Bezerra, L.R. Effect of different blend levels of spineless cactus and Mombasa hay as roughage on intake, digestibility, ingestive behavior, and performance of lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 53:1-7, 2021.
- Bernardes, G.M.C.; Carvalho, S.; Pires, C.C.; Motta, J.H.; Teixeira, W.S.; Borges, L.I.; Fleig, M.; Pilecco, V.M.; Farinha, E.T.; Venturini, R.S. Consumo, desempenho e análise econômica da alimentação de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão. *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e Zootecnia*, 67:1684-1692, 2015.

- Brant, L.M.; Freitas Júnior, J.E.; Pereira, F.M.; Pina, D.D.S.; Santos, S.A.; Leite, L.C.; Cirne, L.G.A.; Alba, H.D.R.; Araujo, M.L.G.M.L.; Pimentel, P.R.S.; Carvalho, G.G. Effects of alternative energy and protein sources on performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot lambs. *Livestock Science*, 251:104611, 2021.
- Campos, F.S.; Carvalho, G.G.P.; Santos, E.M.; Araújo, G.G.L.; Gois, G.C.; Rebouças, R.A.; Perazzo, A.F. Characteristics of carcass and non-carcass components of lambs fed diets containing silages of forages adapted to the semi-arid environment. *South African Journal of Animal Science*, 49:119-130, 2019.
- Cartaxo, F.Q.; Sousa, W.H.; Cezar, M.F.; Cunha, M.D.G.G.; Menezes, L.M.; Ramos, J.D.F.; Gomes, J.T.; Viana, J.A. Performance and carcass traits of Santa Ines pure lambs and crosses with Dorper finished in feedlot. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 18:388-401, 2017.
- Castro, J.M.D.C.; Silva, D.S.; Medeiros, A.N.; Filho, E.C.P. Desempenho de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas completas contendo feno de maniçoba. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:674-680, 2007.
- Costa, E.D.S.; Ribiero, C.V.D.M.; Silva, T.M.; Ribeiro, R.D.X.; Vieira, J.F.; Lima, A.D.O.; Oliveira, R.L. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, serum metabolites and growth performance of lambs supplemented with *Acacia mearnsii* condensed tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 272:114744, 2021.
- Costa, R.G.; Treviño, I.H.; Medeiros, G.R.; Medeiros, A.N.; Pinto, T.F.; Oliveira, R.L. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. *Small Ruminant Research*, 102:13-17, 2012.
- Cunha, M.D.G.G.; Carvalho, F.F.R.D.; Vêras, A.S.C.; Batista, Â.M.V. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:1103-1111, 2008.
- Felix, S.C.R.; Pessoa, R.A.S.; Ferreira, M.A.; Soares, L.F.P.; Silva, J.L.; Abreu, K.S.F.; Melo, A.C.C. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. *Tropical Animal Health and Production*, 48:465-468, 2016.
- Giotto, F.M.; Grandis, F.A.; Mello, A.S.; Ribeiro, E.L.A. Discarded pecan seeds as an alternative feed stuff in lamb diets: Effects on intake, growth performance, carcass weights, and meat quality. *Small Ruminant Research*, 213:106729, 2022.
- Lima, A.G.V.O.; Silva, T.M.; Bezerra, L.R.; Pereira, E.S.; Barbosa, A.M.; Ribeiro, R.D.X.; Oliveira, R.L. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance and carcass traits of Santa Ines lamb fed with sunflower cake from biodiesel production. *Small Ruminant Research*, 168:19-24, 2018.
- Mendes, C.Q.; Susin, I.; Pires, A.V.; Nussio, L.G.; Araujo, R.C.D.; Ribeiro, M.F. Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com cana-de-açúcar ensilada ou in natura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60:733-740, 2008.
- Morais, J.S.; Barreto, L.M.G.; Neves, M.L.M.W.; Monnerat, J.P.I.S.; Ferreira, M.A.; Cordeiro, E.H.A.; Vêras, A.S.C. Effect of dietary replacing of corn grain with the blend of residues from the candy industry and corn gluten feed on performance of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 282:115130, 2021.
- Oliveira, J.Q.D.; Loures, D.R.S.; Bagaldo, A.R.; Araujo, F.L.D.; Sousa, S.L.G.D.; Andrade, M.A.D.; Almeida, B.D.J. Desempenho produtivo e concentrações de N-ureico em ovinos alimentados com parte aérea da mandioca ensilada com aditivos alternativos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15:570-583, 2014.
- Oliveira, P.B.; Lima, P.M.T.; Campeche, A.; Mendonça, S.; Laviola, B.G.; McManus, C.; Louvandini, H. Growth and carcass characteristics of Santa Inês lambs fed diet supplemented with physic nut meal free of phorbol ester. *Small Ruminant Research*, 114:20-25, 2013.
- Paixão, T.R.; Almeida, V.V.S.; Oliveira, A.C.; Silva, A.P.G.; Silva, J.W.D.; Santos, L.V.; Junior, D.M.L.; Silva, R.R. Intake, digestibility, ruminal parameters, and performance in lamb fed with increasing levels of red propolis extract. *Tropical Animal Health and Production*, 54:364, 2022.
- Pereira, M.S.; Ribeiro, E.L.A.; Mizubuti, I.Y.; Rocha, M.A.; Kuraoka, J.T.; Nakaghi, E.Y.O. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dietas com polpa cítrica úmida prensada em substituição à silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:134-139, 2008.
- Polizel, D.M.; Sardinha, L.A.; Limede, A.C.; Miszura, A.A.; Barroso, J.P.R.; Sturion, T.U.; Soares, L.C.B.; Marques, R.S.; Biava, J.S.; Junior, M.V.C.F.; Ferreira E.M.; Pires, A.V. Effect of narasin supplementation on performance of lambs fed high-forage diets. *Small Ruminant Research*, 205:106549, 2021.

