

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

MARIA IZABEL BATISTA PEREIRA

**ESTIMATIVA DE CONSUMO PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM
AMBIENTE TROPICAL**

Ilhéus
Fevereiro, 2024

MARIA IZABEL BATISTA PEREIRA

**ESTIMATIVA DE CONSUMO PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM
AMBIENTE TROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa
Cruz, como requisito para obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção e Comportamento
Animal

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo.

Coorientador Prof. Dr. Guilherme Lobato Menezes

Ilhéus-BA, 2024

MARIA IZABEL BATISTA PEREIRA

**ESTIMATIVA DE CONSUMO PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM
AMBIENTE TROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal
da Universidade Estadual de Santa
Cruz, como requisito para obtenção
do título de Doutora em Ciência
Animal.

APROVADA EM 28/02/2024

Documento assinado digitalmente
 JOSE AUGUSTO GOMES AZEVEDO
Data: 28/02/2024 18:15:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

JOSÉ AUGUSTO GOMES AZEVEDO
UESC
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 GUILHERME LOBATO MENEZES
Data: 28/02/2024 18:30:30-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

GUILHERME LOBATO MENEZES
UWM
(Co-orientador)

Documento assinado digitalmente
 STEFANIE ALVARENGA SANTOS
Data: 01/03/2024 11:07:38-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

STEFANIE ALVARENGA SANTOS- Dsc.
UFBA
Examinador

Documento assinado digitalmente
 ELZANIA SALES PEREIRA
Data: 05/03/2024 08:40:05-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

ELZANIA SALES PEREIRA- Dsc.
UFC
Examinador

Documento assinado digitalmente
 IZABELLE AUXILIADORA MOLINA DE ALMEIDA TI
Data: 28/02/2024 18:20:00-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

IZABELLE AUXILIADORA MOLINA DE ALMEIDA TEIXEIRA
UI
Examinador

120 RESUMO

121 A avaliação do consumo em pequenos ruminantes sob condições tropicais é essencial para maximizar
122 a eficiência alimentar e o desempenho animal, equilibrar a demanda nutricional com disponibilidade
123 de insumos, e garantir a viabilidade econômica e sustentabilidade dos sistemas produtivos. Assim, essa
124 tese foi organizada em três capítulos com os seguintes objetivos: o capítulo 1, aborda os fundamentos
125 nutricionais para caprinos e ovinos em sistemas tropicais, destacando a importância do consumo de
126 matéria seca (CMS) e consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), fazendo um resgate sobre as
127 principais equações nacionais e internacionais utilizadas, limitações das equações existentes e a
128 necessidade de modelos específicos para condições tropicais. O capítulo 2, apresenta o
129 desenvolvimento e validação de 6 modelos de predição para o consumo de matéria seca (CMS) com
130 as variáveis: peso corporal (PC), peso metabólico ($PC^{0,67}PC^{0,75}$) e ganho médio diário (GMD). Para
131 avaliar a influência do genótipo e sexo no CMS, essas variáveis foram utilizadas como variáveis
132 “dummy”. Foi observado diferença significativa ($P \leq 0,05$) para o CMS entre caprinos e ovinos e no
133 caso dos caprinos, também foi observado diferença significativa ($P \leq 0,05$) para o sexo. As informações
134 contidas nos estudos foram obtidas a partir de dados experimentais coletados em diversas regiões do
135 Brasil, compilados em banco de dados unificado com informações individuais sobre consumo “*ad libitum*”
136 e desempenho. Foram realizadas análises descritivas sobre consumo, desempenho, dietas e
137 correlação de Pearson, selecionando as variáveis que tiveram melhor correlação ($P \geq 0,05$). Foram
138 selecionadas 1102 informações, sendo 882 para ovinos e 220 para caprinos. Para a validação, foram
139 confeccionados dois bancos de dados distintos, o primeiro com 157 informações de estudos nacionais
140 reportados na literatura nacional e internacional, sendo 117 para ovinos 40 para caprinos, e o segundo
141 com informações de um confinamento comercial brasileiro específico para ovinos com 46 lotes,
142 totalizando 1436 ovinos independentes para caprinos e ovinos totalizando 1625 informações. A
143 equação proposta para caprinos foi: $CMS = \beta + 30,9309 \times PC$ com ajuste para classe sexual de animais
144 não castrados, $\beta_0 = 78,12$; animais castrados, $\beta_1 = 57,2919$; e fêmeas, $\beta_2 = 36,4638$, apresentando maior
145 r^2 (0,846), menor raiz quadrada do erro médio quadrático de previsão (RQMEP = 47,5810), %QMEP
146 (2,99), menor (CIAC) critério de informação Akaike (469,255) e CCC (0,904). Para ovinos a equação
147 selecionada foi: $CMS = -145,68 + 77,3709 \times PC^{0,75} + 1,3985 \times GMD$, onde apresentou maior r^2 (0,487),
148 menor RQMEP (166,77), %QMEP (26,55%) e menor CIAC (1531,31), sendo 5,3 e 3,7 vezes melhor
149 quando comparadas com equações reportadas pela literatura, respectivamente. Para o confinamento
150 comercial, a equação proposta 12, apresentou melhor desempenho, $r^2 = 0,90$, coeficiente de
151 concordância (CCC=0,94), viés médio (0,003), melhor acurácia (Cb=0,99), raiz quadrada do erro
152 médio de predição (RQMEP=0,03) em comparação ao modelo de Oliveira et al. (2020), onde os
153 valores para o intercepto ($\beta_0=0$) e a inclinação da reta ($\beta_1=1$) não foram significativos ($P > 0,05$) nestas
154 condições avaliadas. As equações propostas neste estudo apresentaram melhores índices de acurácia e
155 precisão para caprinos e ovinos confinados, sendo recomendados para sistemas de confinamento em
156 ambiente tropical. O capítulo 3 apresenta o desenvolvimento de 5 modelos de predição do consumo
157 de FDN(%PC) como variável resposta, e as variáveis: consumo de matéria seca (CMS) e (CMS%PC),
158 peso corporal (PC), peso metabólico ($PC^{0,75}$), fibra em detergente neutro e em %(MS), (FDN%MS e
159 $FDN^2\%MS$). Para avaliar a influência do genótipo e sexo, foram utilizadas como variáveis “dummy”.
160 Foram selecionadas 607 informações, sendo 460 para ovinos e 147 para caprinos. 5 modelos foram
161 desenvolvidos e validados. Foi observado diferença significativa ($P \leq 0,05$) apenas para o genótipo em
162 todas as equações. A validação foi realizada em um banco de dados com 48 estudos (30 ovinos e 18
163 caprinos). Dentre as equações, a melhor proposta para caprinos foi: $CFDN = 5,0867 + 0,0276 \times$
164 $FDN(\%MS) - 0,1007 \times PC$, apresentando r^2 (0,87), menor raiz quadrada do erro médio de predição
165 (RQMEP=1,26), e maior CCC (0,88) em relação a equação de Almeida et al., (2019). Para ovinos a
166 equação selecionada foi: $CFDN = -1,5759 + 0,03237 \times FDN(\%MS) \times CMS$, apresentando maior r^2
167 (0,79), menor raiz quadrada do erro médio de predição (RQMEP =1,27), e maior CCC (0,79) em
168 comparação a equação de Oliveira et al., (2020). As equações propostas nos Capítulos 2 e 3
169 apresentaram melhores ajustes e melhores índices de acurácia e precisão, sendo recomendadas para
170 prever o CMS e FDN em sistemas de confinamento sob condições tropicais.

Palavras-chave: Consumo de matéria seca, modelos de predição, eficiência alimentar, confinamento tropical.

ABSTRACT

The evaluation of feed intake in small ruminants under tropical conditions is essential to maximize feed efficiency and animal performance, balance nutritional demand with input availability, and ensure economic viability and sustainability of production systems. Thus, this thesis was organized into three chapters with the following objectives: Chapter 1 addresses the nutritional fundamentals for goats and sheep in tropical systems, highlighting the importance of dry matter intake (DMI) and neutral detergent fiber intake (NDFI), reviewing the main national and international equations used, limitations of existing equations, and the need for specific models for tropical conditions. Chapter 2 presents the development of 6 prediction models for dry matter intake (DMI) with the variables: body weight (BW), metabolic weight ($BW^{0.67}/BW^{0.75}$) and average daily gain (ADG). To evaluate the influence of genotype and sex on DMI, these variables were used as dummy variables. Significant differences ($P \leq 0.05$) were observed for DMI between goats and sheep, and for goats, significant differences ($P \leq 0.05$) were also observed for sex. The study data were obtained from experimental data collected across various regions of Brazil, compiled into a unified database with individual information on ad libitum intake and performance. Descriptive analyses were performed on intake, performance, diets, and Pearson correlation, selecting variables with the best correlation ($P \geq 0.05$). A total of 1,102 records were selected (882 for sheep and 220 for goats). For validation, two distinct databases were created: the first with 157 records from national studies reported in national and international literature (117 for sheep, 40 for goats), and the second with data from a specific Brazilian commercial feedlot for sheep with 46 batches totaling 1,436 sheep. Independent databases for goats and sheep totaled 1,625 records. The proposed equation for goats was: $DMI = \beta + 30.9309 \times BW$ with adjustments for sexual class: intact males $\beta_0 = 78.12$; castrated males $\beta_1 = 57.2919$; and females $\beta_2 = 36.4638$, showing higher r^2 (0.846), lower root mean square prediction error (RMSPE=47.5810), %RMSPE (2.99%), lower Akaike information criterion (AIC=469.255) and CCC (0.904). For sheep, the selected equation was: $DMI = -145.68 + 77.3709 \times BW^{0.75} + 1.3985 \times ADG$, showing higher r^2 (0.487), lower RMSPE (166.77), %RMSPE (26.55%) and lower AIC (1531.31), performing 5.3 and 3.7 times better compared to literature-reported equations, respectively. For the commercial feedlot, the proposed equation showed better performance ($r^2 = 0.90$, CCC=0.94, mean bias=0.003, better accuracy ($C_b = 0.99$), RMSPE=0.03) compared to Oliveira et al. (2020) model, where intercept ($\beta_0 = 0$) and slope ($\beta_1 = 1$) were not significant ($P > 0.05$) under these evaluated conditions. The equations proposed in this study showed better accuracy and precision indices for confined goats and sheep, being recommended for tropical feedlot systems. Chapter 3 presents the development of 5 prediction models for NDFI (%BW) as response variable, with the variables: dry matter intake (DMI) and (DMI/BW), body weight (BW), metabolic weight ($BW^{0.75}$) and neutral detergent fiber percentage (NDF%DM and NDF2%DM). To evaluate genotype and sex influence, they were used as dummy variables. A total of 607 records were selected (460 for sheep and 146 for goats). Five models were generated and validated in an independent database. Significant differences ($P \leq 0.05$) were observed only for genotype in all equations. Validation was performed using a database of 48 studies (30 for sheep, 18 for goats). Among the developed equations, the best proposed equation for goats was 4: $NDFI = 5.0867 + 0.0276 \times NDF(\%DM) - 0.1007 \times BW$, showing r^2 (0.87), lower RMSPE (1.26), and higher CCC (0.88) compared to Almeida et al. (2019). For sheep, the selected equation was 3: $NDFI = -1.5759 + 0.03237 \times NDF(\%DM) \times DMI$, showing higher r^2 (0.79), lower RMSPE (1.27), and higher CCC (0.79) compared to Oliveira et al. (2020). The equations proposed in Chapters 2 and 3 showed better adjustments and better accuracy and precision indices, being recommended to predict DMI and NDFI in tropical confinement systems.

Keywords: Dry matter intake, prediction models, feed efficiency, tropical feedlot.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Figura 1. Correlação de Pearson das variáveis utilizadas para o desenvolvimento dos modelos de predição do consumo de matéria seca (CMS) por caprinos e ovinos em confinamento.

Figura 2. Relação entre os valores de consumo de matéria seca (CMS) observados e preditos da equação proposta e por diferentes Equações da literatura para caprinos. 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 trastejada refere-se aos valores onde $Y=x$; linha contínua na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pelas equações.

Figura 3. Relação entre os valores de consumo de matéria seca (CMS) observados e preditos da equação proposta e por diferentes Equações da literatura para ovinos. 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 trastejada refere-se aos valores onde $Y=x$; linha contínua na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pelas equações.

Figura 4. Análise comparativa dos valores de consumo de matéria seca (CMS) observados (+) e residuais (observados – preditos) da equação proposta e a equação de Almeida et al, 2020 para ovinos mantidos em sistema de confinamento comercial no Brasil.

CAPÍTULO III- PREDIÇÃO DO CONSUMO DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Figura 1. Correlação de Pearson das variáveis utilizadas para o desenvolvimento dos modelos de predição do consumo de FDN para ovinos e caprinos.

Figura 2. Análise comparativa dos valores de consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) observados (○) da equação proposta e (▲) da equação de Almeida et al. (2019) para caprinos.

Figura 3. Análise comparativa dos valores de consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) observados (○) da equação proposta e (▲) da equação de Oliveira et al. (2020) para ovinos.

Figura 4. Relação entre o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN%PC) e o nível de FDN na dieta (%MS) em caprinos projetados a partir da equação 2.

Figura 5. Relação entre o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN%PC) e o nível de FDN na dieta (%MS) em caprinos projetados a partir da equação 2.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

- Tabela 1.** Modelos para predição do CMS (g kg/dia) de ovinos e caprinos em confinamento reportados pela literatura.
- Tabela 2.** Composição química e valor nutricional das dietas utilizadas no desenvolvimento das equações de predição do consumo de matéria seca (CMS) por ovinos e caprinos em confinamento.
- Tabela 3.** Estatísticas descritivas do CMS, PC e GMD utilizadas para desenvolver e validar as equações de predição para consumo de matéria seca por caprinos e ovinos.
- Tabela 4.** Fatores de inflação da variância entre variáveis em equações de previsão para caprinos e ovinos.
- Tabela 5.** Adequação das equações desenvolvidas e utilizadas na predição do CMS para caprinos.
- Tabela 6.** Estatísticas de validação do consumo de matéria seca da equação proposta e equações reportadas pela literatura para caprinos.
- Tabela 7.** Estatísticas de validação do consumo de matéria seca da equação proposta e equação reportadas por Almeida et al. (2019) para caprinos.
- Tabela 8.** Adequação das equações desenvolvidas e utilizadas na predição do CMS para ovinos.
- Tabela 9.** Estatísticas de validação do consumo de matéria seca da equação proposta e equações reportadas pela literatura para ovinos.
- Tabela 10.** Composição química e valor nutricional da dieta utilizada no confinamento comercial de ovinos.
- Tabela 11.** Estatísticas de validação das equações reportadas pela literatura e equação proposta para ovinos em condições de confinamento comercial.
- Tabela 12.** Estatísticas de validação do consumo de matéria seca da equação proposta e equação reportada por Oliveira et al. (2020) para ovinos.

MATERIAL SUPLEMENTAR 1

- Tabela 1.** Descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de predição (CMS) para ovinos.
- Tabela 1.1** Continuação da descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de predição (CMS) para ovinos e caprinos.

319 **Tabela 2.** Descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de
320 predição (CMS) para caprinos.

321 **Tabela 3.** Simulação da predição do CMS (g kg/dia) para caprinos em confinamento pela
322 equação proposta.

323 **Tabela 4.** Simulação da predição do CMS (g kg/dia) para ovinos em confinamento pela
324 equação proposta.

325
326 **CAPÍTULO III- PREDIÇÃO DO CONSUMO DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO**
327 **PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS**

328 **Tabela 1.** Composição química e valor nutricional das dietas utilizadas no desenvolvimento
329 e validação das equações de predição do consumo de FDN para ovinos e caprinos
330 em confinamento.

331 **Tabela 2.** Estatística descritiva de desempenho dos dados utilizados para desenvolver e
332 validar os modelos do consumo de FDN para ovinos e caprinos em confinamento.

333 **Tabela 3.** Fatores de inflação da variância entre variáveis dos modelos de predição do
334 consumo (FDN/dieta g/kg PC) para caprinos e ovinos em confinamento.

335 **Tabela 4.** Modelos desenvolvidos para predição do consumo (FDN/dieta g/kgPC) para
336 caprinos e ovinos em confinamento.

337 **Tabela 5.** Modelos para predição do consumo (FDN/dieta g/kg PC) de ovinos e caprinos em
338 confinamento reportados pela literatura.

339 **Tabela 6.** Estatística de validação das equações propostas para predição consumo (FDN/dieta
340 g/kgPC) de caprinos em confinamento.

341 **Tabela 7.** Estatística de validação e comparação da equação proposta (Equação 2) e equação
342 de Almeida et al., (2019) para consumo (FDN/dieta g/kgPC) caprinos em
343 confinamento.

344 **Tabela 8.** Estatística de validação das equações propostas para predição consumo (FDN/dieta
345 g/kg PC) de ovinos em confinamento.

346 **Tabela 9.** Estatística de validação e comparação da equação proposta (Equação 3) e equação
347 de Oliveira et al., (2020) para consumo (FDN/dieta g/kgPC) ovinos em
348 confinamento.

349 **MATERIAL SUPLEMENTAR 2**

350 **Tabela 1.** Descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de
351 predição (CFDN%PC) para ovinos.

352 **Tabela 1.1** Continuação da descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das
353 equações de predição (CFDN%PC) para ovinos e caprinos.

354 **Tabela 2.** Descrição do banco de dados utilizado na validação das equações de predição
355 (CFDN%PC) para caprinos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

356	
357	
358	AFRC - Agricultural and Food Research Council
359	CNCPS - Cornell Net Carbohydrate and Protein System
360	NRC – National Research Council
361	GMD = Ganho médio diário
362	FDN = Fibra em detergente neutro
363	PC = Peso corporal
364	PB = Proteína bruta
365	MS = Matéria seca
366	CMS = Consumo de Matéria Seca;
367	FDN = Fibra em detergente neutro
368	FDN(%MS) = Fibra em detergente neutro em % da matéria seca
369	CFND(%PC)- Consumo de Fibra em detergente neutro em % do peso corporal
370	MSd = Digestibilidade da matéria seca
371	NDT = Nutriente digestível total
372	PC _{0,75} = Peso metabólico
373	PC _i = Peso corporal inicial
374	PC _f = Peso corporal final
375	PC _m = Peso corporal médio
376	r^2 = Coeficiente de correlação de Pearson
377	R^2 = Coeficiente de determinação da regressão
378	DP= desvio padrão
379	CCC= coeficiente de correlação de concordância
380	Cb - Fator de correção do viés
381	MSEP=erro quadrático médio de predição;
382	CIA=Critério de Informação de Akaike;
383	QMEP = Quadrado médio de erro de predição;
384	RMSEP= Raiz quadrada média do erro de previsão
385	Cb= Correção do erro
386	EA= Erro aleatório
387	ES= Erro sistemático
388	EM= Erro médio

389	SUMÁRIO	
390	1. INTRODUÇÃO GERAL	19
391	CAPÍTULO I.....	22
392	REGULAÇÃO DO CONSUMO DE ALIMENTOS POR CAPRINOS E OVINOS	22
393	1. INTRODUÇÃO.....	23
394	2.1. Fatores Fisiológicos.....	26
395	2.1.2. Fatores neuro-hormonais	26
396	2.1.3. Fatores psicogênicos	26
397	2.1.4. Grupo genético	27
398	2.1.5. Categoria animal e Classe sexual	27
399	3. Fatores ambientais	29
400	4. Fatores relacionados a forragem e teor de fibra na dieta (FDN)	31
401	5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
402	CAPÍTULO II - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA CAPRINOS E	
403	OVINOS CONFINADOS EM AMBIENTE TROPICAL.....	42
404	1- INTRODUCTION	45
405	2- METHODOLOGY.....	46
406	2.1 Data Collection.....	46
407	2.2 Model Development	47
408	2.3 Model Evaluation and Validation.....	48
409	3- RESULTS.....	49
410	3.1- Study data characterization	49
411	3.2 Development of prediction equations	49
412	3.3- Validation and adequacy of the equations	49
413	4 – DISCUSSION	51
414	5. CONCLUSION	53
415	6. – REFERENCES.....	53
416	APPENDIX 1 – References of the database used in the validation for goats.....	56
417	APPENDIX 2 – References of the database used in the validation for sheep	57
418	APPENDIX 3 – References of the database used in the development of the equations for	
419	goats and sheep.....	60
420	SUPPLEMENTARY MATERIAL.....	65
421	CAPÍTULO III - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO	
422	(CFDN) PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM CONDIÇÕES TROPICAIS	69
423	Predição do Consumo de Fibra em Detergente Neutro para Caprinos e Ovinos Confinados	
424	em Ambiente Tropical.....	71
425	1. INTRODUÇÃO	74

426	2. METODOLOGIA	75
427	2.1 Coleta de Dados	75
428	2.2 Desenvolvimento do modelo.....	75
429	2.3 Avaliação e Validação dos Modelos	77
430	3- RESULTADOS.....	77
431	3.1- Estudo e caracterização dos dados.....	77
432	3.2- Desenvolvimento, Validação e adequação das Equações.....	81
433	4 – DISCUSSÃO	89
434	7. CONCLUSÃO	92
435	8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
436	Apêndice 1- Referências utilizadas para o desenvolvimento das equações de caprinos e	
437	ovinos	96
438	Apêndice 2- Referências utilizadas para a validação das equações de caprinos e ovinos. 101	
439	MATERIAL SUPLEMENTAR	103
440		
441		
442		
443		
444		
445		
446		
447		
448		
449		
450		
451		
452		
453		
454		
455		
456		
457		
458		
459		

460
461
462
463
464
465
466

467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507

A Deus pelo privilégio e oportunidade de vida, aos meus pais “Manoel e Ana”, aos meus irmãos
“Paulo e Estela”, Fabiana “*in memorian*”, vovó Francisca “*in memorian*” e aos meus filhotes
“Neneco, Princesa, Paçoca, Leão e Alfredo”.

Dedico de todo coração!

“O impossível só se torna impossível para aqueles que não enxergam neles a capacidade de mudar,
acreditar e recomeçar”.
“A educação transforma vidas, acredite!”

508 **“Tenha fé, Deus em seu coração, acredite em você e tudo dará certo”**

509 **AGRADECIMENTOS**

510 A Deus pela oportunidade de simplesmente existir, de viver, enxergar, respirar, sonhar e realizar.
511 Obrigado Deus por nunca me abandonar e nos momentos mais difíceis, me carregar em teus braços.

512 Aos meus pais Ana Lúcia & Manoel Pereira, pela dádiva de ser filha de vocês, pelo amor, apoio,
513 paciência, carinho e incentivo a tornar-me sempre uma pessoa de bem. E aos meus irmãos Paulo
514 Emanuel & Maria Estela, pelo amor incondicional.

515 Ao meu orientador, professor José Augusto G. Azevêdo pela confiança, oportunidade,
516 generosidade, aprendizado, humildade, puxões de orelha quando necessários e paciência nesta
517 caminhada. Serei sempre grata pela oportunidade e por tê-lo como meu orientador. O senhor é um
518 exemplo de professor, orientador, pai e acima de tudo, família. Deus o abençoe sempre.

519 Ao meu co-orientador Guilherme Menezes, muito obrigado pelo apoio, dedicação e paciência,
520 você é um profissional excepcional.

521 As professoras Elzânea Pereira, Izabelle Teixeira e Stefanie Alvarenga, pela generosidade em
522 todas as reuniões do grupo e por se fazerem presente neste momento como membros valiosíssimas da
523 banca, muito obrigada.

524 Ao grupo INCT-Ciência Animal, pela oportunidade em desenvolver essa pesquisa e por todo
525 aprendizado.

526 A todos os professores colaboradores (José Augusto G. Azevêdo, Gleidson G. P. de Carvalho,
527 Elzânia S. Pereira, Izabelle A. M. A. Teixeira, Stefanie A. Santos, Mara L. A. Pereira., Magno José D.
528 Cândido, Gherman G. .L Araújo, Leilson R. Bezerra, José M. P. Filho, Dorgival M. L. Júnior, Stela A.
529 Urbano e Marcelo A. Ferreira), que compartilharam de suas pesquisas para que minha tese fosse possível,
530 obrigada carinhosamente por todo apoio e auxílio nesta caminhada. Vocês foram importantíssimos. Que
531 Deus os abençoe, derrame graças e bençãos!

532 Ao grupo de pesquisa LAPNAR, Sr. Antônio, Sr. Roberto, Sr. Aragão, Jaci, Lais, Duda, Ana, Lígia,
533 Joyanne, Herick, Guilherme, Isaac, Marina, Clara e Pedro, muito obrigado por tornar os dias mais
534 agradáveis, pelo apoio, carinho, brincadeiras e tantos momentos de descontração, muito obrigado a todos
535 vocês. Sou muito feliz por fazer parte da família Lapnar.

536 A Allison, amigo de longa data, obrigada por abrir meus olhos em momentos de tribulações,
537 desafios e pela acolhida aqui em Itabuna.

538 A Herick, muito obrigada por compartilhar de sua amizade, pelas risadas, comilanças, conversas,
539 companhia no laboratório e toda a UESC. E por ter sido mesmo sem saber, um grande apoio em vários
540 momentos, inclusive nessa reta final. Estarei sempre torcendo por você.

541 A Thaís, grande amiga que Itabuna me presenteou, obrigada pela amizade sincera e por tantos
542 momentos de alegrias, conversas, apoio, incentivos.

543 Aos amigos da limpeza, em especial a Josi, Karla, Patrícia, Alessandro e Neide, obrigada por todos
544 os momentos de alegrias, brincadeiras, e acima de tudo, pela amizade.

545 A Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, pela oportunidade em fazer parte desta
546 universidade a qual tenho orgulho, enorme apreço e admiração.

547 Ao excelente PPGCA - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UESC, pela
548 oportunidade, transparência e apoio durante o doutorado.

549 A Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pelo suporte
550 financeiro (bolsa), crescimento pessoal e profissional.

551 A fazenda Santa Terezinha (Grupo Cara Preta), pela parceria e disponibilidade dos dados de
552 confinamento comercial de ovinos, importantíssimos para desenvolvimento da pesquisa, obrigado.

553 A cidade de Itabuna e Ilhéus, obrigada pela recepção e por terem sido minha casa nesses 4
554 anos de doutorado.

555 A todos que direto ou indiretamente contribuíram para este momento, muito obrigado.

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ingestão de matéria seca é um fator determinante no atendimento às exigências nutricionais e consequente desenvolvimento corporal, com influência direta na quantidade de nutrientes ingeridos e impacto no metabolismo, eficiência e produtividade animal (Van Soest, 1994; Del Valle et al., 2023). Sua relevância socioeconômica é significativa, sendo um componente essencial para obtenção de resultados de alto performance e potencial produtivo para o cenário na pecuária nacional e internacional. O atendimento adequado das exigências nutricionais de ovinos e caprinos torna-se essencial para fornecer diariamente todos os nutrientes em quantidade, qualidade e proporções adequadas para suprir as necessidades de crescimento, manutenção e produção, resultando em uma produção com melhor custo-benefício (Cartaxo et al., 2018).

A ampliação da cadeia produtiva de caprinos e ovinos nos últimos anos, tem contribuído com o aumento no quantitativo de animais, volume e diversificação de produtos comercializados (Guimarães et al., 2022). Aliado a esses aspectos e com o intuito de maximizar índices produtivos, performance e rentabilidade da cadeia produtiva, faz-se necessário compreender as interfaces e complexidades associadas ao CMS, crucial para o planejamento dietético eficiente e melhoria da resposta animal.

Durante o ciclo de produção de ruminantes, o consumo pode sofrer diversas variações em relação a categoria animal e aos diversos protocolos nutricionais adotados no ciclo de produção. Nesse sentido, o sistema nervoso central desempenha papel fundamental na regulação do consumo, ao integrar informações e nortear a tomada de decisão sobre os estímulos e dinâmica de iniciar e cessar o CMS (Allen et al., 2005; McMeniman et al., 2007; Suarez et al., 2014), regulado pela associação, diversidade de fatores complexos e multivariáveis (Forbes, 2003) que vão desde fatores neuro-hormonais, fatores psicogênicos como experiências alimentares e emocionais da palatabilidade ou aceitabilidade (Mertens, 1994). Além disso, fatores intrínsecos ao próprio animal, como grupo genético, classe sexual, características fenotípicas, entre outros, desempenham papel significativo nesse contexto.

Alterações mesmo que sutis, podem resultar em limitações na eficiência do ciclo produtivo e seu reflexo negativo na taxa de crescimento, maximização do desempenho e consequente rentabilidade da atividade (Azevêdo et al., 2023).

Um dos estudos pioneiros sobre fatores que regulam o CMS em ruminantes, foi publicado por Conrad & Hibbs (1964). Avaliando a dinâmica e importância da regulação do consumo de alimentos, esses autores concluíram que os fatores físicos e fisiológicos que regulam o consumo variam sua importância em relação ao aumento da digestibilidade. Ainda na década de 60, Conrad et al. (1966), concluíram que para obter mais informações sobre a importância dos eventos fisiológicos, seria interessante quantificar as inter-relações desses fatores em uma análise

multifatorial.

Dentre esses fatores, destaca-se a fibra em detergente neutro (FDN), fração fibrosa dos alimentos presente principalmente em forragens tropicais. As características químicas e físicas da FDN na dieta, principalmente oriunda da forragem, ocupa uma significativa parcela no volume da digesta presente no pré-estômagos dos ruminantes e seus estímulos aos barorreceptores presentes na mucosa intestinal. Nesse contexto, o FDN foi estabelecido como o ponto-chave de maior influência sobre o consumo de matéria seca e digestibilidade (Van Soest, 1965; Smith et al., 1972). Em dietas à base de forragens tropicais, o ponto máximo de consumo, acontecerá quando à ingestão for limitada pelo fator de enchimento físico da digesta ou repleção ruminal (Nascimento et al., 2009).

No entanto, vários estudos destacaram o uso equivocado da fibra, atribuindo-lhe como fator único de predição no CMS, em razão da elevada heterogeneidade química e física entre as fontes de FDN (Allen, 1996; Allen, 2000; Vasquez & Smith, 2000; Krizsan & Randby, 2007). No Brasil, Oliveira et al. (2011) realizou uma metanálise levando em consideração a qualidade da fibra de dois volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar) em dietas para vacas leiteiras sobre a regulação do consumo de alimentos. Esses autores concluíram que o entendimento sobre os efeitos da FDN em relação a digestibilidade e o desempenho animal é complexo em razão de diversos fatores, entre eles, a composição e origem do próprio FDN. Embora esses estudos se baseem em bovinos, o entendimento lógico da variabilidade do FDN, se aplica aos pequenos ruminantes.

Embora muitos estudos se concentrem na compreensão das reais necessidades nutricionais e a utilização dos alimentos de forma eficiente por esses animais, os sistemas de alimentação comumente utilizados (NRC, CNCPS-S, AFRC, INRA) para ovinos e caprinos geralmente são baseados em abordagens mais simples e empíricas, se comparados aos sistemas produtivos de bovinos (Cannas, 2000), por exemplo. Além disso, os modelos propostos pelo NRC. (2007) e CNCPS-S. (2004) foram desenvolvidos a partir de animais em regiões distintas das condições tropicais brasileiras, o que pode apresentar lacunas em não considerar o impacto que essas condições podem refletir no consumo de matéria seca (CMS) dos animais. Nesse sentido, esses sistemas podem levar os modelos a apresentarem estimativas de consumo subestimadas ou superestimadas.

Nesse contexto, Cabral et al. (2008), desenvolveram equações para estimar o consumo em confinamento por ovinos em condições brasileiras, considerando o peso corporal, ganho médio diário e características da dieta com mínimo de 30% de concentrado. Vieira et al. (2013), propuseram estimativas específicas de consumo, levando em consideração ovinos da raça Santa Inês, considerando a qualidade da dieta representada pela relação volumoso: concentrado.

Em relação aos caprinos, as equações de consumo mais utilizadas ainda continuam sendo aquelas propostas por Lu & Potchoiba, 1990; AFRC, 1993, 1998; Luo et al., 2004; INRA, 2007; CSIRO, 2007; NRC, 2007; e SRNS. No entanto, e com o objetivo de propor modelos mais adequados para estimar o CMS em cabras Saanen desmamadas sob condições tropicais, Almeida et

652 al. (2019) constataram que a maioria desses sistemas ainda subestimam o consumo, e que é
653 necessário futuramente, propor modelos que contemplem as condições climáticas locais em que os
654 animais são produzidos.

655 No Brasil, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de adequar e ajustar
656 os modelos às condições tropicais. Exemplo disso são os estudos de Knnup et al. (2019); Almeida
657 et al. (2019); Herbster et al. (2020); Oliveira et al. (2020); Gurgel et al.(2021); Torres et al. (2021);
658 Vásquez-Jiménez et al. (2024), que tem desempenhado papel crucial em minimizar lacunas,
659 expansão de conhecimento e aprimoramento dos sistemas produtivos, principalmente no
660 confinamento de caprinos e ovinos em diferentes cenários, considerando o clima tropical, ampla
661 variedade de raças, genótipos e características adaptativas existentes.

662 Diante desse contexto, o desenvolvimento preditivo de modelos adaptados ao clima tropical
663 capazes de gerar informações que auxiliem na tomada de decisões sobre a alimentação,
664 sustentabilidade, aprimoramento e eficiência dos sistemas produtivos brasileiros, representa um
665 passo importante para fortalecer de forma sustentável, a cadeia produtiva de pequenos ruminantes.

686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719

CAPÍTULO I

REGULAÇÃO DO CONSUMO DE ALIMENTOS POR CAPRINOS E OVINOS

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido pela sua diversidade genética de caprinos e ovinos, assim como pela variabilidade climática decorrente de sua extensão territorial e localização tropical. Esses fatores exercem influência direta na criação desses animais. Ao ponto de desenvolvem características adaptativas frente às diversas condições ambientais, incluindo altas temperaturas, umidade elevada, variações sazonais, aquecimento global, entre outros. Essas características podem conferir habilidades próprias ou adaptativas seja no aspecto reprodutivo quanto principalmente no âmbito produtivo. Os desafios da diversidade genética, variabilidade climática ou até mesmo a combinação desses fatores, apresentam-se como fatores que demandam atenção por parte dos nutricionistas na busca por soluções, visando melhorar os índices produtivos.

O consumo de matéria seca representa uma peça-chave para o desempenho produtivo de caprinos e ovinos. A dinâmica da sua regulação, está relacionada a compreensão de uma tarefa complexa, principalmente pela série de fatores inter-relacionados, como os psicogênicos, aspectos fisiológicos, ambientais e práticas de manejo nutricional. Alterações na densidade de energia na dieta, adequação de nutrientes, concentração de lipídios e qualidade de instalações (Silvestre et al., 2023) também requer atenção e impactam significativamente o consumo e potencial produtivo dos animais.

Os modelos de predição do CMS permitem otimizar a alimentação e melhorar a eficiência da produção, considerando informações do animal, sistema produtivo, meio ambiente e relacionadas a sua alimentação através de uma interação complexa que envolve fatores matemáticos computacionais e biológicos para fornecer estimativas precisas do consumo de matéria seca. Nesse sentido para estimar o CMS de caprinos e ovinos mantidos em sistema de confinamento sobre condições de clima tropical, desenvolver novas estimativas são necessárias para auxiliarem de forma consciente no planejamento nutricional adequado e variação do consumo, evitando desperdícios e garantindo aporte nutricional preciso de caprinos e ovinos em condições tropicais.

Entre os principais modelos de predição comumente utilizados para pequenos ruminantes no mundo e principalmente no Brasil, destacam-se: 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).

Essa diversidade de modelos ressalta não haver um modelo padrão específico capaz de prever o consumo e ser replicável para todas as situações, uma vez que cada modelo é desenvolvido mediante características diversas e particularidade específicas comumente encontradas nos sistemas de produção. Assim, Neal et al. (1984), evidenciaram que os modelos desenvolvidos para estimar o CMS deveriam ser testados em condições semelhantes àqueles aos quais serão aplicados, justificando a

necessidade de atualizar e desenvolver modelos direcionados a cada situação, para que se adequem as particularidades encontradas mundialmente e especialmente no contexto brasileiro.

Com relação aos caprinos, os modelos que estimam o CMS ainda possuem limitações, principalmente quando comparados aos bovinos. Segundo Almeida et al. (2019), os principais modelos utilizados foram desenvolvidos por Lu & Pochoiba. (1990), AFRC, (1993), Luo et al. (2004), INRA (2007), CSIRO (2007) e NRC (2007). De acordo com Tedeschi et al. (2010), exceto apenas para o modelo proposto por Luo et al. (2004), os demais modelos apresentam características empíricas, determinísticos e estáticos. Dentre os principais modelos aplicados aos caprinos, com destaque para o AFRC, 1993, INRA, 2007, CSIRO, 2007, NRC, 2007, além do CNCPS-S, 2004 se aplicam aos animais ovinos. De acordo com Gurgel et al. (2023), o sistema americano NRC (National Research Council), em sua última atualização propuseram modelos para predição do consumo por ovinos baseados em recomendações propostas pelo método CSIRO (1990).

A maioria dos modelos utilizados para predição do consumo de matéria seca no Brasil é de origem internacional. No entanto, dentre os principais modelos desenvolvidos especificamente para pequenos ruminantes no Brasil, destacando-se o modelo proposto para caprinos desenvolvido por Almeida et al., (2019), possuindo interceptos diferentes para o sexo:

$$\text{CMS (g/dia)} = \beta_0 \times \text{PC}^{0,6722} \text{ (kg)} \quad \text{Eq. 1}$$

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

Estabelecendo um modelo pioneiro brasileiro, especificamente para ovinos, proposto por Cabral et al. (2008):

$$\text{CMS (kg/dia)} = 0,311 + 0,0197 \times \text{PC} + 0,682 \times \text{GMD (g/dia)} \quad \text{Eq.2}$$

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

Esses autores desenvolveram um modelo baseado em informações de ovinos deslanados recebendo dieta com mínimo de 30% de concentrado. Outro modelo proposto por Vieira et al. (2011) utilizaram ovinos da raça Santa Inês mantidos em sistema de confinamento:

$$\text{CMS (g/dia)} = 238,74 + 31,3574 \times \text{PC} + 1,2623 \times \text{GMD (g/dia)} - 5,1837 \times \text{CON} \quad \text{Eq.3}$$

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

Utilizando também ovinos deslanados, Oliveira et al. (2020) propuseram um modelo para ovinos em terminação, alimentados com diferentes níveis de energia metabolizável, sendo:

$$\text{CMS (g/dia)} = 50,5773 + 1,4423 \times \text{GMD} + 28,4406 \times \text{PC} \quad \text{Eq.4}$$

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

A diversidade e abrangência dos modelos de predição adaptados as condições tropicais brasileiras mostram avanços significativos para a expansão e eficiência da cadeia produtiva comercial de caprinos e ovinos. Esses modelos têm auxiliado na melhoria dos índices produtivos e informações precisas sobre necessidades nutricionais dos animais a partir de informações em sistemas de produção tropical no país, contribuindo para tornar o setor produtivo eficiente, competitivo e sustentável. Essas conquistas demonstram um panorama promissor para a produção de pequenos ruminantes no Brasil.

2. Comportamento alimentar de caprinos e ovinos

Os ovinos (*Ovis aries*) e caprinos (*Capra hircus*) estão entre as espécies mais importantes da pecuária (Brunner et al., 2020). Em áreas de clima tropical, o consumo da vegetação local a partir de diferentes espécies de pequenos ruminantes continua sendo um complexo paradigma (González-Pech et al., 2015).

Caprinos, ovinos e bovinos apresentam diferentes padrões de consumo (HOFFMANN, 1989), desencadeando vias metabólicas e respostas produtivas também diferentes. Além disso, a robustez e rusticidade de caprinos e ovinos está relacionada as respostas homeostáticas e homeoréticas individuais e podem ser melhoradas através da modulação de fatores genéticos e nutricionais (Baumgard et al., 2017; Sauvante et al., 2019). Esse processo possui reflexo significativo em rebanhos futuros do país, otimizando sua produtividade e impulsionando avanços no desenvolvimento da cadeia produtiva.

A sustentabilidade em sistemas semi-intensivos e intensivos de caprinos e ovinos de alto rendimento, impõe novos desafios que se inter-relacionam entre a saúde e bem-estar animal, aspectos econômicos e impactos de cunho ambiental. Além disso, esses animais possuem níveis elevados de exigências nutricionais e consumo alimentar, o que torna essencial o fornecimento e manejo nutricional eficiente. Nesse sentido, a integração harmônica desses fatores com os aspectos sanitários e reprodutivos dos rebanhos, torna-se um ponto-chave para obtenção de sistemas produtivos eficientes (Simões et al., 2021).

Além das exigências nutricionais, diferenças significativas no comportamento alimentar também são observadas entre as espécies de caprinos e ovinos. McCoard et al. (2020) evidenciam que as diferenças significativas no consumo entre essas espécies, podem não apenas serem atribuídas ao critério genético, como também ao microbioma ruminal, responsável por desempenhar importante papel na seleção dos alimentos e reflexo na dieta de forma geral. Aksit et al. (2015) demonstraram que essas características podem ser atribuídas as diferenças fisiológicas dos animais, onde os caprinos quando expostos a ingestão de plantas daninhas, possuem maior capacidade de desintoxicação ruminal e eliminação de toxinas quando comparados aos ovinos.

2.1. Fatores Fisiológicos

2.1.2. Fatores neuro-hormonais

A coordenação do comportamento alimentar nos animais é regulada por sinapses neuro-hormonais do cérebro que se distribuem por toda estrutura corporal. Algumas moléculas sinalizadoras atuam em várias regiões periféricas ou diretamente no sistema nervoso central (SNC) para desencadear por meio de ação-resposta, circuitos neurais específicos e modulações metabólicas, endócrinas e energéticas (Richards et al., 2007).

Nesse sentido, várias hipóteses foram propostas para explicar os mecanismos envolvidos na regulação do consumo, como a exemplo do modelo energostático proposto por Conrad et al. (1964), detecção de nutrientes hipotalâmicos através do núcleo arqueado do hipotálamo por Zeng & Berthoud (2008), sensoramento através de células L intestinais (Clemmensen et al., 2017; Borgman et al., 2021), oxidação hepática via ação do nervo vago (Allan 2020), entre outros.

A regulação do consumo de alimentos não se limita apenas ao simples ato de consumo, mas também está intrinsecamente relacionada a homeostase energética do organismo. O controle exercido pelo equilíbrio energético envolve fatores orexigêncios e anorexigêncios no sistema nervoso central (SNC), como reportado por (Miner, 1992). A atuação do SNC ocorre como uma via dupla, estabelecendo várias conexões neuro-hormonais com órgão como o pâncreas, que desempenha funções tanto endócrinas quanto exócrinas (Guo et al. 2021). Nessa complexa rede de sinalização, o controle do apetite e homeostase energética, possui papel relevante, influenciando até mesmo o armazenamento de gordura (Zhang et al., 2014), manutenção e coordenação da homeostase (Lee et al., 2020).

A sinergia entre os diferentes moduladores torna-se fundamental para proporcionar o equilíbrio necessário ao organismo, permitindo desempenhar suas funções de forma benéfica e cíclica. Essa sinergia possibilita ao animal uma janela de alimentação eficiente para sua sobrevivência e produtividade. Nesse contexto, para desvendar o ambiente ruminal, pesquisadores tem direcionado seus esforços para a aplicação da modelagem matemática. Essa abordagem surge como uma ferramenta valiosa na compreensão das reais exigências nutricionais e energéticas a partir de informações compiladas de animais em diferentes categorias. Além disso, o uso da bio-robótica também se destaca como ferramenta de estudo, contribuindo para a compreensão do metabolismo animal e suas interações.

2.1.3. Fatores psicogênicos

A princípio, a regulação do consumo fundamenta-se em percepções do animal em relação ao seu ambiente. Isso permite ao animal adquirir experiências positivas e negativas, as quais podem influenciar diversos aspectos, incluindo suas interações sociais, padrões alimentares e percepções cognitiva. A interação desses aspectos associados a dinâmica com o meio ambiente, molda não apenas o comportamento do animal como também o auxilia para desenvolver seu potencial adaptativo.

Diferentes estímulos desencadeiam respostas variadas nos animais ruminantes em relação ao seu meio social, emocional e alimentar. A adição de substâncias visando aprimorar a palatabilidade, resultando em uma maior e melhor aceitação do alimento pelos animais, é uma estratégia bastante utilizada, com potencial de elevar os índices de consumo e resposta animal.

Um estudo desenvolvido por Hartinger et al. (2021), observaram que a adição de sacarose durante o processo de ensilagem proporcionou melhor aceitação pelos animais, provavelmente ao modificar a composição química do alimento, isso influenciou as preferências do animal com base em características sensoriais como aparência, odor, sabor e feedback obtido após a ingestão (Gerlach et al., 2014^a; 2017), o que influencia no aumento ou decréscimo do consumo (Scherer et al. 2019). Isso significa que os aspectos sensoriais do alimento têm a capacidade de desencadear estímulos a liberação de enzimas digestivas antes mesmo que ocorra sua ingestão. Além disso, é importante destacar que rações com diferentes ingredientes e composições também podem influenciar significativamente a quantidade de enzimas pancreáticas secretadas (Guo et al., 2021).

2.1.4. *Grupo genético*

A seleção de animais eficientes do ponto de vista produtivo, desempenha papel relevante no melhoramento genético. Isso permite selecionar uma ou várias combinações de características de interesse que podem promover a expansão e melhoria dos rebanhos de caprinos e ovinos no país.

Dada à ampla variedade de raças, exigências nutricionais e desempenhos diversos, Torres et al. (2021) destacam a necessidade em buscar fatores que promovam melhorias na integração entre diferentes grupos genéticos. A incorporação de protocolos de cruzamentos associados aos programas de melhoramento genético, representa uma abordagem promissora para o futuro próximo. Essas estratégias visam a melhoria de características específicas, a exemplo da tolerância ao calor em pequenos ruminantes, considerando as raças locais adaptadas (Osei-Amponsah et al., 2019), um fator importante no que diz respeito ao CMS e manejo sustentável de caprinos e ovinos.

A influência do grupo genético sobre o CMS, foi destacado por Fox et al. (1988). Entretanto, pode-se observar que o aumento no CMS é um processo lento e gradual (Gallo e Tedeschi, 2021), sendo muitas vezes insuficiente para suprir às necessidades nutricionais. Nesse contexto, Boscollo et al. (2022), conduziram um estudo avaliando o desenvolvimento de índices de seleção em sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo para cordeiros em condições tropicais e observaram que entre outras variáveis, a conversão alimentar, é a característica de maior relevância econômica para o sistema produtivo, uma vez que está associada a eficiência biológica dos animais em converter o alimento ingerido em 1 kg de ganho de peso corporal, estando também relacionada ao custo da dieta e consequentemente rentabilidade do sistema.

2.1.5. *Categoria animal e Classe sexual*

Os programas de formulação de ração baseiam seus cálculos levando em consideração várias características. Embora os principais modelos de predição (AFRC, 1993, 1998; INRA, 2007; CSIRO, 2007; NRC, 2007; SRNS) não tenham considerado a classe sexual como fator importante no consumo, Almeida et al. (2019) ao realizarem uma parametrização para estimar o consumo em caprinos, esses autores observaram a influência da classe sexual sobre o consumo de matéria seca, ganho médio diário (GMD), idade, digestibilidade da matéria seca (MSd), energia metabolizável (EM), e de outras variáveis na maioria das equações avaliadas. Esses autores observaram que os caprinos inteiros (1,113 kg/dia) consomem 7,1% a mais que os machos castrados (1,106 kg/dia) e estes, consomem 6,4% a mais que as fêmeas (1,039 kg/dia). Essas diferenças podem ser atribuídas á influência da variável sexual nas respostas metabólicas durante o crescimento e desenvolvimento dos animais, afetando suas funções produtivas e reprodutivas (Owens et al. 1995; Herbster et al., 2024). Maharani et al. (2019) observaram diferenças relacionadas a classe sexual para o CMS, evidenciando que os animais machos apresentaram um consumo 6,5% maior (78,41 g/kg PC^{0,75}) em comparação as fêmeas (73,63 g/kg PC^{0,75}). Em relação aos caprinos não castrados,

A deposição de tecido adiposo nas fêmeas ocorre de forma menos precoce em comparação com animais machos de interesse comercial, conforme observado por Lawrence & Fowler (2002). Avaliando a influência do sexo nas necessidades energéticas, Herbster et al. (2024) observaram que a necessidade de energia para ganho em ovinos foi influenciada pela classe sexual. Esses autores concluíram também, que os machos castrados em comparação aos não castrados, necessitam de 10% mais energia para ganho. O que pode ser explicado pela modulação na utilização dos nutrientes em relação ao sexo, prioridades e requerimentos metabólicos dos tecidos (Paulino et al., 2009), uma vez que a atividade dos hormônios sexuais está relacionada ao crescimento e seu impacto na composição corporal (Álvarez-Rodríguez et al., 2017).

Um aspecto importante a ser considerado é a categoria animal, principalmente em relação as fêmeas durante a gestação. Isso porque, o manejo alimentar para atender às necessidades nutricionais e evitar o consumo excessivo de energia pode melhorar os resultados no período de transição (Drackley and Cardoso 2014). Uma vez que o CMS e a capacidade delas em consumir forragens como fonte de fibra de degradação lenta, interferem no aumento da capacidade de enchimento ruminal. Esse aumento ocorre porque a capacidade de expansão do rúmen é limitada pelo espaço ocupado pelo útero e provavelmente por sutis alterações hormonais que ocorrem principalmente no terço final da gestação e preparação para o parto (Nielsen et al., 2015; Cannas et al., 2016) influenciando também no atendimento as necessidades energéticas cada vez maiores.

Em relação ao pós-parto, cabras e ovelhas lactantes possuem suas exigências energéticas também aumentadas devido às alterações hormonais e metabólicas relacionadas a fase lactacional e involução uterina (Lunesu et al., 2021). Esses eventos refletem em alterações no CMS, e no atendimento insuficiente as exigências nutricionais, uma vez que o processo de consumo ocorre de

forma lenta e gradual (Gallo e Tedeschi, 2021), podendo facilmente evoluir para um quadro de balanço energético negativo e perda de massa corpórea (Oliveira et al., 2022). Para ovelhas em pós-parto até o pico de lactação, Gallo e Tedeschi (2021) desenvolveram a partir do modelo proposto por Pulina et al. (1996) fatores de correção para melhor prever o consumo nessas condições. Reforçando a importância e influência que esses eventos possuem na predição de consumo de matéria seca.

3. *Fatores ambientais*

Características como a vasta extensão territorial, a variabilidade climática e diversidade de raças caprinas e ovinas adaptadas as condições tropicais, conferem ao Brasil uma posição privilegiada, proporcionando potencial destaque da cadeia produtiva e aumento da eficiência dos sistemas produtivos em comparação a outros países. Considerando o atual cenário climático e das projeções preocupantes relacionadas ao aquecimento global, têm-se intensificado esforços em pesquisas para compreender o impacto que essas mudanças possuem sobre a fisiologia e desempenho produtivo desses animais.

Embora o Brasil possua condições favoráveis para a expansão de sua cadeia produtiva de caprinos e ovinos, é importante considerar os efeitos potenciais das mudanças climáticas nesses rebanhos. Isso porque, apesar da capacidade adaptativa e dos mecanismos termo-regulatórios desses animais (Leite et al., 2018; Ferreira et al., 2020), as condições ambientais restritivas podem impactar negativamente os principais indicadores de desempenho e eficiência produtiva (Scholtz et al., 2013; Polosky & Keyserling., 2017; Brown-Brandl, 2018, Gurgel et al., 2021).

A tolerância ao calor em caprinos e ovinos são atribuídas em parte também, às diferenças qualitativas e quantitativas da pele, pelagem, incluindo a área das glândulas sudoríparas e frequência cardíaca (Castanheira et al., 2010). No estudo desenvolvido por Mcmanus et al. (2020b), esses autores concluíram que tais diferenças estão relacionadas as respostas adaptativas ambientais, ressaltando a importância de animais potencialmente produtivos do ponto de vista genético e cada vez mais adaptado as variações climáticas.