Ramos, L.M.G.; Bezerra, L.R.; Oliveira, J.P.F.; Souza, M.P.; Silva, A.L.; Pereira, E.S.; Mazzeto, S.E.; Filho, J.M.P.; Oliveira, R.L. Effects of feeding growing-finishing lambs with cashew nut shell liquid on the growth performance, physicochemical attributes, lipid peroxidation and sensorial parameters of burger. *Small Ruminant Research*, 202:106468, 2021.

Rego, F.C.A.; Lima, L.D.; Baise, J.; Gasparini, M.J.; Eleodoro, J.I.; Santos, M.D.; Zundt, M. Performance, carcass and meat characteristics of lambs in feedlot fed diets with increasing levels of fresh orange pulp replacing corn. *Ciência Animal Brasileira*, 20, 2019.

Ribeiro, P.H.C.; Júnior, V.L.; Urbano, S.A.; Menezes, M.L.; Neta, M.L.T.; Costa, M.G.; Aguiar, E.M.; Inácio, J.G. Consumo e desempenho de cordeiros confinados alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro/Intake and performance of lambs fed in feedlot with different levels of neutral detergent fiber. *Brazilian Journal of Development*, 6:16964-16975, 2020.

Santos, P.A.C.; Neto, O.J.A.G.; Filho, M.A.M.; Gomes, R.M.S.; Parente, H.N. Análise econômica da inclusão de farinha amilácea de babaçu na dieta de cordeiros confinados. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3:1421-1426, 2020.

Silva, H.G.D.O.; Pires, A.J.V.; Carvalho, G.G.P.D.; Veloso, C.M.; Silva, F.F.D. Capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em dietas para ovinos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:734-742, 2008.

Valença, R.L.; Sobrinho, A.G.S.; Borghi, T.H.; Meza, D.A.R.; Andrade, N.; Silva, L.G.; Bezerra, L.R. Performance, carcass traits, physicochemical properties and fatty acids composition of lambs meat fed diets with marine microalgae meal (*Schizochytrium* sp.). *Livestock Science*, 243:104387, 2021.