Considerando a complexidade em estimar o consumo alimentar a partir de interações entre animal, CMS e meio ambiente, e considerando as variações genóticas que podem resultar em diferenças no consumo, diversos autores ressaltam a importância de incorporar uma abordagem multifatorial no processo de desenvolvimento de equações de predição e sua aplicabilidade aos sistemas existentes (Vieira et al., 2013; Almeida et al., 2019; Knupp et al., 2019; Oliveira et al., 2020; Gallo e Tedeschi. 2021; Pozo et al. 2023).

De acordo com Walker & Kromberg (2022), são poucos os estudos que investigam como o genoma pode limitar o efeito do ambiente sobre as preferências alimentares de diferentes espécies

animais. Dois principais fatores climáticos (temperatura e umidade relativa do ar) podem estar relacionados com o estresse térmico.

O estresse térmico desencadeado por esses fatores pode provocar alterações morfofisiológicas, hematológicas, hormonais, metabólicas e genéticas (Vasconcelos et al., 2020^a; Façanha et al., 2020; Vasconcelos et al., 2020^b; Ferreira et al., 2021) e consequente respaldo no CMS. De acordo com Fox et al. (1988), o consumo é reduzido em 10% e 35% quando a amplitude da temperatura oscila entre 25° a 30°C e acima de 35° respectivamente.

Em um estudo com ovinos da raça Santa Inês, Neiva et al. (2004) observaram que quando mantidos à sombra, o CMS (1.062 g/dia) foi 11% maior em relação aos animais mantidos ao sol (944 g/dia). Para caprinos e ovinos em exposição ao calor, Machado et al. (2020) concluíram que os caprinos são animais menos suscetíveis ao estresse térmico quando comparado aos ovinos, sugerindo que, nessas espécies, os mecanismos termo-regulatórios requerem menor intensidade e podem estar associados à melhor eficiência dos caprinos em utilizar água e na degradação de fibras. Além disso, devido ao menor consumo de matéria seca (CMS) necessário para atender suas necessidades nutricionais, os caprinos possivelmente utilizam menos as de rotas evaporativas para dissipação de calor e menor incremento calórico gerado pelo CMS, comparativamente aos ovinos.

Ao comparar o CMS em ovinos sob estresse calórico e conforto térmico, Andrade. (2011), observou redução de 15,3% no consumo (1.177 g/dia) em comparação aos animais em zona de conforto (1.390 g/dia). Os caprinos mesmo quando fora de sua zona de conforto térmico, também sofrem mudanças em sua energia e metabolismo basal (Gupta & Mondal., 2019).

Esses estudos revelam que o estresse térmico pode acarretar reduções significativas no consumo de matéria seca e reflexo negativo no desempenho produtivo desses animais. Resultados que corroboram com McManus et al. (2020^c) onde propõem que as alterações na fisiologia bioquímica, parâmetros sanguíneos e hormonais, podem acontecer em situação de estresse térmico para que o organismo do animal consiga se manter em homeotermia. Além disso, como animais homeotérmicos, caprinos e ovinos realizam ajustes frequentes em sua própria fisiologia, justamente para manter-se em equilíbrio térmico em relação ao calor metabólico ou do ambiente (Maia et al., 2016; Fonsêca et al., 2017; Marques et al., 2021).

A mitigação dos efeitos adversos do estresse térmico em caprinos, exige a adoção de práticas estratégicas que incluam adaptações no manejo nutricional e ambiental, além da seleção criteriosa de animais adaptados (Lima et al., 2022). Nesse contexto, torna-se fundamental não apenas incluir tais características aos modelos, como também promover a ampliação e atualizações constantes do banco de dados base. Dessa forma a potencializar a aplicabilidade dos modelos, fortalecendo as estratégias de redução do estresse térmico, adequando o CMS em pequenos ruminantes aos diversos cenários e seu reflexo na eficiência dos sistemas de produção.

4. Fatores relacionados a forragem e teor de fibra na dieta (FDN)

Caprinos e os ovinos são animais seletivos no que diz respeito a sua alimentação, sendo a característica de seletividade mais acentuada nos caprinos. O apetite, a saúde do trato digestório e bem-estar são indicadores relevantes e fornecem insights importantes sobre o conforto digestivo e comportamento alimentar dos animais (Giger-Reverdin et al., 2020).

A ingestão de forragem é um fator de grande relevância no desempenho de ruminantes (Mertens & Grant., 2020), sendo que alterações ou pequenas oscilações nessa variável podem impactar de forma significativa a eficiência produtiva dos ruminantes, independente do sistema de produção (Fernandes et al., 2022). A forte correlação entre a fibra em detergente neutro (FDN) e a fase de regulação física do consumo se dá principalmente em virtude do alto volume ocupado pela fração da parede celular presente nas forragens (Mertens, 1994), sendo acentuada pelas características de baixa densidade, lenta degradação quando comparada ao conteúdo celular (Van Soest, 1994; NRC, 2001).

A complexa estrutura de polissacarídeos presente nas células vegetais das forragens, fornecem a principal fonte de energia para a maioria dos animais ruminantes. Energia essa, extraída de maneira simbiótica na forma de ácidos graxos de cadeia curta e proteína microbiana (Santini et al., 1992; Tedeschi et al., 2023). Além disso, o FDN presente nas forragens também auxilia a atividade mastigatória e ruminação, produção de saliva e efeito tamponante no rúmen, cruciais para quebra de partículas alimentares, crescimento, ativação e aderência dos microrganismos ao bolo alimentar.

Vários são os fatores que influenciam no efeito de enchimento do rúmen, entre eles: tipo da gramínea utilizada, digestibilidade da FDN presente na forragem, qualidade dos componentes presentes na fração da parede celular de gramíneas (Mertens, 1994).

Em condições tropicais, as gramíneas geralmente apresentam concentrações de FDN superior a 65% (%MS) e níveis de proteínas abaixo de 10% (%MS), o que acaba limitando o máximo aproveitamento dos nutrientes no ambiente ruminal (Lopes et al., 2023), redução no consumo de matéria seca e reflexo negativo no desempenho animal. Segundo Mertens (1994), 60 a 90% das diferenças no desempenho animal estão diretamente relacionadas ao consumo.

De acordo com Cannas (2004), pequenos ruminantes de alta eficiência utilizam dietas ricas em nutrientes de degradação lenta. A exemplo das forragens, onde as fibras ao serem consumidas por caprinos e ovinos, passam por uma digestão mais lenta quando comparados aos bovinos, a qualidade da fibra presente na parede celular não apenas influencia o tipo e o aproveitamento da forragem como também interfere na capacidade de enchimento ruminal. Além disso, caprinos e ovinos podem ruminar finas partículas que escapariam facilmente da ruminação pelos bovinos (Cannas, 2004; Araújo et al., 2008).

Em relação aos modelos de predição do consumo de matéria seca, Bateki & Dickhoefer. (2019) ressaltam que os modelos mecanicistas possuem um alcance amplo no que diz respeito a sua aplicabilidade em sistemas de produção de ruminantes. No que diz respeito aos pequenos ruminantes, os sistemas convencionais de alimentação (AFRC, NRC, INRA) não costumam incluir em seus modelos os parâmetros sobre a FDN, o que ressalta a necessidade de mais estudos sobre os parâmetros adequados de fibra em detergente neutro para caprinos e ovinos, uma lacuna também reportado por Simões et al. (2021), onde, além da FDN, também são escassas informações sobre os carboidratos não fibrosos (açúcares, amido e pectina), principalmente em regiões de clima tropical, onde existem elevadas variações na degradação dessas frações (Souza et al., 2010; Vieira et al., 2011).

Nesse sentido, considerando os limites mínimos e máximos para ingestão de FDN em ovinos, Macedo Junior et al. (2009) recomendaram ingestão mínima de FDN oriundo a forragem em 200g por kg de matéria seca na dieta total. É importante ressaltar que a FDN oriunda da forragem, é uma fração degradada e passa pelo rúmen de forma mais lenta em comparação a outros componentes da dieta. A taxa de *turnover* é influenciada pela digestibilidade da fração de fibrosa degradada e a fragilidade, determinando também o tamanho de partícula e a passagem ruminal (Allen et al., 2019). Pereira et al. (2022), com o objetivo de maximizarem o desempenho de ovinos, recomendaram teores de FDN/kg de matéria seca na dieta total em 270 a 300 g. de FDN/kg de matéria seca na dieta total.

No modelo proposto por Oliveira et al. (2020), para estimar o consumo de FDN por ovinos deslançados em região tropical no Brasil, esses autores recomendaram que nessas condições climáticas é importante considerar o valor de 15 g/kg PC como limite do consumo de FDN. Com isso, a equação proposta por Oliveira et al. (2020) para ovinos, foi baseada no consumo em g/Kg dia, sendo:

$$CFDN = -52,2187 + 1,3773 \times FDN - 0,0007 \times FDN^2$$

Eq.1

Já para os caprinos, Almeida et al. (2019), propuseram um modelo que leva em consideração o fator FDN e peso corporal, onde o consumo é expresso da seguinte forma:

$$FDN = 3,155 \times PC$$

Eq.2

Ao se considerar, como simulação, uma dieta para caprinos com ingestão média de 300g de FDN/kg matéria seca, o modelo estima um consumo máximo de aproximadamente 9,33% do peso corporal. Quando os valores de FDN estão abaixo das 200g/kg de matéria seca na dieta total, recomendadas por Macedo Junior et al. (2009), ou até mesmo quando extrapolam os 300 g de FDN/kg

de matéria seca, é necessário um acompanhamento mais detalhado dos animais. Isso porque, os níveis elevados de fibra podem impactar negativamente o bem-estar ruminal, eficiência do processo digestivo e possíveis complicações decorrentes do consumo reduzido, desequilíbrio metabólico e pH ruminal nos animais. Esse cenário ocorre, porque os microrganismos que degradam os carboidratos não fibrosos possuem taxa de crescimento mais rápido (Trabi et al., 2019), e em ambientes com excesso de fibra, há prejuízo na disponibilidade dos substratos e dinâmica de fermentação ruminal.

Oliveira et al. (2011) consideram que a disponibilidade da fibra para o consumo é um ponto relevante e deve ser levada em consideração, uma vez que a origem do FDN pode diferir em relação aos parâmetros exigidos pelo animal. Nesse sentido, é de suma importância levar em consideração os principais fatores que interferem o consumo do FDN em pequenos ruminantes, gerando modelo mais robustos e aplicáveis. As diversas condições específicas de manejo alimentar (sistemas extensivos, semi-intensivo ou intensivo) aos quais estão inseridos os pequenos ruminantes, necessitam incorporar variáveis para melhor refinamento no que diz respeito aos fatores de maior influência sobre o consumo e resposta animal, como por exemplo, a oferta de alimento, taxa de lotação, frequência de alimentação, para conseguir obter uma modelo confiável e aplicável (Mertens, 1992).

1099

1100 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1101 AFRC. Agricultural and Food Research Council. Necessidades de Energia e Proteína de Ruminantes:
1102 Um Manual Consultivo Preparado pelo Comitê Técnico de Respostas a Nutrientes do AFRC. CAB
1103 International, Wallingford, Reino Unido, 1993.
- 1104 AFRC. Agricultural and food research council, 1998.
- 1105 Allen, M. S. Review: Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: Integration of
1106 homeostasis and homeorhesis. *Animal* 14(S1): s55–s64, 2020. [https://doi.org/10.1017/](https://doi.org/10.1017/S1751731119003215)
1107 [S1751731119003215](https://doi.org/10.1017/S1751731119003215).
- 1108 Allen, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of*
1109 *Dairy Science*, v.83, p.1598-1624, 2000.
- 1110 Allen, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal*
1111 *Science*, v.74, p.3063-3075, 1996.
- 1112 Andrade, Pedro Augusto Dias. Efeito do estresse calórico e do milho expandido em parâmetros
1113 digestivos e fisiológicos em ovinos. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de
1114 Minas Gerais, 155 p, 2011.
- 1115 Aksit, D.; Yalinkilinc, H.S.; Sekkin, S.; Boyaciog˘Lu, M.; Cirak, V.Y.; Ayaz, E.; Gokbulut, C.
1116 Comparative pharmacokinetics and bioavailability of albendazole sulfoxide in sheep and goats, and
1117 dose-dependent plasma disposition in goats. *BMC Veterinary Research* 11, 124, 2015.
1118 <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0442-5>.
- 1119 Almeida, A. K; Tedeschi, L. O; Resende, K. T; Biagioli, B.; Cannas, A.; Teixeira, I. A. M. A.;
1120 Prediction of voluntary dry matter intake in stall fed growing goats, *Livestock Science*, Volume 219,
1121 2019, Pages 1-9, ISSN 1871-1413: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.11.002>.
- 1122 Almeida, A. K.; Resende, K. T.; ST-Pierre.; N., Silva.; S. P.; Soares, D. C.; Fernandes, M. H. M. R.;
1123 Souza, A. P.; Silva, N. C. D.; Lima, A. R. C.; Teixeira, I. A. M. A. Energy requirements for growth in
1124 male and female Saanen goats. *Journal of Animal Science*, 93:3932-3940, 2015.
- 1125 Araujo, R. C.; Pires, A. V.; Susin, I.; Mendes, C. Q.; Rodrigues, G. H.; Packer, I. U.; Eastridge, M. L.
1126 Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing
1127 soybean hulls replacing coastcross (*Cynodon* species) hay. *Journal of Animal Science*, 86,12:3511-
1128 3521, 2008.
- 1129 Azevêdo, J. A. G; Filho, S. C. V; Menezes, G. L; Silva, L. F. C; Souza, L. L; Rotta, P. P.; Rennó, L. N.
1130 R; Paulino, M. F; Prado, I. N; Silva, R. R; Carvalho, G. P. C; Valente, E. E. L; Pereira, M. I. B; Reis,
1131 R. A. Regulação e predição de consumo de matéria seca. *In*: Filho, S. C. V; Saraiva, D. T; Benedeti, P.
1132 B; Silva, F. A; Chizzotti, M. L. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados. 4º edição.
1133 Viçosa: Editora UFV, 2023.
- 1134 Baumgard, L.H.; Collier, R.J.; Bauman, D. E. A 100-Year Review: Regulation of nutrient partitioning
1135 to support lactation. *Journal of Dairy Science* 100, 10353– 10366, 2017.
- 1136 Bateki, C. A., Dickhoefer, U. Predicting dry matter intake using conceptual models for cattle kept
1137 under tropical and subtropical conditions. *J. Animal. Science.* 97, 3727–3740, 2019.
1138 <https://doi.org/10.1093/jas/skz226>.

1139 Borgmann, D.; Ciglieri, E.; Biglari, N.; Brandt, C.; Cremer, A. L.; Backes, H.; Tittgemeyer, M.;
 1140 Wunderlich, F. T.; Brüning, J. C.; Fenselau, H. Gut-brain communication by distinct sensory neurons
 1141 differently controls feeding and glucose metabolism. *Cell metabolism*, 33, 7:1466-1482, 2021.

1142 Brown-Brandl, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 47,
 1143 e20160414, 2018.

1144 Bóscollo, P. P.; Dauria, B. D.; Portes, J. V.; Petrini, J.; Lopes, J. E. S.; Ladeira, G. C.; Júnior, L. F. S.;
 1145 Mourão, G. B. Bioeconomic selection indexes for terminal lamb systems in tropical conditions. *Small*
 1146 *Ruminant Research*, 211:106701, 2022.

1147 Brunner, N.; Kühleitner, M. The growth of domestic goats and sheep: A meta study with Bertalanffy-
 1148 Pütter models. *Veterinary and Animal Science*, v. 10:100135, 2020.

1149 Cannas, A., Thonney, M., Lunesu, M.F. Feeding dairy sheep: nutritional challenges and opportunities.
 1150 In: *Proceedings of the 22nd Annual Dairy Sheep Association of North America Symposium*, Ithaca,
 1151 NY, 69–80, 2 – 4 December 2016.

1152 Cabral, L. S.; Neves, E. M. O.; Zervoudakis, J. T.; Abreu, J. G.; Rodrigues, R. C.; Souza, A. L.;
 1153 Oliveira, Í. S. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. *Revista*
 1154 *Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 9, 2008.

1155 Cannas, A. Sistemas de exigência de nutrientes para ovinos e bovinos, turnover ruminal e adaptação
 1156 do Cornell Net Carbohydrate and Protein System for sheep Ph.D. Diss., Cornell University., Ithaca,
 1157 NY, 2000.

1158 Cannas, A. Feeding of lactating ewe. editor. In: Pulina, G (Ed.), *Dairy Sheep Nutrition*, C. AB
 1159 International, Wallingford, Oxon, UK, 31–49, 2004.

1160 Cartaxo, F. Q.; Leite, M. L. M. V.; Sousa, W. H.; Viana, J. A.; Rocha, L. P. Desempenho bioeconômico
 1161 de cabritos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento, 2013. *Revista Brasileira de*
 1162 *Saúde e Produção Animal*.

1163 Castanheira, M.; PAIVA, S.R.; Louvandini, H.; Landim, A.; Fiorvanti, M. C. S.; Dallago, B. S. et al.
 1164 Use of heat tolerance traits in discriminating between groups of sheep in central Brazil. *Tropical*
 1165 *Animal Health and Production*, v. 42, p. 1821-1828, 2010.

1166 Clemmensen, C.; Müller, T. D.; Woods, S. C.; Berthoud, H.-R.; Seeley, R. J.; Tschöp, M. H. Gut-brain
 1167 cross-talk in metabolic control. *Cell* 168:758–774, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.01.025>.

1168 Conrad, H. R.; Pratt, A. D.; Hibbs, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in
 1169 importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal Dairy Science*.
 1170 47:54–62, 1964. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(64\)88581-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(64)88581-7).

1171 Conrad, H. R.; Hibbs, J. W.; Pratt, A. D. Regulation of Feed Intake in Dairy Cows. II. Association
 1172 between Digestible Dry Matter Intake and Cellulose Digestibility in Cows Fed Increasing Levels of
 1173 Grain Concentrate1. *Journal of Dairy Science*. 1966. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(66\)88012-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(66)88012-8).

1174

1175 CSIRO - Organização de Pesquisa Científica e Industrial da Commonwealth, 2007. Nutriente.

1176 CSIRO - Organização de Pesquisa Científica e Industrial da Commonwealth. Exigências nutricionais
 1177 de ruminantes domesticados. CSIRO Publishing, Collingwood, Austrália, 2007.

1178

1179 Del Valle, T. A.; Morais, J. P. G.; Campana, M.; Azevedo, E. B.; Louvandini, H.; Abdalla, A. L. Purine
 1180 derivatives and creatinine urine excretion as a tool to estimate sheep feed intake. *Animal Feed Science*
 1181 *and Technology*, 301: 115666, 2023.

1182

1183 De Vasconcelos, A. M., de Albuquerque, C. C., de Carvalho, J. F., Façanha, D. A. E., Lima, F. R. G.,
 1184 Silveira, R. M. F., & Ferreira, J. Adaptive profile of dairy cows in a tropical region. *International*
 1185 *Journal of Biometeorology*, 64, n. 1:105-113, 2020a.

1186
 1187 Drackley, J. K., & Cardoso, F. C. Prepartum and postpartum nutritional management to optimize
 1188 fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems. *Animal*, 8, 1:5-14, 2014.

1189
 1190 Façanha, D. A. E.; Ferreira, J.; Silveira, R. M. F.; Nunes, T. L., Oliveira, M. G. C.; Sousa, J. E. R.;
 1191 Paula, V. V. Are locally adapted goats able to recover homeothermy, acid-base and electrolyte
 1192 equilibrium in a semi-arid region. *Journal of Thermal Biology*, 90: 102593, 2020.

1193 Ferreira, J.; Silveira, R. M. F.; Sousa, J.E.R. ET AL. Locally adapted goats efficiently gain and lose
 1194 heat in an equatorial semi-arid environment. *International Journal Biometeorology*, 64: 1777–1782,
 1195 2020. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01959-0>.

1196 Ferreira, J.; Silveira, R. M. F.; Sousa, J. E. R.; Vasconcelos, A. M.; Guilhermino, M. M; Façanha, D.
 1197 A. E. Evaluation of homeothermy, acid-base and electrolytic balance of black goats and ewes in an
 1198 equatorial semi-arid environment. *Journal of Thermal Biology*. 2021.
 1199 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103027>.

1200 Fernandes, G.A.; Oliveira, A.S.; Araújo, C.V.; Couto, V. R. M.; Moraes, K. A. K.; Moraes, E. H. B. K.
 1201 Prediction of pasture intake by beef cattle in tropical conditions. *Tropical Animal Health Production*.
 1202 54: 1–9, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03018-1>.

1203 Fonsêca, V. F. C.; Saraiva, E. P.; Maia, A. S. C.; Nascimento, C. C. N.; Silva, J. A.; Pereira, W. E.;
 1204 Filho, E. C.; Almeida, M. E. V. Models to predict both sensible and latent heat transfer in the respiratory
 1205 tract of Morada Nova sheep under semiarid tropical environment. *Int. J. Biometeorology*. 61: 777–784,
 1206 2017.

1207 Forbes, J. M. The multifactorial nature of food intake control. *Journal Animal Science* 81, E139–E144,
 1208 2003.

1209 Furtado, D. A.; Júnior, S. B. C.; Neto, J. P.L. ; Souza, B. B.; Dantas, N. L. B. Adaptability of sheep to
 1210 three salinity levels in different environments. *Semina: Ciências Agrárias*, 4:1, 285-294, 2020.
 1211 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p285>.

1212
 1213 Forbes, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food:
 1214 minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20:132-146, 2007.

1215
 1216 Gallo, S. B.; Tedeschi, L. O. Developing a continuous adjustment factor for dry matter intake of
 1217 gestating and lactating ewes. *Scientia Agricola*, 78:2, 2021.

1218
 1219 Gerlach, K.; Reimink, A.; Messerschmidt, U.; Südekum, K. H. Katrin et al. Ensiled sugar beets as
 1220 dietary component and their effect on preference and dry matter intake by goats. *Archives of Animal*
 1221 *Nutrition*, 71,4: 297-310, 2017.

1222
 1223 Gerlach, K.; Liao, Y.; Südekum, K. Aerobic exposure of lucerne silages and its impact on preference
 1224 and dry matter intake by goats. *Small Ruminant Research*, 121(2-3), 308-313, 2014a.
 1225 doi:10.1016/j.smallrumres.2014.07.022.

1226
 1227 Giger-Reverdin, S; Domange, C; Broudiscou, L. P; Sauvant, D; Berthelot, V. Rumen function in goats,
 1228 an example of adaptive capacity. *Journal of Dairy Research* 87, 45–51, 2020. [https://doi.org/10.1017/](https://doi.org/10.1017/S0022029920000060)
 1229 [S0022029920000060](https://doi.org/10.1017/S0022029920000060)

1230

1231 Gurgel, A. L. C.; Difante, G. S.; NETO, J. V. E.; Santana, J. C. S.; Fernandez, P. B.; Dos Santos, G. T.;
1232 Dias, A. M.; Ítavo, L. C. V.; Ítavo, C. C. B. F.; Medeiros, H. R. Prediction of dry matter intake by meat
1233 sheep on tropical pastures. *Tropical Animal Health Production* 53: 479, 2021.
1234 <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02916-8>.
1235

1236 González-Pech, P. G; Torres-Acosta, J. F. J; Sandoval-Castro, C. A; Tun-Garrido, J; Feeding behavior
1237 of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed
1238 differently. *Small Ruminant Research*, 133:128-134, 2015.
1239 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.020>.

1240 Guimarães, V. P.; De Lucena, C. C.; Facó, O.; Bomfim, M. A. D.; Laranjeira, F. F.; Dubeuf, J. P. The
1241 future of small ruminants in Brazil: Lessons from the recent period and scenarios for the next
1242 decade. *Small Ruminant Research*, 209: 106651, 2022.

1243 Guo, Long.; Yao, Junhu.; Cao, Yangchun. Regulation of pancreatic exocrine in ruminants and the
1244 related mechanism: The signal transduction and more. *Animal Nutrition*.7:1145-1151, 2021.
1245 <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.09.004>.

1246 Gupta, M.; Mondal, T. Heat stress and thermoregulatory responses of goats. *Biological Rhythm*
1247 *Research*, 1-27. 2019.

1248 Hartinger, T.; Gresner, N.; Südekum, K.-H. Effect of Wilting Intensity, Dry Matter Content and Sugar
1249 Addition on Nitrogen Fractions in Lucerne Silages. *Agriculture*. 2019.
1250 <https://doi.org/10.3390/agriculture9010011>.

1251 Hartinger, T.; Gerlach, K.; Schmit, K.; Gresner, N.; Südekum, K. H. Effects of pre-ensiling treatments
1252 on feed choice and short-term dry matter intake of lucerne silages by goats. *Livestock Science*, 2021.
1253 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104589>.

1254 Herbster, C. J. L.; Silva, L. P.; Marcondes, M. I.; Garcia, I. F. F.; Oliveira, R. L.; Cabral, L. S.; Souza,
1255 J. G.; Pereira, E. S. Weight adjustment equation for hair sheep raised in warm conditions. *Animal*, 14,
1256 8:1718-1723, 2020. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000294>.

1257 Herbster, C. J. L.; Oliveira, A. P.; Brito Neto, A. S.; Justino, E. S.; Teixeira, I. A. M. A.; Azevedo, J. A.
1258 G.; Santos, S. A.; Silva, L. P.; Marcondes, M. I.; Oliveira, R. L.; Bezerra, R. L.; Pereira, E. S.
1259 Understanding the effect of sex on energy requirements of hair sheep. *Animal*, 101071, 2024.

1260 Hoffmann, K. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a
1261 comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78,4:443-457, 1989.

1262 INRA - Institut National de la Recherche Agronomique 2007. Alimentation des Bovins, Ovins et
1263 Caprins: Besoins des Animaux - Valeurs des Aliments - Tables INRA. Ed. Quae, Versailles, France,
1264 2007.

1265 Knupp, L. S.; Carvalho, F. F. R.; Cannas, A.; Marcondes, M. I.; Silva, A. L.; Francesconi, A. H. D.;
1266 Beltrão, D. C. G.R.; Atzori, A. S.; Gaspa, G.; Costa, R. G. Meta-analysis of spineless cactus feeding
1267 to meat lambs: performance and development of mathematical models to predict dry matter intake and
1268 average daily gain. *Animal*. 2019 Oct;13(10):2260-2267. doi: 10.1017/S1751731119000326.