Apêndice 3 – Referências do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações para caprinos e ovinos

Almeida, A.K.; Resende, K.T.; St-Pierre, N.; Silva, S.P.; Soares, D.C.; Fernandes, M.H.M.R.; Souza, A.P.; Silva, N.C.D.; Lima, A.R.C.; Teixeira, I.A.M.A. Energy requirements for growth in male and female Saanen goats. *Journal of Animal Science*, 93:3932-3940, 2015.

Almeida, C.P. *Concentração proteica e período de confinamento em cordeiros alimentados com dietas de alto grão*. Dissertação (Mestre em Ciência Animal), Universidade Estadual de Santa Cruz, 42 p, 2016.

Almeida, F.M. *Semente de seringueira na alimentação de cordeiros*. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Estadual de Santa Cruz, 86 p, 2015.

Andrade, I.R.A. *Fontes alternativas de proteínas na dieta de ovinos em confinamento: Valor nutritivo e desempenho bioeconômico*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, 90 p, 2011.

Aragão, A.S.L.; Pereira, L.G.R.; Chizzotti, M.L.; Voltolini, T.V.; Azevêdo, J.A.G.; Barbosa, L.D.; Santos, R.D.; Araújo, G.G.L.; Brandão, L.G.N. Farelo de manga na dieta de cordeiros em confinamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64:967-973, 2012.

Araújo, G.G.L.; Bade, P.L.; Menezes, D.R.; Socorro, E.P.; Sá, J.L.; Oliveira, G.J.C.D. Substituição da raspa de mandioca por farelo de palma forrageira na dieta de ovinos. *Revista Brasileira de saúde e produção Animal*, 10:448-459, 2009.

Araújo, M.L.G.M.L.; Santos, E.M.; Carvalho, G.G.P.; Pina, D.S.; Oliveira, J.S.; Tosto, M.S.L.; Silva, D.S.; Perazzo, A.F.; Pereira, D.M.; Nascimento, T.V.C.; Ferreira, D.J.; Cavalcanti, H.S.; Santos, F.N.S.; Ribeiro, M.D.; Zanine, A.M. Ensiling Sorghum with Urea, Aerobic Exposure and Effects on Intake, Digestibility, Ingestive Behaviour and Blood Parameters of Feedlot Lambs. *Animals*, 13:2005, 2023.

Assis, D.Y.C.; Carvalho, G.G.P.; Santos, E.M.; Oliveira, F.A.; Araújo, M.L.G.M.L.; Pina, D.; Santos, S.; Rufino, L.M.A. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Italian Journal of Animal Science*, 18:1, 124-133, 2019.

Azevêdo, J.A.G.; Souza, L.L.; Salt, M.P.F.; Nascimento, L.S.; Almeida, F.M.; Pereira, L.G.R.; Almeida, V.V.S. Substituição do milho pela silagem de jaca em dietas para cordeiros confinados. *Semina: Ciências Agrárias*, 36:1599-1608, 2015.

Bandeira, P.A.V.; Filho, J.M.P.; Silva, A.M.A.; Cezar, M.F.; Bakke, O.A.; Silva, U.L.; Borburema, J.B.; Bezerra, L.R. Performance and carcass characteristics of lambs fed diets with increasing levels of Mimosa tenuiflora (Willd.) hay replacing Buffel grass hay. *Tropical animal health and production*, 49:1001-1007, 2017.

Bastos, M.P.V.; Carvalho, G.G.P.D.; Pires, A.J.V.; Silva, R.R.D.; Carvalho, B.M.A.D.; Brandão, K.C.; Maranhão, C.M.D.A. Impact of total substitution of corn for soybean hulls in diets for lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44:83-91, 2015.

Beserra, L.T. *Casca de mamona em dietas para ovinos de corte*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, 81 p, 2010.

- Bezerra, H.; Santos, E.; Oliveira, J.; Carvalho, G.; Silva, F.; Cassuce, M.; Perazzo, A.; Zanini, A.; Pinho, R. Performance and ruminal parameters of boer crossbred goats fed diets that contain crude glycerin. *Animals*, 9:967, 2019.
- Brito Neto, A.S. *Exigências de energia para manutenção e ganho de peso de fêmeas Santa Inês e equações para predição do peso de carcaça, peso de corpo vazio, ganho de peso de corpo vazio e energia retida*. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.
- Cabral, I.S.; Azevedo, J.A.G.; Almeida, F.M.; Pereira, L.G.R.; Araújo, G.G.L.; Souza, L.L.; Oliveira, G.A.; Filho, C.A.A. O. Silage or fresh by-product of peach palm as roughage in the feeding of lambs. *Tropical animal health and production*, 47:525-531, 2015.
- Caldas, A.C.; Filho, J.P.; Menezes, D.; Cavalcante, I.; Fernandes, J.; Oliveira, J.; Oliveira, R.; Moura, J.F.; Bezerra, L. Tannins from Mimosa tenuiflora in the diet improves nutrient utilisation, animal performance, carcass traits and commercial cuts of lambs. *Animal Production Science*, 61:1373-1384, 2021.
- Campos, F.S.; Carvalho, G.G.P.; Santos, E.M.; Araújo, G.G.L.; Gois, G.C.; Rebouças, R.A.; Leão, A.G.; Santos, S.A.; Oliveira, J.S.; Leita, L.C.; Araújo, M.L.G.M.L.; Cirne, L.G.A.; Silva, R.R.; Carvalho, B.M.A. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. *Meat science*, 124:61-68, 2017.
- Costa, M.R.G.F.; Pereira, E.S.; Silva, A.M.A.; Paulino, P.V.R.; Mizubuti, I.Y.; Pimentel, P.G.; Pinto, P.G.; Junior, J.N.R. Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. *Small Ruminant Research*, 114:206-213, 2013.
- Diogênes, L.V.; Bezerra, L.; Filho, J.P.; Silva, J.S.; Oliveira, J.; Moura, J.; Barbosa, A.; Souza, M.; Sousa, S.; Pereira, E.; Oliveira, R. Effects of the dietary inclusion of buriti oil on lamb performance, carcass traits, digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior and blood metabolites. *Animals*, 10:1973, 2020.
- Fernandes, M.H.M.R.; Resende, K.T.D.; Tedeschi, L.O.; Fernandes Jr, J.S.; Silva, H.M.; Carstens, G.E.; Berchielli, T.T.; Teixeira, I.A.M.A.; Akinaga, L. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. *Journal of animal science*, 85:1014-1023, 2007.
- Ferreira, A.C.D.; Yáñez, E.A.; Medeiros, A.N.; Resende, K.T.; Filho, J.M.P.; Fernandes, M.H.M.R.; Almeida, A.K.; Teixeira, I.A.M.A. Protein and energy requirements of castrated male Saanen goats. *Small Ruminant Research*, 123:88-94, 2015.
- Ferreira, J.C.S. *Características da carcaça de ovinos Soinga e mestiços alimentados com a palma forrageira miúda e orelha de elefante mexicana*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 58 p, 2017.
- Figueiredo, F.O.M.; Leite, R.F.; St Pierre, N.R.; Resende, K.T.; Almeida, A.K.; Souza, A.P.; Teixeira, I.A.M.A. Energy and protein requirements of weaned male and female Saanen goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101:1014-1025, 2017.
- Gomes, F.H.T.; Cândido, M.J.D.; Carneiro, M.S.D.S.; Furtado, R.N.; Pereira, E.S. Consumo, comportamento e desempenho em ovinos alimentados com dietas contendo torta de mamona1. *Revista Ciência Agronômica*, 48:182-190, 2017.
- Guimarães, G.S.; Azevedo, J.A.G.; Cairo, F.C.; Silva, C.S.; Souza, L.L.; Santos Nunes, F.S.; Carvalho, G.G.P.; Araújo, G.G.L.; Silva, R.R. Proportions of concentrate and rehydrated ground grain corn silage at different storage times for better use of starch by lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 54:297, 2022.
- Herbster, C.J.L. *Exigências nutricionais de energia e predição do consumo de água em ovinos deslançados*. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.
- Lima, V.H.C.; Urbano, S.A.; Ferreira, M.A.; Ribeiro, P.H.C.; Bezerra, J.G.; Chagas, J.C.C.; Aguiar, E.M.; Rangel, A.H.N. Sugarcane bagasse or elephant grass hay in diets for goats: Performance, feeding behavior and carcass characteristics. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 35:49-59, 2022.
- Magalhães, T.S. *Caroço de algodão integral ou moído e quitosana em dietas para cordeiros*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal da Bahia, 114 p, 2018.
- Nascimento, C.D.O.; Santos, S.A.; Pina, D.D.S.; Tosto, M.S.L.; Pinto, L.F.B.; Eiras, D.N.; Assis, D.Y.C.; Perazzo, A.F.; Araújo, M.L.G.M.L.; Azevedo, J.A.G.; Mourão, G.B. Effect of roughage-to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance of feedlot lambs. *Small Ruminant Research*, 182:15-21, 2020.
- Nicory, I.M.C.; Carvalho, G.G.P.; Ribeiro, O.L.; Santos, S.A.; Silva, F.F.; Silva, R.R.; Lopes, L.S.C.; Souza, F.N.C.; Freitas Jr, J.E. Productive and metabolic parameters in lambs fed diets with castor seed meal. *Livestock Science*, 181:171-178, 2015.