1269 Krizsam, S.J.; Randby, A.T. The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage
1270 by growing cattle fed silage as sole feed. *Journal of Animal Science*, 85:984-996, 2007.

1271 Lopes, A. S. M.; Oliveira, J. S.; Cruz, G. F. L.; Vieira, D. S.; Santos, F. N. S.; Lemos, M. L. P.; Pinheiro,
1272 J. K.; Sousa, L. S.; Oliveira, C. J. B.; Santos, E. M. Effects of non-protein nitrogen on buffel grass
1273 fiber and ruminal bacterial composition in sheep. *Livestock Science*, 272:105237, 2023.

1274 Lawrence, T; Fowler, V. 2002. Growth of farm animals. CAB International: Wallingford, p.329.

1275 Lima, A. R. C.; Silveira, R. M. F.; Castro, M. S. M.; De Vecchi, L. B.; Fernandes, M. H. M. R.;
1276 Resende, K. T. Relationship between thermal environment, thermoregulatory responses, and energy
1277 metabolism in goats: A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 2022.

1278 Lee, N. J.; Qi, Yue; Enriquez, R.F.; IP, C. K.; Herzog, H. Lack of NPY in neurotensin neurons leads to a
1279 lean phenotype. *Neuropeptides*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.npep.2019.101994>.

1280 Leite, J. H. G. M.; Da Silva, R. G.; Asensio, L. A. B. Influência da cor da pelagem e características
1281 morfológicas sobre os mecanismos relacionados à tolerância ao calor em ovinos desgrehados. *Int*
1282 *Journal Biometeorology* 64, 2185–2194, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02014-8>.

1283 Lu, C. D.; Potchoiba, M. J. Feed intake and weight gain of growing goats fed diets of various energy
1284 and protein levels. *Journal of Animal Science*. 68:6, 1751–1759,
1285 1990. <https://doi.org/10.2527/1990.6861751x>.

1286 Luo, J.; Goetsch, A. L.; Nsahlai, I. V.; Moore, J. E.; Galyean, M. L.; Johnson, Z. B.; Sahlu, T.; Ferrell,
1287 C. L.; Owens, F. N. Voluntary feed intake by lactating, Angora, growing and mature goats. *Small*
1288 *Ruminant Research*. 53, 357-378, 2004.

1289 Lunesu, M. F.; Bomboi, G. C.; Marzano, A.; Comin, A.; Prandi, A.; Sechi, P.; Nicolussi, P. S.;
1290 Decandia, M.; Manca, C.; Atzori, A. S.; Molle, G.; Cannas, A. Metabolic and hormonal control of
1291 energy utilization and partitioning from early to mid lactation in Sarda ewes and Saanen goats. *Journal*
1292 *of Dairy Science*, 104:3617-3631, 2021.

1293 Maia, A. S. C.; Nascimento, S. T.; Nascimento, C. C. N.; Gebremedhin, K. G. Thermal equilibrium of
1294 goats. *Journal of Thermal Biology*. 58, 43–49, 2016.

1295 Macedo Junior, G. L.; França, P. M.; Assis, R. M.; Almeida, T. R. V.; Paula, O. J.; Pérez, J. R. O.; Silva,
1296 V. B. Níveis de fibra em detergente neutro forrageiro na alimentação de ovelhas Santa Inês gestantes.
1297 *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61:196-202, 2009.

1298 Marques, J. I.; Leite, P. G.; Neto, J. P. L.; Furtado, D. A.; Borges, V.P.; Sousa, W.S. Estimation of heat
1299 exchanges in Boer crossbred goats maintained in a climate chamber. *Journal of Thermal Biology*. 96:
1300 102832, 2021.

1301 Maharani, D.; Hartatik, T.; Warih, A.; Nurjannah, A. S. The effect of sex on nutritional status of post-
1302 weaned Bligon goats under controlled feeding management. In: *IOP Conference Series: Earth and*
1303 *Environmental Science*. IOP Publishing, 012057, 2019.

1304 Machado, N. A. F.; Filho, J. A. D. B.; Oliveira, K. P. L.; Parente, M.O. M.; Siqueira, J. C.; Pereira, A.
1305 M.; Santos, A. R. D.; Sousa, J. M. S.; Rocha, K. S.; Viveiros, K. K. S.; Costa, C. S. Biological rhythm
1306 of goats and sheep in response to heat stress. *Biological Rhythm Research*, 51:7, 1044-1052, 2020.

1307 McCoard, S. A.; Stevens, D. R.; Whitney, T. R. Chapter 13 - Sustainable sheep and goat production
1308 through strategic nutritional management and advanced technologies. *Animal Agriculture*. Academic
1309 Press, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00013-6>

1310 Mcmeniman, J. P. Predicting feed intake and performance by feedlot cattle. 155 f. Dissertation (Animal
1311 Science) – Texas Tech University, Lubbock, 2007.

1312 Mcmanus, C. M.; Faria, D. A.; Lucci, C. M.; Louvandini, H.; Pereira, S. A.; Paiva, S. R. Heat stress
1313 effects on sheep: Are hair sheep more heat resistant. *Theriogenology*. 2020,
1314 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.047>.

1315 Mcmanus, C. M.; Faria, D. A.; Lucci, C.M.; Louvandini, H.; Pereira, S.A.; Paiva, S. R. Heat stress
1316 effects on sheep: are hair sheep more heat resistant? *Theriogenology* 155:157–167, 2020b.

- 1317 Mcmanus, C. E.; McMillan, N. J.; Dowe, J.; Bell, J. Diamonds Certify Themselves: Multivariate
1318 Statistical Provenance Analysis. *Minerals*, 10: 916, 2020c. <https://doi.org/10.3390/min10100916>.
- 1319 Mertens, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In:
1320 Simpósio Internacional de Ruminantes, Anais. Lavras: SBZ, 188-219, 1992.
- 1321 Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: Fahey Junior, G. C. (Ed.). Forage quality, evaluation
1322 and utilization. Madison: Wisconsin. 448-478, 1994.
- 1323 Mertens, D.R.; Grant, R.J. Digestibility and intake. In: Moore, K.J., Collins, M., Nelson, C.J., Redfearn
1324 D.D. (eds.), Forages: the science of grassland agriculture. Wiley Blackwell Publishing, pp. 609–631,
1325 2020.
- 1326 Miner, J. L. Recent advances in the central control of intake in ruminants. *Journal of Animal Science*,
1327 70:1283-1289, 1992.
- 1328 Molle, G; Cannas, Antonello; Gregorini, Pablo. A review on the effects of part-time grazing herbaceous
1329 pastures on feeding behaviour and intake of cattle, sheep and horses. *Journal Livestock Science*.
1330 Volume 263, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104982>.
- 1331 Nascimento, P. M. L.; Farjalla, Y. B.; Nascimento J. L. Consumo voluntário de bovinos. *Revista*
1332 *eletrônica veterinária*, 10: 10, 2009.
- 1333 National Research Council (NRC). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids
1334 and new world camelids (1st edition), National Academies Press, Washington, DC, USA, 2007.
- 1335 National Research Council (NRC). Exigências nutricionais de gado leiteiro. 7ª edição revisada.
1336 Nacional Academy Press, Waschington, DC, 2001.
- 1337 National Research Council (NRC). Prediction feed intake of food-producing animals. Washington,
1338 DC, USA: Natl. Acad. Press; 1987.
- 1339 Neal, H. D. S T. C; Thomas, C; Cobby, J. M. Comparison of equations for predicting voluntary intake
1340 by dairy cows. *Journal Agriculture Science*. 103, 1–10, 1984.
- 1341 Neiva, J. N. M.; Teixeira, M.; Turco, S. H. N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros
1342 produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do
1343 nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:668-678, 2004.
- 1344 Nielsen, M.V., Nadeau, E., Markussen, B., Helander, C., Eknæs, M., Nørgaard, P. Relationship
1345 between energy intake and chewing index of diets fed to pregnant ewes. *Small Ruminant Research*
1346 130, 108–116, 2015.
- 1347 Oliveira, A. P. D.; Cunha, C. S.; Pereira, E. S.; Biffani, S.; Medeiros, A. N. D.; Silva, A. M. D. A.;
1348 Marcondes, M. I. Meta-analysis of dry matter intake and neutral detergent fiber intake of hair sheep
1349 raised in tropical areas. *Plos one*, 15:e0244201, 2020.
- 1350 Oliveira, T. S.; Rodrigues, M. T.; Glória, L. S. Mobilization of body energy reserves of alpine goats
1351 during early lactation in tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 216:106789, 2022
- 1352 Osei-Amponsah, R; Chauhan, S. S; Leury, B. J; Cheng, L; Cullen, B; Clarke, I. J; Dunshea, F. R. 2019.
1353 Genetic selection for thermotolerance in ruminants. *Animals* 9, 948.
1354 <https://doi.org/10.3390/ani9110948>.
- 1355 Owens, F.N.; Gill, D.R.; Secrist, D.S.; Coleman, S.W. Review of some aspects of growth and
1356 development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 73, 3152– 3172, 1975.

- 1357 Paulino, P.V.R., Valadares Filho, S.C., Detmann, E., Valadares, R.F.D., Fonseca, M.A., Marcondes,
1358 M.I. Body tissue and chemical component deposition in Nellore bulls, steers and heifers. *Revista*
1359 *Brasileira de Zootecnia* 38, 2516–2524, 2009.
- 1360 Palmioli, E.; Dall’Aglia, C.; Bellesi, M.; Tardella, F.M.; Moscatelli, S.; Scocco, P.; Mercati, F. The
1361 apelinergic system immuno-detection in the abomasum and duodenum of sheep grazing on semi-
1362 natural pasture, 2021. *Animals*. [https:// doi.org/10.3390/ani11113173](https://doi.org/10.3390/ani11113173).
- 1363 Pereira, D. M.; Oliveira, J. S. D.; Santos, E. M.;Carvalho, G. G.; Azevedo, J. A. D.; Corrêa, Y. R.;
1364 Viana, N. B. Productive performance and ingestive behaviour of feedlot finished Santa Ines lambs on
1365 diets containing differing fibre levels. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 65:213-226,
1366 2022.
- 1367 Pozo, C. A.; Kozloski, G. V.; Ribeiro-Filho, H. M. N.; Silveira, V. C. P. Evaluation of the Pampa Corte
1368 model for predicting dry matter intake and digestibility by sheep fed tropical forages. *Livestock*
1369 *Science*, v. 267, p. 105147, 2023.
- 1370 Polosky, L.; Von Keyserlingk, M. A. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle
1371 welfare. *Journal of dairy science*, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017.
- 1372 Pulina, G.; Bettati, T.; Serra, F.A.; Razio, O. Construction and validation of a software program for
1373 feeding sheep milk = Costruzione e validazione di un software per l’alimentazione degli ovini da latte.
1374 In: *Proceedings National Congress of the Italian Society of Pathology and Breeding Of Sheep And*
1375 *Goats = Atti Congresso Nazionale Della Societa Italiana di Patologia e di Allevamento degli Ovini e*
1376 *dei Caprini*, 12:11-14, Italian, 1996.
- 1377 Quadros, D. G.; Whitney, T. R.; Weishuhn, C. Influence of particle size of cottonseed hulls and
1378 bermudagrass hay on intake, sorting behavior, and rumen fluid parameters of feedlot lambs. *Animal*
1379 *Feed Science and Technology*. 285:115218, 2022.
- 1380 Resende, K. T.; Silva, H. G. de O.; Lima, L. D.; Teixeira, I. A. M. Avaliação das exigências nutricionais
1381 de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. *Revista Brasileira de*
1382 *Zootecnia*, 37:161-177, 2008.
- 1383 Richards, M. P.; Proszkowiec-Weglarz, M. Mechanisms regulating feed intake, energy expenditure,
1384 and body weight in poultry. *Poultry Science*, Champaign, v. 86, n. 7, p. 1478-1490, 2007.
- 1385 Santini, F. J.; Lu, C. D.; Potchoiba, M. J.; Fernandez, J. M.; Coleman, S. W. Dietary fiber and milk
1386 yield, mastication, digestion, and rate of passage in goats fed alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*,
1387 75:209-219, 1992.
- 1388 Souza, M. A.; Detmann E.; Paulino, M.F.; Sampaio, C. B.; Lazzarini, I.; Valadares Filho, S. C. Intake,
1389 digestibility, and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage
1390 and supplemented with nitrogen and/or starch. *Tropical Animal Health and Production*. 42: 1299–
1391 1310, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9566-6> PMID: 20386983.
- 1392 Simões, J; Abecia, J. A; Cannas, A; Delgadillo, J. A; Lacasta, D; Voigt, K; Chemineau, P. Review:
1393 Managing sheep and goats for sustainable high yield production. *Animal*, Volume 15, Supplement 1,
1394 2021. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100293>.
- 1395 Silvestre, A. M; Cruz, G. D; Owens, F. N; Pereira, M. C. S; Hicks, R. B; Millen, D. D. Dry matter
1396 intake by feedlot beef cattle: factors that impact intake pattern, 17, 4:100734, 2023.
- 1397 Smith, L. W.; Goering, H. K.; Gordon, C. H. Relationships of forage compositions with rates of cell
1398 wall digestion and indigestibility of cell walls. *Journal of Dairy Science*, 55:1140-1147, 1972.

1399 Suarez, Santiago Luis Benquet. Factors involved in dry matter intake. Dissertação (Mestrado em
1400 Genética e Melhoramento de Animais Domésticos; Nutrição e Alimentação Animal; Pastagens e
1401 Forragicultura) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 58, 2014.

1402 Torres, R. N. S.; Costa, L. B. S.; Almeida, M. T. C.; Ezequiel, J. M. B. Empirical equations for drinking
1403 water intake prediction of growing lambs: Meta-analysis. *Small Ruminant Research*, 203, 2021.
1404 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106487>.

1405 Tedeschi, L. O.; Adams, J. M.; Vieira, R. A. M. Revisiting Mechanisms, Methods, and Models for
1406 Altering Forage Cell Wall Utilization for Ruminants. *Journal of Animal Science*, 101:skad009, 2023.

1407 Tedeschi, L. O., and R. C. Boston. Identifiability and accuracy: a closer look at contemporary
1408 contributions and changes in these vital areas of mathematical modeling, 91–99. In *Modelling Nutrient*
1409 *Digestion and Utilization in Farm Animals*. vol. 7th. D. Sauvant, J, 2010.

1410 Trabi, E. B.; Seddik, H. E.; Xie, F.; Lin, L. M.; Mao, S. Y. Comparison of the rumen bacterial
1411 community, rumen fermentation and growth performance of fattening lambs fed low-grain, pelleted or
1412 non-pelleted high grain total mixed ration. *Animal Feed Science and Technology*, 253:1–12, 2019.

1413 Vasconcelos, A. M.; Carvalho, J. F.; Albuquerque, C. C.; Façanha, D. A. E.; Vega, W. H. O.; Silveira,
1414 R. M. F.; Ferreira, J. Development of an animal adaptability index: Application for dairy cows. *Journal*
1415 *of Thermal Biology*, 2020b. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102543>.

1416 Van Soest, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants:
1417 voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal*
1418 *Science*, 24:834-843, 1965.

1419 Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*, 2nd Edition. Cornell University Press, Ithaca and
1420 London, 476, 1994.

1421 Vasquez, O. P.; Smith, T. R. Factors affecting pastures intake and total dry matter intake in grazing
1422 dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83:2301-2309, 2000.

1423 Vázquez-Jiménez, S.; Vidal-Ramírez, D.; Salazar-Cuytun, R.; Vázquez-Martínez, I.; Camacho-Pérez,
1424 E.; Gurgel, A. L. C.; Muñoz-Osório, A.; Canul, A. J. C. Equations For Body Weight Adjustments in
1425 Black Belly Ewe Lambs. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 27, n. 1, dec. 2023. ISSN 1870-
1426 0462. [https:// doi:http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5054](https://doi:http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5054).

1427 Vieira, R. A. M.; Campos, P. R. S. S.; Silva, J. F. C.; Tedeschi, L. O.; Tamy, W. P. Heterogeneity of the
1428 digestible insoluble fiber of selected forages in situ. *Animal Feed Science and Technology*. 2011; 171:
1429 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.001>.

1430 Vieira, P. A. S.; Pereira, L. G. R.; Azevêdo, J. A. G.; Neves, A. L. A.; Chizzotti, M. L.; DOS Santos,
1431 R. D.; Araújo, G. G. L.; Mistura, C.; Chaves, A. V. Development of mathematical models to predict
1432 dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. *Small Ruminant Research*, v. 112, n. 1, p. 78–84, 2013.

1433 Walker, John. W; Kronberg, Scott. L. Nature, nurture, and vegetation management: Studies with sheep
1434 and goats. *Animal*. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100434>.

1435 Zheng, Huiyuan.; Berthoud, Hans-Rud. Neural systems controlling the drive to eat: Mind versus
1436 metabolism. *Physiology (Bethesda)* 23:75–83, 2008. <https://doi.org/10.1152/physiol.00047.2007>.

1437

1438

1439

1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448

1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472

**CAPÍTULO II - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA
CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM AMBIENTE TROPICAL**

1473 **Title:** Prediction Models of Dry Matter Intake for Goats and Sheep in Tropical Conditions

1474 ^aMaria Izabel Batista Pereira (izabelpereira.pd@gmail.com)

1475 ^bJosé Augusto Gomes Azevêdo (augustog@uesc.br)

1476 ^cGuilherme Lobato Menezes (lobatomenezes@wisc.edu)

1477 ^dGleudson Giordano Pinto de Carvalho (gleidsongiordano@ufba.br)

1478 ^eElzânia Sales Pereira (elzania@hotmail.com)

1479 ^fIzabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira (izabelle@uidaho.edu)

1480 ^dStefanie Alvarenga Santos (Stefanie.alvarenga@ufba.br)

1481 ^gMara Lúcia Albuquerque Pereira (mlpereira@uesb.edu.br)

1482 ^hLígia Lins Souza (ligia.souza@uesb.edu.br)

1483 ^eMagno José Duarte Cândido (magno@ufc.br)

1484 ⁱGherman Garcia Leal de Araújo (Gherman.araujo@embrapa.br)

1485 ^jLeilson Rocha Bezerra (leilson@ufpi.edu.br)

1486 ^jJosé Morais Pereira Filho (jmpfpiaui@gmail.com)

1487 ^kDorgival Morais de Lima Júnior (juniorzootec@yahoo.com.br)

1488 ^lStela Antas Urbano (stela_antas@yahoo.com.br)

1489 ^mMarcelo de Andrade Ferreira (marcelo.aferreira@ufrpe.br)

1490 ^aDepartment of Agricultural Sciences, State University of Montes Claros, 39448581, Janaúba, MG,
1491 Brazil.

1492 ^bDepartment of Agricultural and Environmental Sciences, State University of Santa Cruz, 45662-900,
1493 Ilhéus, BA, Brazil.

1494 ^cDepartment of Animal Science, University of Wisconsin-Madison, 500 Lincoln Dr, 53706-1380,
1495 Madison, Wisconsin, United States.

1496 ^dDepartment of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Bahia, 40170-110,
1497 Salvador, BA, Brazil.

1498 ^eDepartment of Animal Science, Federal University of Ceará, 60440-554, Fortaleza, CE, Brazil.

1499 ^fDepartment of Animal, Veterinary & Food Sciences, University of Idaho, 315 Falls Avenue, Evergreen
1500 Bldg. Twin Falls Id 83301, United States.

1501 ^gDepartment of Basic and Instrumental Studies, State University of Southwest Bahia, 45700-000,
1502 Salvador, BA, Brazil.

^bDepartment of Exact and Technological Science, State University of Southwest Bahia, 45083-900, Itapetinga, BA, Brazil.

ⁱBrazilian Agricultural Research Corporation, Agricultural Research Center of the Semi-Arid Tropics, 56302-970, Petrolina, PE, Brazil.

^jCenter for Rural Health and Technology, Federal University of Campina Grande, 58708-110, Patos, PB, Brazil.

^kDepartment of Animal Science, Federal Rural University of the Semi-Arid Region, 59625-900, Mossoró, RN, Brazil.

^lDepartment of Animal Science, Federal University of Rio Grande do Norte, 59280-000, Macaíba, RN, Brazil.

^mDepartment of Animal Science, Federal Rural University of Pernambuco, 51171-900, Recife, PE, Brazil.

Corresponding author: augustog@uesc.br

Highlights:

I. Average body weight and average daily gain can be used to predict DMI in goats and sheep in different confinement systems, including commercial ones.

III. The equation $-145.68 + 77.3709 \times BW^{0.75} + 1.3985 \times ADG$ predict DMI in sheep with validated performance in commercial feedlots.

IV. The equation $\beta + 30.9309 \times BW$, where $\beta_0 = 78.12$ for non-castrated males, $\beta_1 = 57.2919$ for castrated males, and $\beta_2 = 36.4638$ for females predict DMI in goats.

Abstract: This study aims to develop and validate predictive models of dry matter intake (DMI) in goats and sheep in tropical conditions and compare them with models reported in the literature. A meta-analysis was performed to evaluate the effects of DMI among goats and sheep in feedlots. To train the model, 1.102 individual records were selected (220 for goats and 882 for sheep) with different sex classes. Six models were generated using correlated variables with DMI such as BW, $BW^{0.67}$, $BW^{0.75}$, and ADG. The equations were validated using 41 independent studies as a test database. After validation, the predictive performance was compared with existing equations on the literature using the same testing set. It was found that the DMI was influenced by the species and sex. The model to predict DMI for sheep was $-145.68 \times BW^{0.75} + 1.3985 \times ADG$. The model activates higher r^2 of 0.49 and lower root mean square prediction error (RMSEP) of 167 g, representing 16,23% of the observed values average. In addition, the proposed equation, compared to existing equations in the literature, showed superior performance in commercial feedlot systems. For goats in feedlot, DMI can be predicted using $\beta + 30.9309 \times BW$, considering sex ($\beta_0 = 78.12$ for non-castrated males, $\beta_1 = 57.2919$ for castrated males, and $\beta_2 = 36.4638$ for females). The model activated r^2 of 0.86, lower RMSEP of

45.4 g. These results suggest that when adjustments for each species were used, the recommended models for predicting DMI in goats and sheep in tropical conditions can be similar. The inclusion of the sex in the equations improved prediction accuracy for goat species. These models can serve as a valuable alternative to estimate DMI, which can assist farmers in making decisions to improve animal performance, efficiency, and profitability in feedlot systems.

Keywords: Food Consumption, Feedlot, Sex classes, Small Ruminants

1- INTRODUCTION

Considering the diversity climate of Brazil's predominantly tropical, associated with genetics variations, breed pattern and performance, these characteristics directly influence the nutritional needs of small ruminants, such as goats and sheep. In view of this, the development and adjustment of consumption equations in these conditions helps to ensure that sheep diets are appropriate to their real needs.

Determining the complexity and interrelationships involved in predicting daily feed intake has been a constant challenge and requires the development of viable tools and alternative to fill existing knowledge gaps (Forbes, 2007) and ensure that models account all the variables and factors that impact consumption.

One of the first articles on the factors that regulate DMI was published by Conrad and Hibbs (1964), exploring the importance of physical and physiological factors and how they change with increasing diet digestibility. As a result, several attempts have been made to more accurately estimate intake in small ruminants in tropical conditions, considering their particularities (Cabral et al., 2008; Teixeira et al., 2011; Vieira et al., 2013; Almeida et al., 2019; Knnup et al., 2019; Oliveira et al., 2020; Gurgel et al., 2021; Vásquez-Gimenez et al., 2023). Although advances in consumption prediction diversify across production systems, many studies focus on specific groups of animals, leaving aside important differences between species and sex. Evaluating these variations and their interactions is fundamental since factors such as animal requirements, feeding behavior, and metabolism can significantly influence feed consumption.

In addition, these scenarios suggest that the development of national equations is necessary, considering that the equations proposed by the NRC (2007) may overestimate DMI in tropical conditions (Vieira et al., 2013).

When developing models more suited to the Brazilian reality for sheep, Cabral et al. (2008) were pioneers in proposing a model that considered national production conditions. According to these authors, the use of these equations helps mainly in adapting diets, optimizing the use of nutrients and reducing losses due to an imbalance in the concentration of these nutrients. Vieira et al. (2013) observed that the model suggested by the NRC (2007) overestimated DMI and was not suitable for

1572 use in practical conditions for feeding sheep in confinement in Brazil, as the models were generated
1573 under different conditions and characteristics to those found in Brazil.

1574 Other models for predicting IMD in sheep with their own specificities have also been proposed, such
1575 as models for Santa Inês sheep (Vieira et al., 2013), sheep fed on forage palm (Knnup et al., 2019),
1576 hairless sheep raised in tropical areas (Oliveira et al., 2020), raised on tropical pastures (Gurgel et al.,
1577 2021) and fed on tropical forage (Pozo et al., 2023).

1578 Teixeira et al. (2011) evaluated the models proposed by AFRC, CSIRO, NRC, and SRNS and observed
1579 that DMI estimates in these systems take different approaches. These differences reflect how the model
1580 prioritizes the use of specific information, such as physiological parameters and dietary characteristics,
1581 to meet the particularities of each production system and species.

1582 Almeida et al. (2019), when evaluating literature equations for predicting DMI in goats, concluded
1583 that the DMI prediction model proposed by AFRC was the most appropriate among international
1584 models for Brazilian conditions. However, these authors proposed a more accurate model that
1585 incorporated variables such as body weight, sex class, and dietary NDF, better adapting to local
1586 conditions.

1587 However, the present study proposes equations based on unified models, integrating information from
1588 different breeds of goats and sheep. This approach has the potential to improve animal performance,
1589 efficiency, and sustainability in nutritional management practices for small ruminants in different
1590 confinement systems, including commercial ones.

1591 Although there are widely used models for predicting IMD in goats and sheep, many do not adequately
1592 consider the particularities of tropical systems. In these regions, the diversity of species and their
1593 genotypes coexist under different environmental conditions, genetic diversity, and racial patterns, as
1594 well as variations in the diet and feeding behavior of species under confinement of different scales,
1595 including commercial systems, important factors that influence consumption in these conditions.
1596 Therefore, the study is aimed to develop and validate equations for predicting DMI in goats and sheep
1597 in a confinement system in Brazil, considering sex variations (not castrated, castrated, or female), and
1598 comparing the accuracy of these equations with those available in the literature.