- Nobre, I.S.; Araújo, G.G.L.; Santos, E.M.; Carvalho, G.G.P.; Souza, B.B.; Ribeiro, O.L.; Turco, S.H.N.; Cavalcante, A.B.; Albuquerque, I.R.R. Comportamento ingestivo e termorregulação em ovinos alimentados com silagem de palma forrageira submetidos a oferta intermitente de água. *Semina: Ciências Agrárias*, 39:1683–1694, 2018.
- Nogueira, A. S. Torta de Licuri na alimentação de ovinos. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 89 p, 2013.
- Oliveira, A.P.; Pereira, E.S.; Pinto, A.P.; Silva, A.D.A.; Carneiro, M.D.S.; Mizubuti, I.Y.; Ribeiro, E.L.A.; Campos, A.C.N.; Gadelha, C.R.F. Estimates of nutritional requirements and use of Small Ruminant Nutrition System model for hair sheep in semiarid conditions. *Semina: Ciências Agrárias*, 35:1985-1997, 2014.
- Oliveira, F.A.; Carvalho, G.G.P.; Assis, D.Y.C.; Oliveira, R.J.F.; Nascimento, C.O.; Tosto, M.S.L.; Pina, D.S.; Santos, A.V.; Rufino, L.M.A.; Azevedo, J.A.G.; Eiras, C.E.; Carvalho, B.M.A. Quantitative and qualitative traits of carcass and meat of goats fed diets with cactus meal replacing corn. *Tropical animal health and production*, 51:589-598, 2019.
- Oliveira, G.A. Cordeiros de três classes sexuais alimentados individualmente ou em grupo. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 83 p, 2014.
- Palmieri, A.D.; de Carvalho, G.G.P.; Tosto, M.S.L.; Leite, V.M.; Santos, S.A.; Borja, M.S.; Almeida Rufino, L.M. Nutritional and productive performance of goats kids fed diets with detoxified castor meal. *Animal Feed Science and Technology*, 216:81-92, 2016.
- Perazzo, A.F.; Neto, S.D.P.H.; Ribeiro, O.L.; Santos, E.M.; de Carvalho, G.G.P.; da Silva Oliveira, J.; Pinho, R.M.A. Correlações entre consumo, digestibilidade e desempenho com o comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo feno de capim-buffel amonizado. *Semina: Ciências Agrárias*, 37:1551-1564, 2016.
- Pereira, E.S.; Fontenele, R.M.; Silva, A.M.; Oliveira, R.L.; Ferreira, M.R.; Mizubuti, I.Y.; Carneiro, N.S.S.; Campos, A.C.N. Body composition and net energy requirements of Brazilian Somali lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 13:3583, 2014.
- Pereira, T.C.D.J.; Pereira, M.L.A.; Carvalho, G.G.P.; Silva, H.G.D.O.; Santos, A.B.; Pina, D.S.; Sousa, L.B. Creatinine as a Urinary Marker of the Purine Derivatives Excretion in Urine Spot Samples of Lambs Fed Peach Palm Meal. *Animals*, 12:1195, 2022.
- Ramos, R.C.S. Torta de Dendê em dietas de alto grão para ovinos confinados. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2020.
- Regadas Filho, J.G.L.; Pereira, E.S.; Pimentel, P.G.; Villarroel, A.B.S.; Medeiros, A.N.; Fontenele, R.M. Body composition and net energy requirements for Santa Ines lambs. *Small Ruminant Research*, 109:107-112, 2013.
- Ribeiro, J.S.; Santos, L.L.; Lima Júnior, D.M.; Mariz, T.M.A.; Ladeira, M.M.; de Azevedo, P.S.; Lima, C.B.; Silva, M.J.M. Spineless cactus associated with Tifton hay or sugarcane bagasse may replace corn silage in sheep diets. *Tropical Animal Health and Production*, 49:995-1000, 2017.
- Ribeiro, R.D.; Carvalho, G.G.; Silva, T.M.; Costa, J.B.; Bezerra, L.R.; Cambuí, G.B.; Barbosa, A.M.; Oliveira, R.L. Effects of crude glycerin from biodiesel on the diets of lambs: intake, digestibility, performance, feeding behavior, and serum metabolites. *Journal of Animal Science*, 96:1952-1961, 2018.
- Rodrigues, T.C.D.C.; Freitas, P.M.; Santos, E.M.; Araújo, G.G.; Pires, A.J.; Ayres, M.C.; Carvalho, L.M.; Souza, J.G.; de Carvalho, G.G. Effects of ammoniated pearl millet silage on intake, feeding behavior, and blood metabolites in feedlot lambs. *Tropical animal health and production*, 51:2323-2331, 2019.
- Rodrigues, T.C.G.C.; Santos, S.A.; Cirne, L.G.A.; Pina, D.S.; Alba, H.D.R.; de Araújo, M.L.G.M.L.; Silva, P.W.; Nascimento, C.O.; Rodrigues, C.S.; Tosto, M.S.L.; Carvalho, G.G.P. Palm kernel cake in high-concentrate diets for feedlot goat kids: Nutrient intake, digestibility, feeding behavior, nitrogen balance, blood metabolites, and performance. *Tropical Animal Health and Production*, 53:1-11, 2021.
- Santos, A.B.; Pereira, M.L.A.; Silva, H.G.O.; Carvalho, G.G.P.; Pereira, T.C.J.; Ribeiro, L.S.O.; Silva, M.G.C.P.C.; Sousa, L.B.; Azevedo, J.A.G.; Sousa, L.B.; Alencar, D.O. Intake, digestibility and performance of lambs fed diets containing peach palm meal. *Tropical Animal Health and Production*, 48:509-515, 2016.
- Santos, A.C.P.; Santos, E.M.; Carvalho, G.G.P.; Pinto, L.F.B.; Pina, D.S.; Perazzo, A.F.; Oliveira, J.S.; Mourão, G.B.; Nascimento, T.V.C.; Cruz, G.F.L. Productive and metabolic parameters, carcass and meat characteristics of lambs fed sorghum silage treated with urea and *Lactobacillus buchneri*. *Livestock Science*, 251:104603, 2021.