1599 **2- METHODOLOGY**

1600 **2.1 Data Collection**

1601 A dataset was compiled with 1,102 individual observations collected from 60 studies with goats and
1602 sheep in a Brazilian feedlot system. Information was collected from experimental research carried out
1603 in different states and regions of Brazil, adhering to the guidelines approved by the Ethics and Animal
1604 Use Committee of each the university where the study was conducted. The studies were selected

between 2007 and 2022, based on the into account complete information on the composition of the diet, the feedlot management system, and the characteristics of the observations. Studies with incomplete or inconsistent data, or those employing a Latin square design, were excluded.

The variables selected for this study include information on the animal species (goats and sheep), sex (non-castrated, castrated or female) (Supplementary Table 1 and 2), chemical composition of the diet, type of roughage, and the ratio of forage to concentrate. Dry matter intake (DMI), considering only ad libitum intake (Table 3). Variables such as initial and final body weight and average daily gain (ADG) withing included based on their strong correlation with dry matter intake and the nutritional composition of the diet, considered important factor for feed efficiency, as they are important indicators of the animals' performance and feed efficiency (Table 2).

All data for each variable that fell outside the range of -2.5 to 2.5 were removed to ensure that the database was not influenced by extreme values, maintaining the normal distribution of data and reliability of the analysis. ranges were observed in the mean values of the variables (Tables 2 and 3), reflecting the diversity and variety of diets used in the studies, as well as ensuring the representativeness of the database.

Pearson's correlation was used to evaluate the influence of variables on dry matter intake (DMI), as well as between the variables themselves. When the correlation between the two variables was significant, only the variable with the strongest correlation coefficient (r) with the CMS was selected (Figure 1). The variables PC0.67 ($r = 0.82$), PC ($r = 0.82$), PC0.75 ($r = 0.59$); GMD2 ($r = 0.62$) and GMD ($r = 0.38$) presented the highest correlation coefficients and significant correlations ($P \leq 0.001$) with CMS. After identifying these variables, the STEPWISE option was adopted in SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, USA) to add or remove predictor variables based on probability value (P) criteria.

2.2 Model Development

The Pearson correlation coefficient was analyzed to evaluate the relationship between the explanatory variables and their response, such as DMI. Variables with significant correlation ($P \leq 0.001$) and the strongest correlation coefficient (r) with DMI were selected. The variables included in the models were inserted based on criteria of probability values ($P \leq 0.05$) and coefficients of determination (r^2), using the STEPWISE function in SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, USA). In addition, to develop the DMI models, the MIXED procedure (PROC MIXED) in SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc., Cary, CA, USA) was used, employing mixed effects regression models (St-Pierre, 2001).

A unified model was developed for goats or sheep, considering the sex (non-castrated, castrated, or females). To analyze the effects of the species (sp) and sex (se) in the model, dummy variables were

used (Draper and Smith, 1998), where the first variable consisted of $sp = 0$ for sheep and $sp = 1$ for goats, while the second variable consisted of $se = 0$ for non-castrated males, $se = 1$ for castrated males, and $se = 2$ for females.

The models developed allowed estimate distinct parameters and intercepts for each species, as well as for each of the 3 sexes within the model of each species, generating a total of 6 models that contained the following significant variables ($P \leq 0.05$): BW or $BW^{0.67}$ or $BW^{0.75}$, and/or ADG (Table 5). When no significant influence ($P \geq 0.05$) was identified for sex in the model, this variable was excluded, and the models was reanalyzed. To assess multicollinearity between the variables in the model, including the dummy variables, the variance inflation factor (VIF), to observe the independence of multicollinearity, ensuring stability in the models estimates was used (Table 4).

To select the best models, we considered the corrected Akaike information criterion (AICc) (Akaike, 1973); the coefficient of determination (r^2) and the significance of the estimates of the model variables ($P \leq 0.05$).

2.3 Model Evaluation and Validation

The independent dataset was collected to validate the models, with average values of 40 observations for goats and 117 observations for sheep. These data consisted of information about the animal species, sex class, initial and final body weight, average daily gain, and DMI, collected from national research and published in national and international journals from 2007 to 2022 (Supplementary Table 3).

In the models, the predicted values for DMI were compared with the values observed in the research. This comparison was made using a regression model, where Y represents the observed values and X the predicted values. In this model, β_0 and β_1 represent the intercept and slope of the line, respectively. To valid these equations, we performed significance tests for the null hypotheses that the intercept (β_0) is equal to 0 and the slope (β_1) is equal to 1, as suggested by Neter et al. (1996).

Equations reported in the literature for DMI in feedlot goats and sheep were selected (Table 1) for comparison with new proposed equations. To validate and compare all equations, as well as the quality of adjustments between the predicted and observed DMI, several metrics were used: the coefficient of determination (r^2) as described by Draper and Smith (1998); the corrected Akaike Information Criterion (AICc), following Liao (2003); the mean bias (MB) as described by Cochran and Cox (1957); the concordance correlation coefficient (CCC) by Lin (1989); bias correction (Cb), according to Lin (1989); the mean squared prediction error (MSEP) as discussed by Bibby and Toutenburg (1977); and the values of the root mean squared prediction error (RMSEP, the lower, the better), which were estimated from the square root of the MSEP (Bibby and Toutenburg, 1977), using the software Model Evaluation System v. 3.2.3 (MES), and used to define the best equation.

3- RESULTS

3.1- Study data characterization

As shown in Table 1, the variables with the most substantial and significant correlations with dry matter intake (DMI) were selected for the models: PC⁰.⁶⁷ ($r = 0.80$), PC ($r = 0.80$) and PC^{0.75} ($r = 0.80$), followed by GDA ($r = 0.68$) and GDA² ($r = 0.64$). Furthermore, the variables used in the models were evaluated for multicollinearity (VIF) showed values ≤ 10 , indicating low multicollinearity and ensuring the stability of the model estimates (Table 4). The observed variations in chemical composition, dietary energy value, dry matter intake, body weight, and average daily gain reflect the diversity of diets and the animals' development in the collected research data (Tables 2 and 3).

For goats, DMI ranged from 429.3 to 1,174.0 g/day in the dataset used for the model development, and from 587.6 to 947.0 g/day in the dataset used for validation (Table 3). For sheep, DMI ranged from 581.9 to 1,488.3 g/day in the dataset for model development, and from 580.0 to 1,587.2 g/day in the validation dataset. Similarly, the ADG for goats varied from 32.9 to 246.7 g/day in the model development dataset, and from 47.6 to 230.0 g/day in the validation dataset. For sheep, ADG ranged from 78.8 to 315.6 g/day in the model development dataset, and from 43.3 to 306.0 g/day in the validation dataset.

3.2 Development of prediction equations

It was observed that all the variables were maintained in the models for BMI, except for sex, which had no significant effect ($P \leq 0.05$). The models differed ($P \leq 0.05$) between the species (goats and sheep), with the sex variable influencing ($P \leq 0.05$) only the DMI prediction model for goats, requiring variations in the intercept (β_0) of the DMI estimates between uncastrated males, castrated males and females. Thus, non-castrated male goats have a higher BMI estimate than castrated males, and the latter are higher than females (Table 4).

3.3- Validation and adequacy of the equations

The average DMI observed for goats was 758.67 (± 107.87) g/day (Table 6). In validation and adequacy, the equations presented DMI predictions that ranged from 774.75g/day to 781.42g/day. Among the 6 equations, only equation 1, which includes average daily weight gain (ADG), had its intercept values ($\beta_0=0$) and slope of the line ($\beta_1=1$) not significant ($P > 0.05$), being selected as a predictor for intake in goats. The new proposal presented r^2 (0.859), AICc (415.196), MB (-19.6), lower MSE (2,057.964) and RMSEP (45.365).

After selecting the proposed equation (Eq. 1), a comparison was made with the equations reported in the literature for goats in feedlot (Table 5). For the INRA (2007) equation, the intercept values ($\beta_0=0$)

1705 and slope of the line ($\beta_1=1$) were significant ($P<0.05$), but for the equation by Almeida et al. (2019)
1706 and the new proposed equation (Eq1) were not ($P>0.05$).

1707 Table 7 show that the INRA (2007) equation underestimated the DMI. However, the new proposed
1708 equation (Eq1) and the equation by Almeida et al. (2019) estimated values closer to the observed DMI
1709 ones, where $Y=x$ (Figure 2).

1710 During the validation of the equations developed for sheep (Table 7), all equations had their respective
1711 intercept values ($\beta_0=0$) and slope of the line ($\beta_1=1$) not significant ($P>0.05$). However, equation 12,
1712 which considers the metabolic body weight ($BW^{0.75}$) and average daily gain (ADG), stood out with
1713 greater precision and the metrics analyzed, being selected as the best equation to estimate intake in
1714 sheep.

1715 In the evaluation for goats (Table 7, Figure 2) and sheep (Table 9, Figure 3), the equations proposed in
1716 this study estimated DMI with greater accuracy. Among the equations reported in the literature and by
1717 this study, similar consumption prediction was observed only for the equations by Almeida et al. (2019)
1718 for goats and Oliveira et al. (2020) for sheep.

1719 Similar to the equations developed for goats, comparisons, and adjustments were made with equations
1720 for sheep carried out for the proposed equation 12 and the main equations reported in the literature for
1721 sheep (Table 8). The best prediction and accuracy indices were obtained by the equations by Oliveira
1722 et al. (2020), Vieira et al. (2013), and the new proposed equation (Eq. 12). When subjected to
1723 validation, these equations presented higher r^2 (0.487 vs 0.475 vs 0.470), lower RMSEP (166.77 vs
1724 168.26 vs 169.46), lower AICc (1,531.31 vs 1,533.91 vs 1,535.06). The equations by Almeida et al.
1725 (2019) and the new proposed equation (Eq. 12) presented better indices for CCC values when
1726 compared to the equation by Vieira et al. (2013) (0.641 vs 0.629 vs 0.552, respectively). However, in
1727 the set of metrics evaluated, the new proposed equation (Eq. 12) obtained a better precision response
1728 and greater adjustment capacity.

1729 Although the NRC (2007) equation had valid intercept ($\beta_0=0$) and slope ($\beta_1=1$), it presented lower
1730 precision indices r^2 (0.085) and accuracy CCC (0.089), higher MSEP (52,386.88) and higher AICc
1731 (1,599.24). This equation considered the characteristics related to diet digestibility as an important
1732 correction factor for predicting DMI in sheep. On the other hand, the equation reported by CPCNS-S,
1733 2004 did not have its results validated for the intercept ($\beta_0=0$) and the slope ($\beta_1=1$) with the evaluated
1734 database.

1735 Figure 3 presents a comparison between the new equation proposed in this study (Eq.12), and the
1736 equations previously reported in the literature. An analysis of the observed and predicted values reveals
1737 that the dry matter intake (DMI) estimated by the new model (Eq. 12) is accurate.

Unlike the previous analyses, which were based on data generated under experimental conditions, the results presented in table 10 were developed from a commercial sheep feedlot database.

Based on the P values, the comparative analysis showed that only Eq. 12 (proposed) and the equation reported by the Oliveira et al. (2020) showed the values for the intercept ($\beta_0=0$) and the slope of the line ($\beta_1=1$) to be significant ($P \geq 0.05$) under these conditions. Therefore, the proposed equation (Table 11) showed better precision, with higher accuracy (0.997), higher r^2 (0.893) and higher CCC (0.942).

4 – DISCUSSION

The development and evaluation of consumption equations with equations reported in the literature are necessary to adjust current standards. This will allow important insights based on more accurate data, and the possibility of incorporating new variables, increasing their comprehensiveness, accuracy, and applicability.

These variations can be attributed to the intrinsic characteristics of each variable, as they reflect important differences from a genetic, physiological, and metabolic point of view between species, and ensure that the data used to develop and validate the models can correctly represent the diversity found in research into animal production systems. According to Akanno et al. (2013), there is significant variability in genetic parameters, mainly attributed to genetic differences within and between breeds, the number of animals evaluated, in addition to the presence of fixed and random effects as well as multicollinearity. These nuances highlighting that this variability may explain the importance of using regional equations.

In Figure 1, it is possible to observe different levels of correlation between the variables selected for the models, with values close to 1 indicating a stronger relationship with DMI. Mertens et al. (1994) mention that the food consumption that it is animals is influenced by multiple factors, including characteristics of the animal itself, such as body weight, average daily gain, feed efficiency, productivity, physiological state, and body composition. In this sense, these factors can explain the variations observed in the correlations, highlighting the complexity and interdependence of the elements involved in feed consumption.

The variables average body weight and metabolic weight were those that presented the highest correlation ($r = 0.70$ and $r = 0.80$), respectively. Gurgel et al. (2021a), when developing predictive models of DMI for sheep, also observed that body weight and weight gain were the variables with the strength influence on feed intake. Similar to what was observed in this study, the NRC (2007) considers body weight and diet quality as important factors in estimating DMI.

In this study, all the variables in the models had a $VIF \leq 10$, indicating low collinearity (Table 4). Although there is no formal value for determining the presence of multicollinearity by VIF, some

1773 authors suggest that values ≥ 10 indicate strong multicollinearity, which may require adjustments in the
1774 selection of variables (Chan et al., 2022; Weisberg et al., 2005).

1775 Forage intake is one of the main factors affecting DMI and ruminant performance (Mertens and Grant,
1776 2020). In tropical countries, tropical grasses typical of this climate generally have NDF concentrations
1777 above 65% (Lopes et al., 2023), which, together with particle size, also influences the passage rate, the
1778 physiological and anatomical filling capacity of the rumen and, consequently, dry matter intake
1779 (Quadros et al., 2022). Although the models reported in this study do not include information on neutral
1780 detergent fiber, the inclusion of this variable along with the others used could make the models more
1781 accurate, helping to better understand dry matter intake under different feeding conditions.

1782 Forage intake is one of the main factors affecting DMI and ruminant performance (Mertens and Grant,
1783 2020). In tropical countries, grasses typical of this climate have NDF concentrations above 65% (Lopes
1784 et al., 2023). In addition to the complex polysaccharide structure of plant cells present in forages
1785 (Tedeschi et al., 2023), the limited consumption capacity due to ruminal distension and particle size
1786 influences the rumen passage rate and filling capacity and, consequently, dry matter intake (Allen et
1787 al., 2019; Quadros et al., 2022). Although the models reported in this study do not include information
1788 on neutral detergent fiber, the inclusion of this variable with the others used could make the models
1789 more accurate, helping to better understand dry matter intake under different feeding conditions.
1790 However, even small fluctuations in intake can have an impact on the efficiency of ruminant
1791 production systems (Fernandes et al., 2022).

1792 For the different behavior patterns in the predicted DMI values (Figure 2 and 3), different behavior
1793 patterns were observed between the DMI predicted for goats by the proposed equation (Eq. 1) and the
1794 equation by Almeida et al. (2019), presented a similar tendency to overestimate intake when
1795 consumption exceeded 1 kg/day. However, the proposed equation presented a 68.41% lower
1796 overestimation than the equation by Almeida et al. (2019), indicating a more accurate estimate for
1797 goats and highlighting its potential to predict DMI in similar models better.

1798 When analyzing the observed and predicted values in the comparison between the proposed equation
1799 and the equations reported in the literature for sheep (Figure 3), it is possible to observe the pattern of
1800 behavior when the DMI exceeds 1 kg/day, indicating a slight underestimation. Similar behavior was
1801 observed for the equation by Oliveira et al. (2020).

1802 When examining the intercept values for goats and sheep (Tables 7, figure 2, and Table 9, figure 3), it
1803 is evident that the proposed equations for these animals are 7.7x and 3.7x greater, respectively than
1804 those reported by Almeida et al. (2019) and Oliveira et al. (2020). This suggests that the proposed
1805 equations have higher sensitivity in estimating Dry Matter Intake (DMI). Corroborating these results,
1806 Tedeschi (2006) and Cruz et al. (2021) point out that a strong correlation between predicted and
1807 observed values contributes to obtaining more accurate and reliable models.

The differences observed between the equations in this study may be related to the particularities of each model and the diversity of data used in the validation. It is important to evaluate the influence of additional information in the models, such as genotype, sexual class (Benedeti et al., 2021), animal category (Gallo and Tedeschi, 2021), physiological aspects (Ledda et al., 2023), and, climate, increasing their ability to capture variations that can also significantly influence consumption.

The inclusion of additional information in prediction models, together with their application in real production conditions, such as commercial feedlots (Table 11), is important to increase the capacity of these models to capture variations in animal consumption. When analyzing the observed and predicted values (Figure 4) in the comparison between the proposed equation and the equation reported by Oliveira et al. (2020), the pattern of behavior indicates a slight overestimation when it reaches a DMI range between 1 and 1.2 kg/day.

Testing these models in real production scenarios helps not only to refine them, but also to evaluate their scope, accuracy, and applicability in the face of the variability observed in commercial systems.

5. CONCLUSION

The equations proposed for goats, $DMI = \beta + 30.9309 \times BW$, with adjustment for sex class in non-castrated males, $\beta_0 = 78.12$; castrated males, $\beta_1 = 57.2919$; and females, $\beta_2 = 36.4638$, and for sheep, $DMI = -145.68 + 77.3709 \times BW^{0.75} + 1.3985 \times ADG$, are recommended for estimating the dry matter intake of small ruminants in tropical conditions, and specifically for sheep, the equation is also recommended for use in commercial feedlot conditions.

6. REFERENCES

- 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.; 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.
- Akaike, H. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory*. Budapest: Akademiai Kiado, 267-281, 1973.
- Bibby, J., Toutenburg, H. *Previsão e Estimativa Aprimorada em Modelos Lineares*, 1ª ed. John Wiley & Sons, Berlim, 1977.
- Benedeti, P. D. B.; Filho, S. C. V; Chizzotti, M. L.; Marcondes, M. I.; Silva, F. A. S Development of equations to predict carcass weight, empty body gain, and retained energy of Zebu beef cattle. *Animal*, v. 15, n. 1, p. 100028, 2021.

- 1840 Cabral, L. S.; Neves, E. M. O.; Zervoudakis, J. T.; Abreu, J. G.; Rodrigues, R. C.; Souza, A. L.; Oliveira
1841 I. S. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. *Revista Brasileira de*
1842 *Saúde e Produção Animal*, 9:529-542, 2008.
- 1843 Cochran, W. G.; Cox, G. M. *Experimental Designs*, 2nd ed. New York, John Wiley and Sons, 615p,
1844 1957.
- 1845 Conrad, H. R., Pratt, A. D., & Hibbs, J. W. (1964). Change in importance of physical and physiological
1846 factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*, v. 47, n. 1, p. 54-62, 1964.
- 1847 Cruz, C. H.; Santos, S. A.; Carvalho, G. G. P.; Azevedo, J. A. G.; Detmann, E.; Campos Valadares
1848 Filho, S.; Alba, H. D. R. Estimating digestible nutrients in diets for small ruminants fed with tropical
1849 forages. *Livestock Science*, v. 249, p. 104532, 2021.
- 1850 Chan, J. Y. L.; Leow, S. M. H.; Bea, K. T.; Cheng, W. K.; Phoong, S. W.; Hong, Z. W.; Chen, Y. L.
1851 Mitigating the Multicollinearity Problem and Its Machine Learning Approach: A
1852 Review. *Mathematics*, 10: 1283, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10081283>.
- 1853 Draper, N. R.; Smith, H. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley, 706 p, 1998.
- 1854 Forbes, J. M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Cabi. 2007.
- 1855 Fernandes, G.A., de Oliveira, A.S., de Araújo, C.V., Couto, V.R.M., de Moraes, K.A.K.; Moraes,
1856 E.H.B.K., 2022. Prediction of pasture intake by beef cattle in tropical conditions. *Tropical Animal*
1857 *Health Production*. 54, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03018-1>.
- 1858 Forbes, J. M. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food:
1859 minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20:132-146, 2007.
- 1860 Gurgel, A. L. C.; Difante, G. S; Neto, J. V. E.; Santana, J. C. S.; Fernandes, P. B.; dos Santos, G. T.;
1861 Medeiros, H. R. Prediction of dry matter intake by meat sheep on tropical pastures. *Tropical Animal*
1862 *Health and Production*, 53:1-8, 2021.
- 1863 Gurgel, A. L. C.; Difante, G. S.; Emerenciano Neto, J. V.; Santana, J. C. S.; Fernandes, P. B.; Santos,
1864 G. T.; Itavo, L. C. V.; Itavo, C. C. B. F.; Medeiros, H. R. Prediction of dry matter intake by meat sheep
1865 on tropical pastures. *Tropical Animal 684 Health and Production*, 53:479, 2021^a.
- 1866 Gallo, S. B.; Tedeschi, L. O. Developing a continuous adjustment factor for dry matter intake of
1867 gestating and lactating ewes. *Scientia Agricola*, 78:2, 2021.
- 1868 Institut National de la Recherche Agronomique – INRA. *Alimentation des bovins, ovins et caprins.*
1869 *Besoins des animaux. Valeurs des aliments. Tables INRA Editions Quae, Versailles, France*, 2007.
- 1870 Knupp, L. S.; Carvalho, F. F. R.; Cannas, A.; Marcondes, M. I.; Silva, A. L.; Francesconi, A. H. D.;
1871 Beltrão, C. G. R.; Atzor, I. A. S.; Gaspa, G.; Costa, R. G. Meta-analysis of spineless cactus feeding to

1872 meat lambs: performance and development of mathematical models to predict dry matter intake and
1873 average daily gain. *Animal*. 13:2260-2267, 2019.

1874 Ledda, A.; Carta, S.; Correddu, F.; Cesarani, A.; Atzori, A. S.; Battacone, G.; Macciotta, N. P. P. Dry
1875 Matter Intake Prediction from Milk Spectra in Sarda Dairy Sheep. *Animals*, 13:763, 2023.

1876 Liao, J. J. Z. An improved concordance correlation coefficient. *Pharmaceutical Statistics: The Journal*
1877 *of Applied Statistics in the Pharmaceutical Industry*, 2:253-261, 2003.

1878 Lopes, A. S. M.; Oliveira, J. S.; Cruz, G. F. L.; Vieira, D. S.; Santos, F. N. S.; Lemos, M. L. P.; Pinheiro,
1879 J. K.; Sousa, L. S.; Oliveira, C. J. B.; Santos, E. M. Effects of non-protein nitrogen on buffel grass
1880 fiber and ruminal bacterial composition in sheep. *Livestock Science*, 272:105237, 2023.

1881 Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: Fahey Junior, G. C. (Ed.). *Forage quality,*
1882 *evaluation, and utilization*, p. 450-493, 1994.

1883 Mertens, D.R.; Grant, R.J. Digestibility and intake. In: Moore, K.J., Collins, M., Nelson, C.J., Redfearn
1884 D.D. (eds.), *Forages: the science of grassland agriculture*. Wiley Blackwell Publishing, pp. 609–631,
1885 2020.

1886 NASEM, 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: 8th rev. ed.* The National Academies Press,
1887 Washington, DC.

1888 National Research Council – NRC. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids,*
1889 *and new world camelids (1st edition)*, National Academies Press, Washington, DC, USA, 2007.

1890 Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. *Applied linear statistical models*. 1996.

1891 Oliveira, A.P. D; Cunha, C.S; Pereira, E.S; Biffani, S; Medeiros, A. N. Meta-analysis of dry matter
1892 intake and neutral detergent fiber intake of hair sheep raised in tropical areas. *PLOS ONE* 15(12):
1893 e0244201, 2020.

1894 Pozo, C. A.; Kozloski, G. V.; Ribeiro-Filho, H. M. N.; Silveira, V. C. P. Evaluation of the Pampa Corte
1895 model for predicting dry matter intake and digestibility by sheep fed tropical forages. *Livestock*
1896 *Science*, v. 267, p. 105147, 2023.

1897 Quadros, D. G.; Whitney, T. R.; Weishuhn, C. Influence of particle size of cottonseed hulls and
1898 bermudagrass hay on intake, sorting behavior, and rumen fluid parameters of feedlot lambs. *Animal*
1899 *Feed Science and Technology*. 285:115218, 2022.

1900 St-Pierre, N. R. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed
1901 model methodology. *Journal of Dairy Science*, 84:741–755, 2001.

1902 Teixeira, I.A.M.A.; St-Pierre, N.; Resende, K.T.; Cannas, A. Prediction of intake and average daily
1903 gain by different feeding systems for goats. *Small Ruminant Research*, v.98, n.1-3, p.93-97, 2011.

- 1904 Tedeschi, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agriculture System*. 89:225-247,
1905 2006.
- 1906 Tedeschi, L. O.; Adams, J. M.; Vieira, R. A. M. Revisiting Mechanisms, Methods, and Models for
1907 Altering Forage Cell Wall Utilization for Ruminants. *Journal of Animal Science*, 101: skad009, 2023.
- 1908 Vázquez-Jiménez, S.; Vidal-Ramírez, D.; Salazar-Cuytun, R.; Vázquez-Martínez, I.; Camacho-Pérez,
1909 E.; Gurgel, A. L. C.; Muñoz-Osorio, G. A.; Chay-Canul, A. J. R. Equations for body weight adjustments
1910 in black belly ewe lambs. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 27, n. 1, 2023.
1911 <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5054>.
- 1912 Vieira, P. A. S.; Pereira, L. G. R.; Azevêdo, J. A. G.; Neves, A. L. A.; Chizzotti, M. L.; dos Santos, R.
1913 D.; de Araújo, G. G. L.; Mistura, C.; Chaves, A. V. Development of mathematical models to predict
1914 dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. *Small Ruminant Research*. 112:78-84, 2013.
- 1915 Weisberg, Sanford. *Applied linear regression*. John Wiley & Sons, 2005.
- 1916 **APPENDIX 1** – References of the database used in the validation for goats
- 1917 Agy, M. S. F. A.; Oliveira, R. L.; Ribeiro, C. V. D. M.; Ribeiro, M. D.; Bagaldo, A. R.; Araújo, G. G.
1918 L. D.; Ribeiro, R. D. X. Sunflower cake from biodiesel production fed to crossbred Boer kids. *Brazilian*
1919 *Journal of Animal Science*, 41:123–130, 2012.
- 1920 Cartaxo, F. Q.; Leite, M. L. D. M. V.; Sousa, W. H.; Viana, J. A.; Rocha, L. P. Bioeconomic
1921 performance of kids from different genetic groups finished in feedlot. *Brazilian Journal of Animal*
1922 *Health and Production*, 14:224-232, 2013.
- 1923 Dias, A. M. A.; Baptist, A. M. V.; Carvalho, F. F. R. D.; Guim, A.; Silva, G.; Silva, A. C. D. Nutrient
1924 intake and digestibility and performance of goats fed coarse wheat bran in the diet as a substitute for
1925 corn. *Brazilian Journal of Animal Science*, 39:831-836, 2010.
- 1926 Hashimoto, J. H.; Alcalde, C. R.; Zambom, M. A.; Silva, K. T. D.; Macedo, F. D. A. F. D.; Martins, E.
1927 N.; Passianoto, G. D. O. Performance and apparent digestibility in Boer x Saanen kids in feedlot fed
1928 diets with soybean hull as a substitute for corn. *Brazilian Journal of Animal Science*, 36:174-182, 2007.
- 1929 Lima, L. S. D.; Alcalde, C. R.; Macedo, F. D. A. F.; Lima, L. R. D.; Martins, E. N.; Coutinho, C. C.
1930 Sugar cane dry yeast in feeding for growing and finishing goat kids. *Brazilian Journal of Animal*
1931 *Science*, 40:168-173, 2011.
- 1932 Medina, F. T.; Candide, M. J. D.; Araújo, G. G. L.; Barroso, D. D.; Cruz, M. C. S. Maniçoba silage
1933 associated with different energy sources in goat feed: animal performance. *Acta Scientiarum. Animal*
1934 *Sciences*, 31:151-154, 2009.
- 1935 Oliveira, A. R. A.; Pereira, M. L. A.; Jesus Pereira, T. C.; Oliveira Silva, H. G.; Silva, E. R.; Carvalho,
1936 D. I.; Porto, M. R. Enriched Mesquite Piperidine Alkaloid Extract Improves the Performance in
1937 Growing Goats. *Fields of Interests*, 356:77, 2021.

1938 Pereira, T. C. J.; Ribeiro, L. S. O.; Pires, A. J. V.; Pereira, M. L. A.; Santos, A. B.; Silva, H. D. O.;
1939 Carvalho, G. G. P. Growth performance and apparent digestibility by goats fed diets with peach palm
1940 meal replacing maize. *Applied Animal Science*, 35:563-569, 2019.

1941 Pimentel, P. R. S.; Pellegrini, C. B.; Lanna, D. P. D.; Brant, L. M. S.; Ribeiro, C. V. D. M.; Silva, T.
1942 M.; Oliveira, R. L. Effects of *Acacia mearnsii* extract as a condensed-tannin source on animal
1943 performance, carcass yield and meat quality in goats. *Animal Feed Science and Technology*,
1944 271:114733, 2021.

1945 Ribeiro, R. D. X.; Oliveira, R. L.; Oliveira, R. L.; Carvalho, G. G. P.; Medeiros, A. N.; Correia, B. R.;
1946 Bezerra, L. R. Palm kernel cake from the biodiesel industry in diets for goat kids. Part 1: Nutrient
1947 intake and utilization, growth performance and carcass traits. *Small Ruminant Research*, 165:17-23,
1948 2018.

1949 Santos, A. R.; Souza, J. N.; Relative, H. N.; Oliveira, G. S.; Rocha, K. S.; Zanine, A. M.; Parente, M.
1950 O. Characteristics of nutrition, growth, carcass and meat of male Goats fed babassu mesocarp flour.
1951 *Agriculture*, 10:288, 2020. 31.

1952 Santos, D. A. D.; Relative, H. N.; Parent, M. D. O. M.; Rocha, K. S. D.; Ferreira, E. M.; Alves, A. A.
1953 Productive performance of kids fed crude glycerin. *Rural Science*, 45:690-696, 2015.

1954 Silva, T. M.; Medeiros, A. N. D.; Oliveira, R. L.; Neto, S. G.; Ribeiro, M. D.; Bagaldo, A. R.; Ribeiro,
1955 O. L. Peanut cake as a substitute for soybean meal in the diet of goats. *Journal of animal science*,
1956 93:2998-3005, 2015.

1957

1958 **APPENDIX 2** – References of the database used in the validation for sheep

1959 Alves, E. M.; Santos Pedreira, M. D.; Aguiar, L. V.; Coelho, C. P.; Oliveira, C. A. S.; Silva, A. M. P.
1960 Sorghum silage with and without tannin as a substitute for corn silage in sheep feed: performance and
1961 carcass characteristics. *Brazilian Animal Science*, 13:2, 2012.

1962 Bagaldo, A. R.; Miranda, G. S.; Junior, M. S.; Araújo, F. L.; Matoso, R. V. M.; Chizzotti, M. L.;
1963 Oliveira, R. L. Effect of Licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior,
1964 carcass traits and meat quality of grazing lambs. *Small Ruminant Research*, 177:18-24, 2019.

1965 Barros, M. C. C.; Marques, J. A.; Silva, F. F.; Silva, R. R.; Guimarães, G. S.; Silva, L. L.; Araújo, F. L.
1966 Crude glycerin in the diet of feedlot sheep: intake, digestibility, performance, carcass morphometric
1967 measurements and meat characteristics. *Semina: Agricultural Sciences*, 36:453-466, 2015.

1968 Beltrão, E. S.; Silva, A. M. Z.; Son, J. M. P.; Moura, J. F. P.; Oliveira, J. P. F.; Oliveira, R. L.; Dias-
1969 Silva, T. P.; Bezerra, L. R. Effect of different blend levels of spineless cactus and Mombasa hay as
1970 roughage on intake, digestibility, ingestive behavior, and performance of lambs. *Tropical Animal*
1971 *Health and Production*, 53:1-7, 2021.

1972 Bernardes, G. M. C.; Carvalho, S.; Pires, C. C.; Motta, J. H.; Teixeira, W. S.; Borges, L. I.; Fleig, M.;
1973 Pilecco, V. M.; Flour, E. T.; Venturini, R. S. Consumption, performance and economic analysis of

1974 feedlot finished lamb feeding using high grain diets. *Brazilian Archive of Veterinary Medicine and*
1975 *Animal Science*, 67:1684-1692, 2015.

1976 Brant, L. M.; Freitas Júnior, J. E.; Pereira, F. M.; Pina, D. D. S.; Santos, S. A.; Leite, L. C.; Cirne, L.
1977 G. A.; Alba, H. D. R.; Araujo, M. L. G. M. L.; Pimentel, P. R. S.; Carvalho, G. G. Effects of alternative
1978 energy and protein sources on performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot lambs.
1979 *Livestock Science*, 251:104611, 2021.

1980 Campos, F. S.; Carvalho, G. G. P.; Santos, E. M.; Araújo, G. G. L.; Gois, G. C.; Rebouças, R. A.;
1981 Perazzo, A. F. Characteristics of carcass and non-carcass components of lambs fed diets containing
1982 silages of forages adapted to the semi-arid environment. *South African Journal of Animal Science*,
1983 49:119-130, 2019.

1984 Cartaxo, F. Q.; Sousa, W. H.; Cezar, M. F.; Cunha, M. D. G. G.; Menezes, L. M.; Ramos, J. D. F.;
1985 Gomes, J. T.; Viana, J. A. Performance and carcass traits of Santa Inês pure lambs and crosses with
1986 Dorper finished in feedlot. *Brazilian Journal of Animal Health and Production*, 18:388-401, 2017.

1987 Castro, J. M. D. C.; Silva, D. S.; Medeiros, A. N.; Filho, E. C. P. Performance of Santa Inês lambs fed
1988 complete diets containing maniçoba hay. *Brazilian Journal of Animal Science*, 36:674-680, 2007.

1989 Costa, E. D. S.; Ribeiro, C. V. D. M.; Silva, T. M.; Ribeiro, R. D. X.; Vieira, J. F.; Lima, A. D. O.;
1990 Oliveira, R. L. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, serum metabolites and growth
1991 performance of lambs supplemented with *Acacia mearnsii* condensed tannin extract. *Animal Feed*
1992 *Science and Technology*, 272:114744, 2021. 33.

1993 Costa, R. G.; Treviño, I. H.; Medeiros, G. R.; Medeiros, A. N.; Pinto, T. F.; Oliveira, R. L. Effects of
1994 replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs.
1995 *Small Ruminant Research*, 102:13-17, 2012.

1996 Cunha, M. D. G. G.; Carvalho, F. F. R. D.; Vêras, A. S. C.; Batista, Â. M. V. Performance and apparent
1997 digestibility in feedlot sheep fed diets containing increasing levels of whole cottonseed. *Brazilian*
1998 *Journal of Animal Science*, 37:1103-1111, 2008.

1999 Felix, S. C. R.; Pessoa, R. A. S.; Ferreira, M. A.; Soares, L. F. P.; Silva, J. L.; Abreu, K. S. F.; Melo, A.
2000 C. C. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat
2001 bran. *Tropical Animal Health and Production*, 48:465-468, 2016.

2002 Giotto, F. M.; Grandis, F. A.; Mello, A. S.; Ribeiro, E. L. A. Discarded pecan seeds as an alternative
2003 feed stuff in lamb diets: Effects on intake, growth performance, carcass weights, and meat quality.
2004 *Small Ruminant Research*, 213:106729, 2022.

2005 Lima, A. G. V. O.; Silva, T. M.; Bezerra, L. R.; Pereira, E. S.; Barbosa, A. M.; Ribeiro, R. D. X.;
2006 Oliveira, R. L. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance and carcass traits of Santa Ines lamb
2007 fed with sunflower cake from biodiesel production. *Small Ruminant Research*, 168:19-24, 2018.

2008 Mendes, C. Q.; Susin, I.; Pires, A. V.; Nussio, L. G.; Araujo, R. C. D.; Ribeiro, M. F. Performance,
2009 carcass parameters and ingestive behavior of lambs fed with ensiled or fresh sugarcane. *Brazilian*
2010 *Archive of Veterinary Medicine and Animal Science*, 60:733-740, 2008.

2011 Morais, J. S.; Barreto, L. M. G.; Neves, M. L. M. W.; Monnerat, J. P. I. S.; Ferreira, M. A.; Lamb, E.
 2012 H. A.; Vêras, A. S. C. Effect of dietary replacing of corn grain with the blend of residues from the
 2013 candy industry and corn gluten feed on performance of growing lambs. *Animal Feed Science and*
 2014 *Technology*, 282:115130, 2021.
 2015 Oliveira, J. Q. D.; Loures, D. R. S.; Bagaldo, A. R.; Araujo, F. L. D.; Sousa, S. L. G. D.; Andrade, M.
 2016 A. D.; Almeida, B. D. J. Productive performance and urea-N-concentrations in sheep fed cassava
 2017 shoots ensiled with alternative additives. *Brazilian Journal of Animal Health and Production*, 15:570-
 2018 583, 2014.
 2019 Oliveira, P. B.; Lima, P. M. T.; Campeche, A.; Mendonça, S.; Laviola, B. G., McManus, C.;
 2020 Louvandini, H. Growth and carcass characteristics of Santa Inês lambs fed diet supplemented with
 2021 physic nut meal free of phorbol ester. *Small Ruminant Research*, 114:20-25, 2013.
 2022 Paixão, T. R.; Almeida, V. V. S.; Oliveira, A. C.; Silva, A. P. G.; Silva, J. W. D.; Santos, L. V.; Junior,
 2023 D. M. L.; Silva, R. R. Intake, digestibility, ruminal parameters, and performance in lamb fed with
 2024 increasing levels of red propolis extract. *Tropical Animal Health and Production*, 54:364, 2022.
 2025 Pereira, M. S.; Ribeiro, E. L. A.; Mizubuti, I. Y.; Rocha, M. A.; Kuraoka, J. T.; Nakaghi, E. Y. O.
 2026 Nutrient intake and performance of feedlot lambs fed diets with pressed wet citrus pulp as a substitute
 2027 for corn silage. *Brazilian Journal of Animal Science*, 37:134-139, 2008. 34.
 2028 Polizel, D. M.; Sardinha, L. A.; Limede, A. C.; Miszura, A. A.; Barroso, J. P. R.; Sturion, T. U.; Soares,
 2029 L. C. B.; Marques, R. S.; Biava, J. S.; Junior, M. V. C. F.; Ferreira, E. M.; Pires, A. V. Effect of narasin
 2030 supplementation on performance of lambs fed high-forage diets. *Small Ruminant Research*,
 2031 205:106549, 2021.
 2032 Ramos, L. M. G.; Bezerra, L. R.; Oliveira, J. P. F.; Souza, M. P.; Silva, A. L.; Pereira, E. S.; Mazzeto,
 2033 S. E.; Son, J. M. P.; Oliveira, R. L. Effects of feeding growing-finishing lambs with cashew nut shell
 2034 liquid on the growth performance, physicochemical attributes, lipid peroxidation and sensorial
 2035 parameters of burger. *Small Ruminant Research*, 202:106468, 2021.
 2036 Rego, F. C. A.; Lima, L. D.; Baise, J.; Gasparini, M. J.; Eleodoro, J. I.; Santos, M. D.; Zundt, M.
 2037 Performance, carcass and meat characteristics of lambs in feedlot fed diets with increasing levels of
 2038 fresh orange pulp replacing corn. *Brazilian Animal Science*, 20, 2019.
 2039 Ribeiro, P. H. C.; Júnior, V. L.; Urbano, S. A.; Menezes, M. L.; Neta, M. L. T.; Costa, M. G.; Aguiar,
 2040 E. M.; Inácio, J. G. Intake and performance of lambs fed in feedlot with different levels of neutral
 2041 detergent fiber. *Brazilian Journal of Development*, 6:16964-16975, 2020.
 2042 Santos, P. A. C.; Neto, O. J. A. G.; Son, M. A. M.; Gomes, R. M.S.; Parente, H. N. Economic analysis
 2043 of the inclusion of babassu starchy flour in the diet of feedlot lambs. *Brazilian Journal of Animal and*
 2044 *Environmental Research*, 3:1421-1426, 2020.
 2045 Silva, H. G. D. O.; Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P. D.; Veloso, C. M.; Silva, F. F. D. Ammoniated
 2046 elephant grass and cocoa meal or palm oil cake in diets for growing sheep. *Brazilian Journal of Animal*
 2047 *Science*, 37:734-742, 2008.

2048 Valença, R. L.; Sobrinho, A. G. S.; Borghi, T. H.; Meza, D. A. R.; Andrade, N.; Silva, L. G.; Bezerra,
 2049 L. R. Performance, carcass traits, physicochemical properties and fatty acids composition of lambs
 2050 meat fed diets with marine microalgae meal (*Schizochytrium* sp.). *Livestock Science*, 243:104387,
 2051 2021.

2052

2053 **APPENDIX 3** – References of the database used in the development of the equations for goats and
 2054 sheep

2055 Almeida, A. K.; Resende, K. T.; St-Pierre, N.; Silva, S. P.; Soares, D. C.; Fernandes, M. H. M. R.;
 2056 Souza, A. P.; Silva, N. C. D.; Lima, A. R. C.; Teixeira, I. A. M. A. Energy requirements for growth in
 2057 male and female Saanen goats. *Journal of Animal Science*, 93:3932-3940, 2015.

2058 Almeida, C. P. Protein concentration and feedlot period in lambs fed high grain diets. Dissertation
 2059 (MSc in Animal Science), State University of Santa Cruz, 42 p, 2016. Almeida, F. M. Rubber tree seed
 2060 in lamb feeding. Thesis (Doctorate in Animal Science), State University of Santa Cruz, 86 p, 2015.

2061 Andrade, I. R. A. Alternative sources of protein in the diet of feedlot sheep: Nutritive value and
 2062 bioeconomic performance. Dissertation (Master's Degree in Animal Science), Federal University of
 2063 Ceará, 90 p, 2011.

2064 Aragão, A. S. L.; Pereira, L. G. R.; Chizzotti, M. L.; Voltolini, T. V.; Azevedo, J. A. G.; Barbosa, L.
 2065 D.; Santos, R. D.; Araújo, G. G. L.; Brandão, L. G. N. Mango meal in the diet of feedlot lambs.
 2066 *Brazilian Archive of Veterinary Medicine and Animal Science*, 64:967-973, 2012.

2067 Araújo, G. G. L.; Bade, P. L.; Menezes, D. R.; Socorro, E. P.; Sá, J. L.; Oliveira, G. J. C. D. Substitution
 2068 of cassava scrapings for forage palm meal in the diet of sheep. *Brazilian Journal of Animal Health and*
 2069 *Production*, 10:448-459, 2009.

2070 Araújo, M. L. G. M. L.; Santos, E. M.; Carvalho, G. G. P.; Pina, D. S.; Oliveira, J. S.; Tosto, M. S. L.;
 2071 Silva, D. S.; Perazzo, A. F.; Pereira, D. M.; Nascimento, T. V. C.; Ferreira, D. J.; Cavalcanti, H. S.;
 2072 Santos, F. N. S.; Ribeiro, M. D.; Zanine, A. M. Ensiling Sorghum with Urea, Aerobic Exposure and
 2073 Effects on Intake, Digestibility, Ingestive Behaviour and Blood Parameters of Feedlot Lambs.
 2074 *Animals*, 13:2005. 2023.

2075 Assis, D. Y. C.; Carvalho, G. G. P.; Santos, E. M.; Oliveira, F. A.; Araújo, M. L. G. M. L.; Pina, D.;
 2076 Santos, S.; Rufino, L. M. A. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Italian*
 2077 *Journal of Animal Science*, 18:1, 124-133, 2019.

2078 Azevedo, J. A. G.; Souza, L. L.; Salt, M. P. F.; Nascimento, L. S.; Almeida, F. M.; Pereira, L. G. R.;
 2079 Almeida, V. V. S. Substitution of corn for jackfruit silage in diets for feedlot lambs. *Semina:*
 2080 *Agricultural Sciences*, 36:1599-1608, 2015.

2081 Bandeira, P. A. V.; Son, J. M. P.; Silva, A. M. A.; Cezar, M. F.; Bakke, O. A.; Silva, U. L.; Borburema,
 2082 J. B.; Bezerra, L. R. Performance and carcass characteristics of lambs fed diets with increasing levels

2083 of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) hay replacing Buffel grass hay. Tropical animal health and production,
2084 49:1001-1007, 2017. 36.

2085 Bastos, M. P. V.; Carvalho, G. G. P. D.; Pires, A. J. V.; Silva, R. R. D.; Carvalho, B. M. A. D.; Brandão,
2086 K. C.; Maranhão, C. M. D. A. Impact of total substitution of corn for soybean hulls in diets for lambs.
2087 Brazilian Journal of Animal Science, 44:83-91, 2015. Beserra, L. T. Castor bean shell in diets for beef
2088 sheep. Dissertation (Master's Degree in Animal Science), Federal University of Ceará, 81 p, 2010.

2089 Bezerra, H.; Santos, E.; Oliveira, J.; Carvalho, G.; Silva, F.; Cassuce, M.; Perazzo, A.; Zanini, A.;
2090 Pinho, R. Performance and ruminal parameters of boer crossbred goats fed diets that contain crude
2091 glycerin. Animals, 9:967, 2019.

2092 Brito Neto, A. S. Unpublished author data information.

2093 Cabral, I. S.; Azevedo, J. A. G.; Almeida, F. M.; Pereira, L. G. R.; Araújo, G. G. L.; Souza, L. L.;
2094 Oliveira, G. A.; Filho, C. A. A. O. Silage or fresh by-product of peach palm as roughage in the feeding
2095 of lambs. Tropical animal health and production, 47:525-531, 2015.

2096 Caldas, A. C.; Son, J. P.; Menezes, D.; Cavalcante, I.; Fernandes, J.; Oliveira, J.; Oliveira, R.; Moura,
2097 J. F.; Bezerra, L. Tannins from *Mimosa tenuiflora* in the diet improves nutrient utilisation, animal
2098 performance, carcass traits and commercial cuts of lambs. Animal Production Science, 61:1373-1384,
2099 2021.

2100 Campos, F. S.; Carvalho, G. G. P.; Santos, E. M.; Araújo, G. G. L.; Gois, G. C.; Rebouças, R. A.; Leo,
2101 A. G.; Santos, S. A.; Oliveira, J. S.; Leita, L. C.; Araújo, M. L. G. M. L.; Cirne, L. G. A.; Silva, R. R.;
2102 Carvalho, B. M. A. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions
2103 on lamb quality and sensory attributes. Meat science, 124:61-68, 2017.

2104 Costa, M. R. G. F.; Pereira, E. S.; Silva, A. M. A.; Paulino, P. V. R.; Mizubuti, I. Y.; Pimentel, P. G.;
2105 Pinto, P. G.; Junior, J. N. R. Body composition and net energy and protein requirements of Morada
2106 Nova lambs. Small Ruminant Research, 114:206-213, 2013.

2107 Diogênes, L. V.; Bezerra, L.; Son, J. P.; Silva, J. S.; Oliveira, J.; Moura, J.; Barbosa, A.; Souza, M.;
2108 Sousa, S.; Pereira, E.; Oliveira, R. Effects of the dietary inclusion of buriti oil on lamb performance,
2109 carcass traits, digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior and blood metabolites. Animals,
2110 10:1973, 2020.

2111 Fernandes, M. H. M. R.; Resende, K. T. D.; Tedeschi, L. O.; Fernandes Jr, J. S.; Silva, H. M.; Carstens,
2112 G. E.; Berchielli, T. T.; Teixeira, I. A. M. A.; Akinaga, L. Energy and protein requirements for
2113 maintenance and growth of Boer crossbred kids. Journal of animal science, 85:1014-1023, 2007.

2114 Ferreira, A. C. D.; Yáñez, E. A.; Medeiros, A. N.; Resende, K. T.; Son, J. M. P.; Fernandes, M. H. M.
2115 R.; Almeida, A. K.; Teixeira, I. A. M. A. Protein and energy requirements of castrated male Saanen
2116 goats. Small Ruminant Research, 123:88-94, 2015. 37.

2117 Ferreira, J. C. S. Carcass characteristics of Soinga sheep and crossbreds fed with the forage palm and
2118 ear of a Mexican elephant. Dissertation (Master's Degree in Animal Science), Federal Rural University
2119 of Pernambuco, 58 p, 2017.

2120 Figueiredo, F. O. M.; Leite, R. F.; St-Pierre, N. R.; Resende, K. T.; Almeida, A. K.; Souza, A. P.;
 2121 Teixeira, I. A. M. A. Energy and protein requirements of weaned male and female Saanen goats.
 2122 *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101:1014-1025, 2017.
 2123 Gomes, F. H. T.; Candide, M. J. D.; Carneiro, M. S. D. S.; Furtado, R. N.; Pereira, E. S. Intake,
 2124 behavior and performance in sheep fed diets containing castor bean cake¹. *Journal of Agronomic*
 2125 *Science*, 48:182-190, 2017.
 2126 Guimarães, G. S.; Azevedo, J. A. G.; Cairo, F. C.; Silva, C. S.; Souza, L. L.; Santos Nunes, F. S.;
 2127 Carvalho, G. G. P.; Araújo, G. G. L.; Silva, R. R. Proportions of concentrate and rehydrated ground
 2128 grain corn silage at different storage times for better use of starch by lambs. *Tropical Animal Health*
 2129 *and Production*, 54:297, 2022.
 2130 Herbster, C. J. L. Unpublished author data information.
 2131 Lima, V. H. C.; Urbano, S. A.; Ferreira, M. A.; Ribeiro, P. H. C.; Bezerra, J. G.; Chagas, J. C. C.;
 2132 Aguiar, E. M.; Rangel, A. H. N. Sugarcane bagasse or elephant grass hay in diets for goats:
 2133 Performance, feeding behavior and carcass characteristics. *Colombian Journal of Livestock Sciences*,
 2134 35:49-59, 2022.
 2135 Magellan, T. S. Whole or ground cottonseed and chitosan in diets for lambs. Dissertation (Master's
 2136 Degree in Animal Science), Federal University of Bahia, 114 p, 2018.
 2137 Nascimento, C. D. O.; Santos, S. A.; Pina, D. D. S.; Tosto, M. S. L.; Pinto, L. F. B.; Eiras, D. N.; Assis,
 2138 D. Y. C.; Perazzo, A. F.; Araújo, M. L. G. M. L.; Azevedo, J. A. G.; Mourão, G.B. Effect of roughage-
 2139 to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance
 2140 of feedlot lambs. *Small Ruminant Research*, 182:15-21, 2020.
 2141 Nicory, I. M. C.; Carvalho, G. G. P.; Ribeiro, O. L.; Santos, S. A.; Silva, F. F.; Silva, R. R.; Lopes, L.
 2142 S. C.; Souza, F. N. C.; Freitas Jr, J. E. Productive and metabolic parameters in lambs fed diets with
 2143 castor seed meal. *Livestock Science*, 181:171-178, 2015.
 2144 Nobre, I. S.; Araújo, G. G. L.; Santos, E. M.; Carvalho, G. G. P.; Souza, B. B.; Ribeiro, O. L.; Turkish,
 2145 S. H. N.; Cavalcante, A. B.; Albuquerque, I. R. R. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep
 2146 fed forage palm silage submitted to intermittent water supply. *Semina: Agricultural Sciences*, 39:1683–
 2147 1694, 2018.
 2148 Nogueira, A. S. Torta de Licuri in sheep feeding. Thesis (Doctorate in Animal Science), Federal
 2149 University of Viçosa, 89, 2013.
 2150 Oliveira, A. P.; Pereira, E. S.; Pinto, A. P.; Silva, A. D. A.; Carneiro, M. D. S.; Mizubuti, I. Y.; Ribeiro,
 2151 E. L. A.; Campos, A. C. N.; Gadelha, C. R. F. Estimates of nutritional requirements and use of Small
 2152 Ruminant Nutrition System model for hair sheep in semiarid conditions. *Semina: Agricultural*
 2153 *Sciences*, 35:1985-1997, 2014.
 2154 Oliveira, F. A.; Carvalho, G. G. P.; Assis, D. Y. C.; Oliveira, R. J. F.; Nascimento, C. O.; Tosto, M. S.
 2155 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. Lambs of three sexual classes fed individually or in groups. Thesis (Doctorate in Animal Science), State University of Southwest 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. Correlations between intake, digestibility and performance with the ingestive behavior of lambs fed diets containing ammoniated buffel grass hay. *Semina: Agricultural Sciences*, 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. Palm Oil cake in high grain diets for feedlot sheep. Thesis (Doctorate in Animal Science), State University of Southwest 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. 39.