- Santos, A.C.S.; Santos, S.A.; Carvalho, G.G.P.; Mariz, L.D.S.; Tosto, M.; Filho, S.C.V.; Azevedo, J.A.G. A comparative study on the excretion of urinary metabolites in goats and sheep to evaluate spot sampling applied to protein nutrition trials. *Journal of Animal Science*, 96:3381-3397, 2018.
- Santos, I.A. Proporções de forragem em dietas para cordeiros confinados. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 42 p, 2021.
- Silva, A.M.A.; Santos, E.M.; Filho, J.M.P.; Bakke, O.A.; Neto, S.G.; Costa, R.G. Body composition and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical semiarid region. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:210-216, 2010.
- Silva, J.F.S.; Souza, M.T.C.; Vieira, M.S.B.; Praxedes, R.F.; Almeida, V.V.S.; Oliveira, A.C.; Rangel, A.H.N.; Carvalho, F.F.R.; Lima Junior, D.M. The replacement of grass hay by cassava foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. *Tropical Animal Health and Production*, 52:1623-1630, 2020a.
- Silva, J.K.B.D.; Araújo, G.G.L.D.; Santos, E.M.; Oliveira, J.S.D.; Campos, F.S.; Gois, G.C.; Silva, T.S.; Matias, A.G.S.; Ribeiro, O.L.; Perazzo, A.F.; Zanini, A.M. Performance of lambs fed total feed silage based on cactus pear. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13:19-31, 2022.
- Silva, L.F. Substituição do concentrado por níveis crescentes de silagem de gliricídia na alimentação de cordeiros. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Sergipe, 39 p, 2012.
- Silva, L.O.; Carvalho, G.G.P.; Tosto, M.S.L.; Lima, V.G.O.; Cirne, L.G.A.; Pina, D.S.; Santos, S.A.; Rodrigues, C.S.; Aures, M.C.C.; Azevedo, J.A.G. Digestibility, nitrogen metabolism, ingestive behavior and performance of feedlot goats fed high-concentrate diets with palm kernel cake. *Livestock Science*, 241:104226, 2020b.
- Silva, R.V.M.M.; de Carvalho, G.G.P.; Pires, A.J.V.; Pereira, M.L.A.; Pereira, L.; Campos, F.S.; Perazzo, A.F.; de Araújo, M.L.G.M.L.; Nascimento, C.O.; Santos, S.A.; Tosto, M.S.L.; Rufino, M.L.A.; de Carvalho, B.M.A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing lambs. *Small Ruminant Research*, 137:183-188, 2016.
- Silva, W.P.; Santos, S.A.; Cirne, L.G.A.; Pina, D.S.; Alba, H.D.R.; Rodrigues, T.C.G.C.; Araújo, M.L.G.M.L.; Lima, V.G.O.; Galvão, J.M.; Nascimento, C.O.; Rodrigues, C.S.; Carvalho, G.G. Carcass characteristics and meat quality of feedlot goat kids fed high-concentrate diets with licury cake. *Livestock Science*, 244:104391, 2021.
- Souza, L.L. Níveis de proteína bruta em dietas para cordeiros confinados. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 77 p, 2016.
- Souza, L.L.; Azevêdo, J.A.G.; Araújo, G.G.L.; Cruz, C.L.; Cabral, I.S.; Almeida, F.M.; Oliveira, G.A.; Oliveira, B.S. Crude glycerin for Santa Inês and F1 Dorper× Santa Inês lambs. *Small Ruminant Research*, 129:1-5, 2015.
- Teixeira, I.A.M.A.; Fernandes, M.H.M.R.; Filho, J.P.; Canesin, R.C.; Gomes, R.A.; Resende, K.T. Body composition, protein and energy efficiencies, and requirements for growth of F1 Boer× Saanen goat kids. *Journal of Animal Science*, 95:2121-2132, 2017.