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

2192 behavior, nitrogen balance, blood metabolites, and performance. *Tropical Animal Health and*
2193 *Production*, 53:1-11, 2021.

2194 Santos, A. B.; Pereira, M. L. A.; Silva, H. G. O.; Carvalho, G. G. P.; Pereira, T. C. J.; Ribeiro, L. S. O.;
2195 Silva, M. G. C. P. C.; Sousa, L. B.; Azevedo, J. A. G.; Sousa, L. B.; Alencar, D. O. Intake, digestibility
2196 and performance of lambs fed diets containing peach palm meal. *Tropical Animal Health and*
2197 *Production*, 48:509-515, 2016.

2198 Santos, A. C. P.; Santos, E. M.; Carvalho, G. G. P.; Pinto, L. F. B.; Pina, D. S.; Perazzo, A. F.; Oliveira,
2199 J. S.; Mourão, G. B.; Nascimento, T. V. C.; Cruz, G. F. L. Productive and metabolic parameters, carcass
2200 and meat characteristics of lambs fed sorghum silage treated with urea and *Lactobacillus buchneri*.
2201 *Livestock Science*, 251:104603, 2021.

2202 Santos, A. C. S.; Santos, S. A.; Carvalho, G. G. P.; Mariz, L. D. S.; Tosto, M.; Son, S. C. V.; Azevedo,
2203 J. A. G. A comparative study on the excretion of urinary metabolites in goats and sheep to evaluate
2204 spot sampling applied to protein nutrition trials. *Journal of Animal Science*, 96:3381-3397, 2018.

2205 Santos, I. A. Forage proportions in diets for feedlot lambs. Thesis (Doctorate in Animal Science), State
2206 University of Southwest Bahia, 42 p, 2021.

2207 Silva, A. M. A.; Santos, E. M.; Son, J. M. P.; Bakke, O. A.; Neto, S. G.; Costa, R. G. Body composition
2208 and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical
2209 semiarid region. *Brazilian Journal of Animal Science*, 39:210-216, 2010.

2210 Silva, J. F. S.; Souza, M. T. C.; Vieira, M. S. B.; Praxedes, R. F.; Almeida, V. V. S.; Oliveira, A. C.;
2211 Rangel, A. H. N.; Carvalho, F. F. R.; Lima Junior, D. M. The replacement of grass hay by cassava
2212 foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. *Tropical Animal Health and Production*,
2213 52:1623-1630, 2020a.

2214 Silva, J. K. B. D.; Araújo, G. G. L. D.; Santos, E. M.; Oliveira, J. S. D.; Campos, F. S.; Gois, G. C.;
2215 Silva, T. S.; Matthias, A. G. S.; Ribeiro, O. L.; Perazzo, A. F.; Zanini, A. M. Performance of lambs fed
2216 total feed silage based on cactus pear. *Mexican Journal of Livestock Sciences*, 13:19-31, 2022.

2217 Silva, L. F. Replacement of concentrate by increasing levels of gliricidia silage in lamb feed.
2218 Dissertation (Master's Degree in Animal Science), Federal University of Sergipe, 39 p, 2012.

2219 Silva, L. O.; Carvalho, G. G. P.; Tosto, M. S. L.; Lima, V. G. O.; Cirne, L. G. A.; Pina, D. S.; Santos,
2220 S. A.; Rodrigues, C. S.; Aures, M. C. C.; Azevedo, J. A. G. Digestibility, nitrogen metabolism, ingestive
2221 behavior and performance of feedlot goats fed high-concentrate diets with palm kernel cake. *Livestock*
2222 *Science*, 241:104226, 2020b.

2223 Silva, R. V. M. M.; de Carvalho, G. G. P.; Pires, A. J. V.; Pereira, M. L. A.; Pereira, L.; Campos, F. S.;
2224 Perazzo, A. F.; de Araújo, M. L. G. M. L.; Nascimento, C. O.; Santos, S. A.; Tosto, M. S. L.; Rufino,
2225 M. L. A.; de Carvalho, B. M. A. Cottonseed cake in substitution of soybean meal in diets for finishing
2226 lambs. *Small Ruminant Research*, 137:183-188, 2016.

2227 Silva, W. P.; Santos, S. A.; Cirne, L. G. A.; Pina, D. S.; Alba, H. D. R.; Rodrigues, T. C. G. C.; Araújo,
2228 M. L. G. M. L.; Lima, V. G. O.; Galvão, J. M.; Nascimento, C. O.; Rodrigues, C. S.; Carvalho, G. G.

2229 Carcass characteristics and meat quality of feedlot goat kids fed highconcentrate diets with licury cake.
2230 Livestock Science, 244:104391, 2021.

2231 Souza, L. L. Crude protein levels in diets for feedlot lambs. Thesis (Doctorate in Animal Science),
2232 State University of Southwest Bahia, 77 p, 2016.

2233 Souza, L. L.; Azevedo, J. A. G.; Araújo, G. G. L.; Cruz, C. L.; Cabral, I. S.; Almeida, F. M.; Oliveira,
2234 G. A.; Oliveira, B. S. Crude glycerin for Santa Inês and F1 Dorper× Santa Inês lambs. Small Ruminant
2235 Research, 129:1-5, 2015.

2236 Teixeira, I. A. M. A.; Fernandes, M. H. M. R.; Son, J. P.; Canesin, R. C.; Gomes, R. A.; Resende, K.
2237 T. Body composition, protein and energy efficiencies, and requirements for growth of F1 Boer× Saanen
2238 goat kids. Journal of Animal Science, 95:2121-2132, 2017.

2239

2240

2241

2242

2243

2244

2245

2246

2247

2248

2249

2250

2251

2252

2253

2254

2255

2256

2257

2258

2259

2260

2261

2262

2263

2264

2265

2266 **Table 1.** Equations reported in the literature for dry matter intake (DMI) in goats and sheep in feedlots.

N	Model	Equation ¹
<i>Sheep</i>		
1	Oliveira et al., 2020	DMI = 50.5773 + 1.4423 x BW + 28.4406 x ADG
2	Vieira et al., 2013	DMI = 156.17 + 28.29 x BW + 0.87 x ADG
3	Cabral et al., 2008	DMI = 0.311+ 0.0197 x BW + 0.682 x ADG
4	NRC, 2007	DMI = 0.04 x 40 x (BW /38) x (1.7- (BW /38)) x 1000
5	CPCNS-S, 2004	DMI = -0.124 + 0.0711 x BW ^{0.75} + 0.0015 x ADG
<i>Goats</i>		
6	Almeida et al., 2020	DMI = β x BW ^{0.6722} β non-castrated male and castrated male = (101.4); β female= (93.9)
7	INRA 2007	DMI = -0.308 + 0.0435 x BW + 0.0037 x ADG x 1000

2267 ¹BW, average body weight; BW^{0.75}, metabolic body weight; ADG, average daily gain.

2268

2269 **Table 2.** Descriptive statistics of the chemical composition and energy value of the diets used to
2270 develop and validate prediction equations for dry matter intake by goats and sheep in tropical
2271 conditions.

Composition g/kg DM	Goats				Sheep			
	Average	Median	Minimum	Maximum	Average	Median	Minimum	Maximum
<i>Development of the equations (goats n = 220 and sheep n = 882)</i>								
DM ¹	767.9	875.5	215.4	929.0	748.0	860.2	303.9	954.2
CP	157.8	150.3	136.8	203.0	147.1	148.3	61.3	229.2
EE	32.7	28.2	13.3	80.1	34.9	30.3	9.8	111.0
NDF	386.7	396.4	269.2	533.7	432.1	437.6	161.0	645.8
TDN	641.1	639.1	574.3	722.6	682.7	702.0	479.2	806.0
<i>Validation of the equations (goats n = 40 and sheep n = 117)</i>								
DM ¹	838.5	881.9	540.1	925.8	701.1	676.6	308.5	905.4
CP	157.2	153.0	127.0	192.3	174.5	166.3	89.1	222.7
EE	32.9	33.0	21.37	47.3	32.1	27.8	15.5	63.2
NDF	430.9	439.5	279.3	545.9	366.8	368.5	154.9	598.4
TDN	706.5	706.5	639.3	879.7	704.2	707.5	591.5	808.0

2272 ¹g/kg fresh weight; DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; NDF, neutral detergent fiber;
2273 TDN, total digestible nutrient.

2274

2275

2276

2277

2278

2279

2280

Table 3. Descriptive statistics of the DMI, BW, and ADG used to develop and validate prediction equations for dry matter intake by goats and sheep in tropical conditions.

Composition g/kg DM	Goats				Sheep			
	Average	Median	Minimum	Maximum	Average	Median	Minimum	Maximum
<i>Development of the equations (goats n = 220 and sheep n = 882)</i>								
DMI								
g/day	793.3	796.7	429.3	1,174.0	1,008.1	1,017.1	581.9	1,488.3
g/kg BW	32.5	32.0	20.7	45.5	38.4	38.0	29.3	50.5
BW (kg)	23.5	23.3	14.4	36.5	26.3	26.2	16.1	39.5
ADG (g/day)	139.2	133.8	32.9	246.7	184.3	180.0	78.8	315.6
<i>Validation of the equations (goats n = 40 and sheep n = 117)</i>								
DMI								
g/day	758.7	754.7	587.6	947.0	1,047.4	1,037.0	580.0	1,587.2
g/kg BW	33.2	32.9	29.0	37.7	39.1	38.8	22.2	56.0
BW (kg)	22.9	23.0	17.4	30.2	27.0	16.2	19.1	40.5
ADG (g/day)	128.2	123.0	47.6	230.0	179.7	180.0	43.3	306.0

n. experimental units; DM, dry matter; DMI, dry matter intake; BW, body weight; ADG, average daily gain.

Table 4. Variance inflation factors between variables in prediction equations for goats and sheep.

Goats and Sheep	
Equation ¹	Variables ^{2,3} and Variances Inflation Factors
Eq.1.0	Se: 1.035; Species: 1.101; mBW: 1.066
Eq.2.0	Se: 1.035; Species: 1.102; BW067: 1.067
Eq.3.0	Se: 1.034; Species: 1.133; BW075: 1.097
Eq.4.0	Species: 1.426; mBW:1.112; ADG:1.345
Eq.5.0	Species: 1.426; BW067: 1.111; ADG:1.343
Eq.6.0	Species:1.295; BW075: 1.3478; ADG:1.583

¹ Models in the equations (see Table 5).

^{2,3}Dummy variables (Se, Species) and variables using the Variance Inflation Factor (VIF): mBW, average body weight; BW^{0.75}, BW^{0.67}, metabolic body weight; ADG, average daily gain; dummy variables Se, sex and Species, All variance inflation factors (VIF) remained below the 5 threshold, indicating that there are no significant multicollinearity problems in the models.

2297 **Table 5.** Equations developed for estimating dry matter intake (DMI) in goats and sheep in tropical conditions.

	Equation	r ²	AICc
<i>Goats</i>			
Eq.1.0	DMI (g/day) = β (0.0152) + 30.9309 (<.0001) x BW β_0 = 78.12, non-castrated male; β_1 =57.2919, castrated male; β_2 =36.4638, females	0.4491	14,185.0
Eq.2.0	DMI (g/day) = β (0.0164) + 135.67 (<.0001) x BW ^{0.67} β_0 = -316.76 non-castrated male; β_1 =-337.2349, castrated male; β_2 =-357.7098, females	0.0005	14,172.2
Eq.3.0	DMI (g/day) = β (0.0237) + 93.2541 (<.0001) x BW ^{0.75} (<.0001) β_0 = -187.8857, non-castrated male; β_1 =-204.3166, castrated male; β_2 =-223.7475, females	0.4535	14,197.8
Eq.4.0	DMI (g/day) = 5.0795 (<.0001) + 25.7177 (<.0001) x BW + 1.3998 (<.0001) x ADG	0.6042	13,739.5
Eq.5.0	DMI (g/day) = -320.8045 (<.0001) + 112.76 (<.0001) x BW ^{0.67} + 1.3848 (<.0001) x ADG	0.6060	13,736.0
Eq.6.0	DMI (g/day) = -210.9156 (<.0001) + 77.3709 (<.0001) x BW ^{0.75} + 1.3985 (<.0001) x ADG	0.6062	13,760.2
<i>Sheep</i>			
Eq.7.0	DMI (g/day) = β (0.0152) + 30.9309 (<.0001) x BW β_0 = 188.9700, non-castrated male; β_1 =168.1419, castrated male; β_2 =147.3138, females	0.6631	14,185.0
Eq.8.0	DMI (g/day) = β (0.0164) + 135.67 (<.0001) x BW ^{0.67} β_0 = -206.34, non-castrated male; β_1 =-226.814, castrated male; β_2 =-247.2898, females	0.0487	14,172.2
Eq.9.0	DMI (g/day) = β (0.0237) + 93.2541 (<.0001) x BW ^{0.75} β_0 = -76.6457, non-castrated male; β_1 = -96.0766, castrated male; β_2 =-115.5075, females	0.6683	14,197.8
Eq.10.0	DMI (g/day) = 72.8235 (<.0001) + 25.7177 (<.0001) x BW + 1.3998 (<.0001) x ADG	0.8114	13,739.5
Eq.11.0	DMI (g/day) = -252.78 (<.0001) + 112.76 (<.0001) x BW ^{0.67} + 1.3848 (<.0001) x ADG	0.8137	13,736.0
Eq.12.0	DMI (g/day) = -145.68 (<.0001) + 77.3709 (<.0001) x BW ^{0.75} + 1.3985 (<.0001) x ADG	0.8131	13,760.2

2298 β , intercept for the sexual class. β_0 =uncastrated male; β_1 =castrated male; β_2 =female; DMI, dry matter intake; ADG, average daily gain; BW^{0.75}, BW^{0.67}, metabolic body weight;

2299 r², determination coefficient and AICc, corrected Akaike information criterion.

2300

2301

Table 6. Validation statistics of the equations proposed for prediction of DMI of goats in tropical conditions.

Item ¹	Observed	Equations ²					
		1	2	3	4	5	6
Average DMI	758.672	778.235	777.541	781.417	775.316	774.755	778.161
± SD, g/day	107.871	109.001	114.146	113.253	137.394	140.801	140.030
Median, g	754.750	787.211	789.585	792.126	777.333	778.854	781.806
Intercept	-	44.734	77.861	69.129	244.861	255.015	251.229
± SD	-	47.309	45.315	45.911	53.753	51.764	52.581
(p-value)	-	0.350	0.094	0.140	<.001	<.001	<.001
Inclination	-	0.917	0.876	0.882	0.663	0.650	0.652
± SD	-	0.060	0.058	0.058	0.068	0.066	0.067
(p-value)	-	0.178	0.037	0.050	<.001	<.001	<.001
r ²	-	0.859	0.858	0.858	0.712	0.720	0.717
AICc	-	415.196	415.439	415.479	443.785	442.724	443.211
MB	-	-19.563	-18.869	-22.745	-16.645	-16.083	-19.489
CCC	-	0.912	0.912	0.906	0.813	0.813	0.809
Cb	-	0.984	0.984	0.978	0.963	0.958	0.955
MSEP	-	2,057.964	2,158.526	2,297.685	5,632.833	5,801.880	5,909.194
RMSEP	-	45.365	46.460	47.934	75.052	76.170	76.871

¹DMI, dry matter intake; SD, standard deviation; r², regression coefficient; AICc, corrected Akaike's Information Criterion; MB, mean bias; CCC, correlation coefficient of agreement; Cb, bias correction; MSEP, mean square of error prediction; RMSEP, root mean square of the prediction error.

² Proposed equations 1 to 6 (see Table 5).

Table 7. Validation statistics of dry matter intake of the proposed equation and equations reported in the literature for goats in tropical conditions.

Item ¹	Observed	Equations ²		
		Proposed equation	Almeida et al, 2019	INRA, 2007
Average DMI	758.672	778.235	820.447	475.054
± SD, g/day	107.871	109.001	78.803	162.093
median, g	754.750	787.211	832.602	455.955
Intercept	-	44.734	-273.233	627.372
± SD	-	47.309	72.230	49.230
(p-value)	-	0.350	0.001	<.001
Slope	-	0.917	1.258	0.276
± SD	-	0.060	0.088	0.098
(p-value)	-	0.178	0.006	<.001
r ²	-	0.859	0.844	0.172
AICc	-	415.196	419.271	486.071
MB	-	-19.563	-61.775	283.618
CCC	-	0.912	0.721	0.123
Cb	-	0.984	0.785	0.295
MSEP	-	2,057.964	5,985.659	103,241.207
RMSEP	-	45.365	77.367	321.312

¹DMI, dry matter intake; SD, standard deviation; r², regression coefficient; AICc, corrected Akaike's Information Criterion; MB, mean bias; CCC, correlation coefficient of agreement; Cb, bias correction; MSEP, mean square of error prediction; RMSEP, root mean square of the prediction error.

² Present in the Table 1 and 5.

Table 8. Validation statistics of the proposed equations for prediction of DMI for sheep in tropical conditions.

Item ¹	Observed	Equations ²					
		7	8	9	10	11	12
Average DMI	1,047.36	1,017.801	1,019.594	1,020.195	1,017.308	1,018.722	1,019.193
± SD, g/day	229.87	118.018	114.430	115.208	150.576	147.260	148.336
median, g	1,037.00	995.863	1,002.776	1,002.507	989.297	992.125	992.557
Intercept	-	120.940	86.913	95.873	-31.549	-62.024	-54.866
± SD	-	164.522	169.740	168.862	105.294	107.337	106.587
(p-value)	-	0.464	0.610	0.571	0.765	0.565	0.608
Slope	-	0.910	0.942	0.933	1.061	1.089	1.081
± SD	-	0.161	0.165	0.164	0.102	0.104	0.104
(p-value)	-	0.577	0.727	0.683	0.555	0.395	0.433
r ²	-	0.218	0.220	0.218	0.483	0.487	0.487
AICc	-	1,580.792	1,580.566	1,580.775	1,532.519	1,531.595	1,531.518
MB	-	29.556	27.763	27.162	30.049	28.635	28.164
CCC	-	0.375	0.370	0.370	0.629	0.627	0.629
Cb	-	0.802	0.789	0.792	0.906	0.899	0.902
MSEP	-	41,933.184	41,683.783	41,740.060	28,090.465	27,882.246	27,812.213
RMSEP	-	204.776	204.166	204.304	167.602	166.980	166.770

DMI, dry matter intake; SD, standard deviation; r², regression coefficient; AICc, corrected Akaike's Information Criterion; MB, mean bias; CCC, correlation coefficient of agreement; Cb, bias correction; MSEP, mean square of error prediction; RMSEP, root mean square of the prediction error.

² Proposed equations 7 to 12 (see Table 5).

Table 9. Validation statistics of dry matter intake of the proposed equation and equations reported in the literature for sheep in tropical conditions.

Item ¹	Observed	Equations ²					
		Proposed equation	Oliveira et al., 2020	Vieira et al., 2013	Cabral et al., 2008	CPCNS-S, 2004	NRC, 2007
Average DMI	1,047.36	1,019.193	1,076.068	1,074.779	964.367	715.829	1,107.778
± SD, g/day	229.87	148.336	161.100	134.186	96.643	89.054	38.682
median, g	1,037.00	992.557	1,042.942	1,049.844	946.980	699.296	1,112.856
Intercept		-54.866	-11.380	-131.844	-451.701	231.780	-870.415
± SD		106.587	104.843	132.871	162.705	155.791	587.609
(p-value)		0.608	0.914	0.323	0.006	0.140	0.141
Slope		1.081	0.984	1.097	1.554	1.394	1.731
± SD		0.104	0.09	0.123	0.168	0.216	0.530
(p-value)		0.433	0.867	0.430	0.001	0.520	0.170
r ²		0.487	0.475	0.410	0.427	0.195	0.085
AICc		1,531.518	1,533.915	1,547.636	1,544.234	1,584.265	1,599.243
MB		28.164	-28.711	-27.422	82.990	331.528	-60.421
CCC		0.629	0.641	0.552	0.420	0.106	0.089
Cb		0.902	0.930	0.862	0.643	0.240	0.307
MSEP		27,812.213	28,310.905	31,820.024	39,748.116	152,245.836	52,386.881
RMSEP		166.770	168.258	178.381	199.369	390.187	288.882

DMI, dry matter intake; SD, standard deviation; r², regression coefficient; AICc, corrected Akaike's Information Criterion; MB, mean bias; CCC, correlation coefficient of agreement; Cb, bias correction; MSEP, mean square of error prediction; RMSEP, root mean square of the prediction error.

²Present in Table 1 and 5.

Tabela 10. Chemical composition of the diets used to validate prediction equations for dry matter intake by sheep in feedlot conditions.

Ingredients	NM%	CP%	NDF%	NFC%	EE%	TDN%
Corn germ	89,91	11,02	32,48	33,76	22,92	86,44
Ground corn	79,93	10,04	16,95	74,92	6,55	83,18
Sorghum Silage	31,29	6,99	57,44	20,34	1,71	-
DDG'S 28 (Aprox) %DM	86,00	28,00	51,00	-	6,00	82,00
DDG'S 28*	88.79	32.28	66.27	9.04	5.54	-
Calcitic limestone	99.91	0.11	-	-	-	-
Ureia for livestock ¹	-	287	-	-	-	-
Ammonium sulphate	-	-	-	-	-	-
Tannin BX Silvafeed**	-	-	-	-	-	-
Creep flavoring DSM**	-	-	-	-	-	-

¹ Source of non-protein nitrogen (NNP); NM= Natural matter; CP= Crude protein bruta; NDF= Neutral detergent fiber; NFC= Non-fibrous Carbohydrates; EE= Ether extract; TDN= Total digestible nutrients.

*Diet composition adjusted using CQBAL 4.0 software.

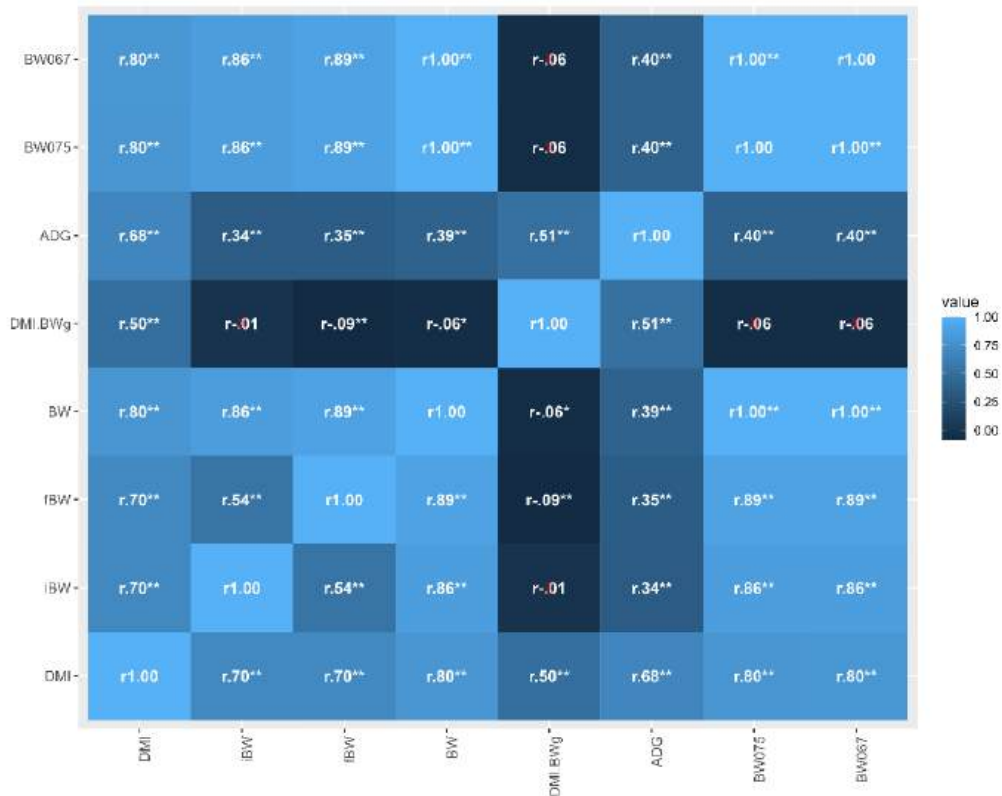
** Commercial product with proprietary formulation.

Tabela 11. Validation statistics of dry matter intake of the proposed equation and equation reported in the Oliveira et al. (2020) for sheep in feed lot commercial.

Item ¹	Observed	Predict	
	Com ¹	Pereira et a. (ND)	Oliveira et al. (2020)
Average DMI	1,236	1,220	1,303
± SD, g/day	0,172	0,175	0,198
median, g	1,249	1,231	1,305
Intercept	-	0,101	0,175
± SD	-	0,059	0,062
(p-value)	-	0,096	0,007
Slope	-	0,929	0,814
± SD	-	0,048	0,047
(p-value)	-	0,151	0,000
r ²	-	0,896	0,873
CCC	-	0,943	0,868
QMEP	-	0,003	0,009
AICc	-	-126,710	-117,728
VM	-	0,015	-0,067
Cb	-	0,996	0,929
RQMEP	-	0,058	0,098
VU (S _x <>S _y)	-	<,001 (0,29%)	0,006 (6,64%)
ME	-	0,000 (6,90%)	0,005 (47,45%)
SB	-	<0,001(4,40%)	0,001 (13,87%)
ER	-	0,003 (88,70%)	0,004 (38,69%)

DMI, dry matter intake; SD, standard deviation; r², regression coefficient; AICc, corrected Akaike's Information Criterion; MB, mean bias; CCC, correlation coefficient of agreement; Cb, bias correction; MSE, mean square of error prediction; RMSEP, root mean square of the prediction error; VU, Unequal variances; ME, Mean bias decomposition; SB, Systematic bias; ER, Random errors.

Figure 1. Pearson's correlation of the variables used for the development of dry matter intake (DMI) prediction models by goats and sheep in tropical conditions.



¹DMI, dry matter intake; BWi, initial body weight; BWf, initial body weight; DMI_BW, dry matter intake in relation to body weight; ADG, average daily gain; BW^{0.75}, metabolic body weight 0.75, BW^{0.67}, metabolic body weight 0.67 of goats and sheep in tropical conditions.

Figure 2. Relationship between the dry matter intake (DMI) values observed and predicted by the new proposed equation (Eq1) and by different equations in the literature for goat in tropical conditions. Filled circular points (●) refer to the relationship between observed and predicted by the equations; unfilled circular points (○) refer to the residue of the subtraction of the predicted value minus the observed value; The dashed line refers to the values where $Y=x$.

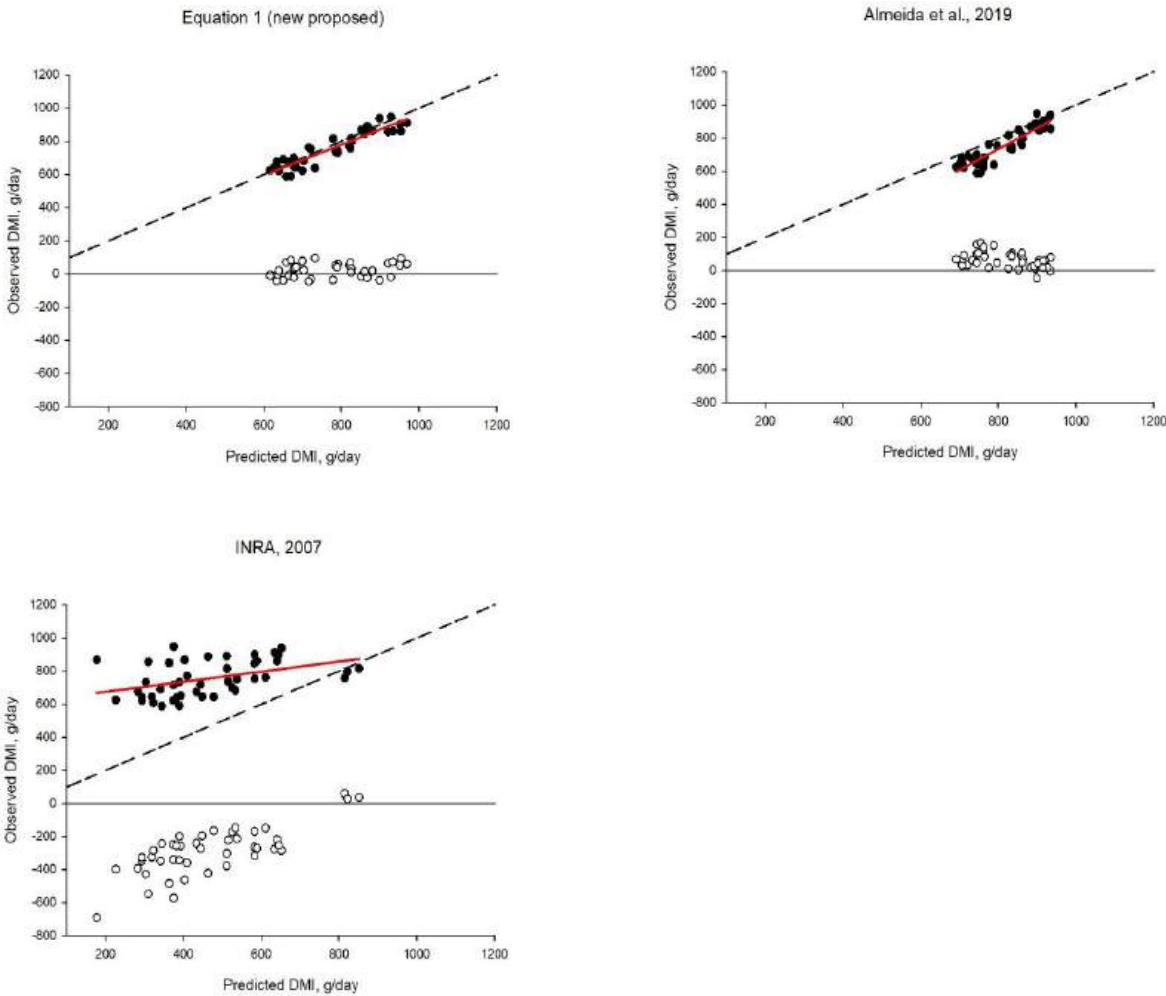


Figure 3. Relationship between the dry matter intake (DMI) values observed and predicted by the new proposed equation (Eq. 12) and by different equations in the literature for sheep in tropical conditions. Filled circular points (●) refers to the relationship between observed and predicted by the equations; unfilled circular points (○) refers to the residue of the subtraction of the predicted value minus the observed value; dashed line refers to the values where $Y=X$; Solid line in red refers to the line of regression between observed and predicted by the equations.

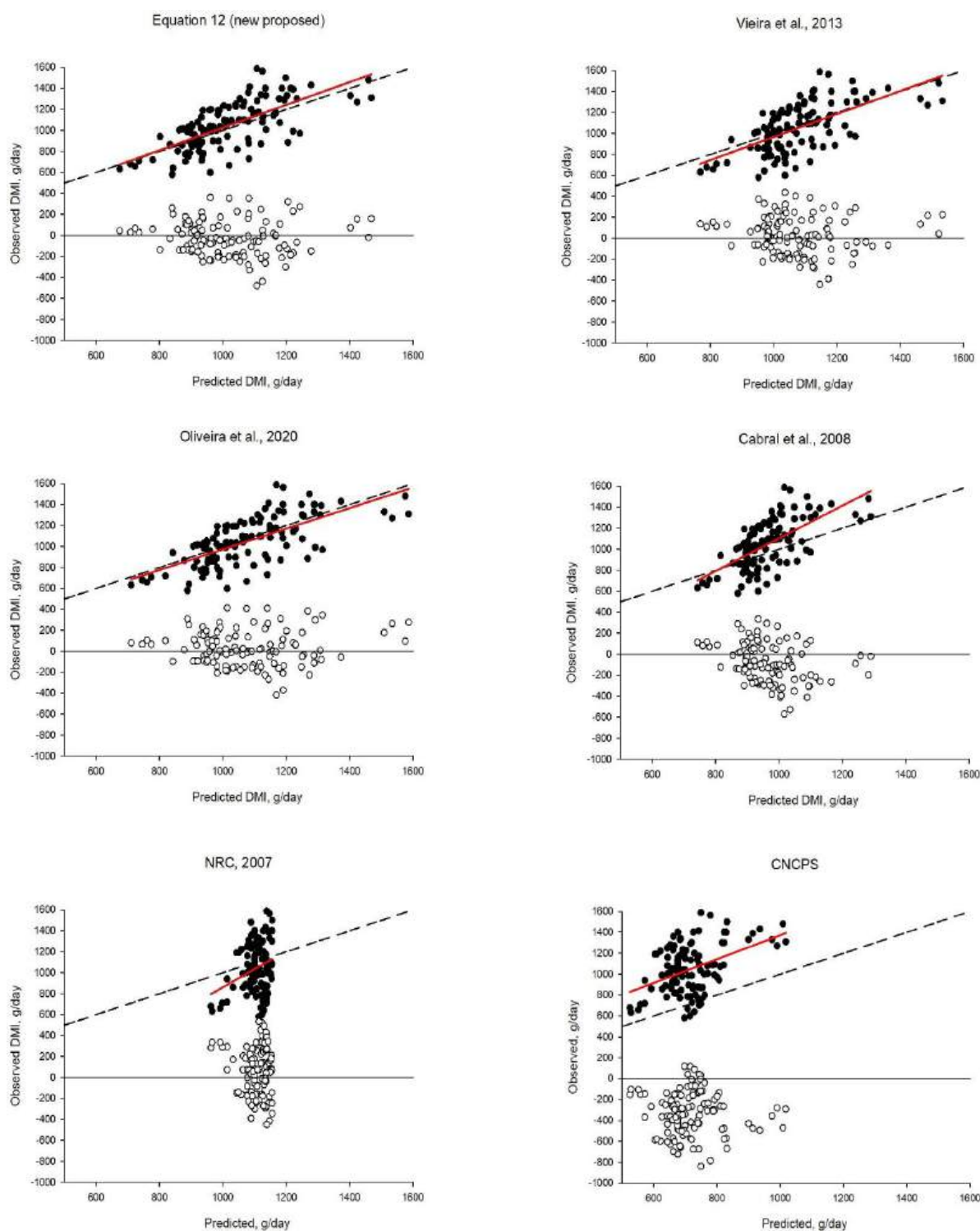
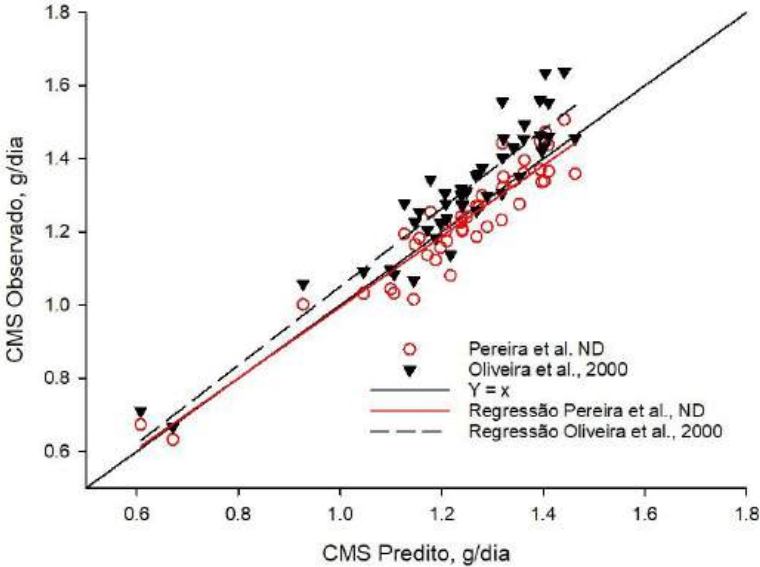


Figura 4. Comparison between the dry matter intake (DMI) values observed and predicted by the new proposed equation (Eq12) and equation Oliveira et al. (2020) for sheep in commercial feedlots. Filled circular dots (●) refer to the proposed equation and filled triangular dots (▲) refer to the relationship between observed and predicted by the NRC equation. (2007); The dashed line refers to the values where Y=x.



SUPPLEMENTARY MATERIAL

Table 1. Description of the database used in the development of the prediction equations of dry matter intake by goats and sheep in tropical conditions.

Author	Species	n ¹	Sex class
Cabral et al., 2015	Sheep	24	Not Castrated
Souza, et al., 2015	Sheep	35	Non- Castrated
			Non- Castrated
Oliveira, 2014	Sheep	27	Castrated
			Female
Guimarães et al., 2022	Sheep	37	Castrated
Ramos, 2020	Sheep	10	Non-castrated
Bastos et al., 2015	Sheep	1	Non-castrated
Campos et al., 2017	Sheep	22	Non-castrated
Araújo et al., 2009	Sheep	18	Non-castrated
Rodrigues et al., 2019	Sheep	15	Non-castrated
Pereira et al., 2022	Sheep	2	Non-castrated
Perazzo et al., 2016	Sheep	13	Non-castrated
Araújo, et al., 2023	Sheep	33	Non-castrated
Santos, et al., 2016	Sheep	15	Non-castrated
Ribeiro et al., 2018	Sheep	34	Non-castrated
Silva et al., 2016	Sheep	36	Non-castrated
Magalhães, 2018	Sheep	22	Non-castrated
Santos et al., 2021	Sheep	20	Non-castrated
Azevedo et al., 2015	Sheep	10	Castrated
Diogenes et al., 2020	Sheep	4	Non-castrated
Ribeiro et al., 2017	Sheep	13	Non-castrated
Silva, et al., 2020a	Sheep	14	Non-castrated
Bandeira et al., 2017	Sheep	8	Non-castrated
			Non-castrated
Gomes et al., 2017	Sheep	12	Female
Oliveira, et al., 2014	Sheep	8	Non-castrated
Regadas Filho et al., 2013	Sheep	8	Non-castrated
Costa et al., 2013	Sheep	16	Non-castrated
Pereira et al., 2014	Sheep	21	Non-castrated
Silva et al., 2010	Sheep	8	Castrated
Herbster (ND)	Sheep	5	Female
Brito Neto (ND)	Sheep	23	Female

¹ Experimental units used in the study;
ND – Authors' information not yet published.

Table 1.1. Continuation of the description of the database used in the development of the prediction equations of dry matter intake by goats and sheep in tropical conditions.

Author	Species	n ¹	Sex class
Silva et al., 2022	Sheep	29	Non-castrated
Aragão et al., 2012	Sheep	15	Castrated
Caldas et al., 2021	Sheep	5	Non-castrated
Almeida, 2015	Sheep	74	Castrated
Nascimento et al., 2020	Sheep	1	Non-castrated
Ferreira, 2017	Sheep	11	Non-castrated
Andrade, 2011	Sheep	13	Non-castrated
Beserra, 2010	Sheep	15	Non-castrated
Nogueira, 2013	Sheep	12	Non-castrated
Almeida, 2016	Sheep	37	Castrated
Silva, 2012	Sheep	2	Non-castrated
Nicory et al., 2015	Sheep	32	Non-castrated
Souza, 2016	Sheep	43	Non-castrated
Nobre et al., 2018	Sheep	21	Non-castrated
Araújo et al., 2014	Sheep	24	Non-castrated
Santos, 2021	Sheep	32	Castrated
Teixeira et al., 2017	Goat	3	Non-castrated
Ferreira et al., 2015	Goat	1	Castrated
Fernandes et al., 2007	Goat	4	Non-castrated
Almeida et al., 2015	Goat	1	Female Non-castrated
Figueiredo et al., 2017	Goat	14	Castrated Female
Palmieri et al., 2016	Goat	11	Castrated
Assis et al., 2019	Goat	30	Non-castrated
Bezerra et al., 2019	Goat	26	Castrated
Silva et al., 2020b	Goat	18	Females
Silva et al., 2021	Goat	35	Castrated
Rodrigues et al., 2021	Goat	24	Non-castrated
Santos, 2018	Goat	10	Non-castrated
Oliveira et al., 2019	Goat	25	Not neutered
Lima et al., 2022	Goat	18	Non-castrated Castrated

¹ Experimental units used in the study.

Table 2. Description of the database used in the validation of the prediction equations of dry matter intake (DMI) by goats and sheep in tropical conditions.

Study	Genotype	n1	DMI	R:C	Type of Bulky	Sex class
Cartaxo et al., 2013	Goat	1	815.00	35:65	Hay Maniçoba	Non-castrated
Dias et al., 2010	Goat	4	813.23	50:50	Hay Tifton 85	Non-castrated
Hashimoto et al., 2007	Goat	2	898.00	30:70	Hay Grass Star	Female
Medina et al., 2009	Goat	2	861.81	54:46	Silage Maniçoba	Non-castrated
Agy et al., 2012	Goat	4	676.50	50:50	Hay Tifton 85	Non-castrated
Ribeiro et al., 2018	Goat	4	640.50	40:60	Hay Tifton 85	Non-castrated
Santos et al., 2015	Goat	3	608.97	30:70	Hay Tifton 85	Castrated
Pimentel et al., 2021	Goat	4	883.25	40:60	Hay Tifton 85	Castrated
Santos et al., 2020	Goat	1	752.50	30:70	Hay Tifton 85	Castrated
Silva et al., 2015	Goat	4	682.91	50:50	Hay Tifton 85	Non-castrated
Oliveira et al., 2021	Goat	4	882.50	20:80	Hay Tifton 85	Female
Pereira et al., 2019	Goat	4	687.00	30:70	Hay Tifton 85	Non-castrated
Lima et al., 2011	Goat	3	789.67	30:70	Hay oats	Non-castrated
Mendes et al., 2008	Sheep	4	1,383.33	50:50	Sugar cane	Non-castrated
Castro et al., 2007	Sheep	4	1,202.50	60:40	Hay Tifton 85	Non-castrated
Silva et al., 2008	Sheep	6	927.83	60:40	Hay Tifton 85	Non-castrated
Alves et al., 2012	Sheep	2	1,115.00	60:40	Hay Tifton 85	Non-castrated
Pereira et al., 2008	Sheep	3	1,179.75	60:40	Hay Tifton 85	Non-castrated
Costa et al., 2012	Sheep	5	1,380.00	40:60	Hay Tifton 85	Non-castrated
Lima et al., 2018	Sheep	4	1,020.00	50:50	Hay Tifton 85	Non-castrated
Campos et al., 2019	Sheep	4	967.50	50:50	Silage*	Non-castrated
Costa et al., 2021	Sheep	5	955.20	40:60	Hay Tifton 85	Non-castrated
Oliveira et al., 2014	Sheep	4	1,466.72	60:40	Silage Cassava	Non-castrated
Santos et al., 2020	Sheep	3	1,076.00	30:70	Hay Tifton 85	Non-castrated
Cunha et al., 2008	Sheep	4	1,195.00	30:70	Hay Tifton 85	Non-castrated
Bagaldo et al., 2019	Sheep	4	1,092.00	60:40	Aruana Grass	Non-castrated
Ribeiro et al., 2020	Sheep	3	865.06	34:46	Hay Tifton 85	Non-castrated
Bernardes et al., 2015	Sheep	4	720.50	45:55	Alfalfa Hay	Castrated
Rego et al., 2019	Sheep	4	846.00	30:70	Hay Oats	Non-castrated
Cartaxo et al., 2017	Sheep	3	1,330.00	30:70	Silage Sorghum	Non-castrated
Brant et al., 2021	Sheep	4	980.28	60:40	Hay Tifton 85	Non-castrated
Barros et al., 2015	Sheep	5	757.60	52:48	Hay Tifton 85	Castrated
Morais et al., 2021	Sheep	4	1,153.68	50:50	Hay Tifton 85	Non-castrated
Ramos et al., 2021	Sheep	4	1,347.50	40:60	Hay Tifton 85	Castrated
Valença et al., 2021	Sheep	4	927.50	40:60	Silage Corn	Non-castrated
Polizel et al., 2021	Sheep	7	777.57	80:20	Hay Coast cross	Castrated
Oliveira et al., 2013	Sheep	4	1,020.10	40:60	Hay Tifton 85	Castrated
Beltrão et al., 2021	Sheep	4	1,083.25	30:70	Hay in Mombasa	Non-castrated
Felix et al., 2016	Sheep	4	961.75	38:62	Sugar cane	Non-castrated
Giotto et al., 2022	Sheep	6	1,297.00	40:60	Silage Sorghum	Non-castrated
Paixão et al., 2022	Sheep	5	679.10	60:40	Hay Tifton 85	Female Non-castrated

¹Experimental units; DMI, dry matter intake; V:C, roughage:concentrate ratio.

*Silage: Saltgrass, *Buffel grass*, gliricidia and pormunça.

Table 3. Simulation of dry matter consumption estimates for goats confined in a tropical environment, taking sexual class into account.

Body weight (Kg)	Dry Matter Intake (g Kg/day)		
	Proposed model (Eq.1)		
	Non-castrated	Castrated	Females
20	696,7	670,9	655,1
25	851,4	825,7	809,7
30	1.006,0	980,2	964,4
35	1.160,7	1.134,9	1.119,0
40	1.315,3	1.289,5	1.273,7

Table 4. Simulation of dry matter consumption estimates for sheep confined in a tropical environment, taking sexual class into account.

Body weight (Kg)	Dry Matter Intake (g Kg/ day)	
	Weight gain (g/day)	Proposed model
		(Eq. 12)
20	150	1.087,1
	200	1.157,1
	250	1.227,0
	300	1.296,9
25	150	1.220,4
	200	1.290,4
	250	1.360,3
	300	1.430,2
30	150	1.347,2
	200	1.417,1
	250	1.487,1
	300	1.557,0
35	150	1.468,8
	200	1.538,7
	250	1.680,6
	300	1.678,5
40	150	1.586,0
	200	1.656,0
	250	1.725,9
	300	1.795,8

236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269

**CAPÍTULO III - PREDIÇÃO DO CONSUMO DE FIBRA EM DETERGENTE
NEUTRO (CFDN) PARA CAPRINOS E OVINOS CONFINADOS EM
CONDIÇÕES TROPICAIS**

270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301

Artigo redigido para ser submetido a revista *Tropical Animal Health and Production*

302 **Predição do Consumo de Fibra em Detergente Neutro para Caprinos e Ovinos Confinados**
303 **em Ambiente Tropical**

304 ^aMaria Izabel Batista Pereira (izabelpereira.pd@gmail.com)

305 ^bJosé Augusto Gomes Azevêdo (augustog@uesc.br)

306 ^cGuilherme Lobato Menezesb (lobatomenezes@wisc.edu)

307 ^dGleudson Giordano Pinto de Carvalho (gleidsongiordano@ufba.br)

308 ^eElzânia Sales Pereira (elzania@hotmail.com)

309 ^fÍzabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira (izabelle@uidaho.edu)

310 ^dStefanie Alvarenga Santos (Stefanie.alvarenga@ufba.br)

311 ^gMara Lúcia Albuquerque Pereira (mlpereira@uesb.edu.br)

312 ^hLígia Lins Souza (ligia.souza@uesb.edu.br)

313 ^eMagno José Duarte Cândido (magno@ufc.br)

314 ⁱGherman Garcia Leal de Araújo (Gherman.araujo@embrapa.br)

315 ^jLeilson Rocha Bezerra (leilson@ufpi.edu.br)

316 ^jJosé Moraes Pereira Filho (jmpfpiaui@gmail.com)

317 ^kDorgival Moraes de Lima Júnior (juniorzootec@yahoo.com.br)

318 ^lStela Antas Urbano (stela_antas@yahoo.com.br)

319 ^mMarcelo de Andrade Ferreira (marcelo.aferreira@ufrpe.br)

320 ^aDepartamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros, 39448581,
321 Janaúba, MG, Brasil.

322 ^bDepartamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, 45662-
323 900, Ilhéus, BA, Brasil.n

324 ^cDepartamento de Ciência Aimal, Universidade De Wisconsin-Madson, 500 Lincoln Dr, 53706-
325 1380, Madison, Wisconsin, Estados Unidos.

326 ^dDepartamento de Medicina Veterinária e Ciência Animal, Universidade Federal da Bahia, 40170-
327 110, Salvador, BA, Brasil.

328 ^eDepartamento de Ciência Animal, Universidade Federal do Ceará, 60440-554, Fortaleza, CE,
329 Brasil.

330 ^fDepartamento de Ciências Animais, Veterinárias e Alimentares, Universidade de Idaho, 315 Falls
331 Avenue, Evergreen Bldg. Twin Falls Id 83301, Estados Unidos.

^gDepartamento de Estudos Básicos e Instrumentais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 45700-000, Salvador, BA, Brasil.

^hDepartamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 45083-900, Itapetinga, BA, Brasil.

ⁱEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico e Semi-Árido, 56302-970, Petrolina, PE, Brasil.

^jCentro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, 58708-110, Patos, PB, Brasil.

^kDepartamento de Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi Árido, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil.

^lDepartamento de Ciência Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 59280-000, Macaíba, RN, Brasil.

^mDepartamento de Ciência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 51171-900, Recife, PE, Brasil.

Autor Correspondente: augustog@uesc.br

Highlights

I. Foram considerados as variáveis fibra em detergente neutro (FDN) e ao quadrado (FDN²), Consumo DE matéria seca (CMS), peso corporal médio (PC) e metabólico (PC^{0,75}) na predição do consumo.

II. A equação proposta para estimar o consumo FDN(%PC) apresentou interceptos diferentes para caprinos e ovinos.

III. A equação mais apropriada para prever o consumo FDN(%PC) em confinamento leva em consideração FDN(%) + PC para caprinos e para ovinos, FDN(%MS) + CMS para ovinos.

IV. A equação proposta apresentou coeficiente de concordância (CCC) de 0,0,88 e 0,79, raiz do erro médio de predição (QMEP) de 1,58 e 1,65 e (%) RQMEP de 1,26 e 1,286, com acurácia do modelo (AM) de 0,94 e 0,99 para caprinos e ovinos respectivamente.

Resumo

Objetivo do estudo: Objetivou-se desenvolver e validar modelos de predição do consumo de fibra em detergente neutro FDN(%PC) em caprinos e ovinos em sistema de confinamento e compará-los com modelos reportados na literatura. Realizou-se meta-análise para avaliar os efeitos do consumo de FDN(%PC) entre caprinos e ovinos. Após filtragem e homogeneização dos dados, selecionou-se 607 registros individuais, 147 para caprinos e 460 para ovinos, com diferentes classes sexuais. Foram gerados 5 modelos de consumo FDN(%PC). As equações desenvolvidas, bem como das equações reportadas pela literatura foram validadas utilizando um banco de dados teste contendo 48 estudos (18 para caprinos e 30 para ovinos). Não houve ($P \leq 0,05$) influência do sexo no consumo FDN(%PC), no entanto foi observado diferença entre os genótipos (caprino e ovino), influenciando assim os interceptos para cada espécie. A equação mais

precisa para caprinos foi: $CFDN(\%) = 5,0867 + 0,02760 \times FDN(\%MS) - 0,1007 \times PC$, apresentando maior coeficiente de concordância ($CCC = 0,88$), menor raiz do erro médio quadrático de predição ($RQMEP = 1,26$), melhor acurácia do modelo ($AM = 0,94$) e menor viés médio ($EM = -0,85$). Para ovinos, a equação $CFDN(\%) = -1,5759 + 0,03237 \times FDN(\%MS) + 0,003580 \times CMS$, apresentou maior r^2 ($0,634$), melhor coeficiente de concordância ($CCC = 0,79$), menor $RQMEP$ ($1,29$) e menor viés médio do modelo ($VM = -0,047$). A equação reportada por Almeida et al., (2019) para caprinos e Oliveira et al., (2020) para ovinos, não tiveram os valores para o intercepto ($\beta_0 = 0$) e inclinação da reta de regressão ($\beta_1 = 1$) significativos ($P \geq 0,05$) para o conjunto de dados avaliados. Nesse sentido, as equações: $CFDN(\%PC) = 5,0867 + 0,02760 \times FDN(\%MS) - 0,1007 \times PC$ para caprinos e $CFDN(\%PC) = -1,5759 + 0,03237 \times FDN(\%MS) + 0,003580 \times CMS$ para ovinos, são recomendadas e podem auxiliar a tomar decisões para melhorar o desempenho, otimizando o consumo e contribuindo para melhorar a eficiência e desempenho desses animais em sistemas de confinamento.

Palavras-chave: Consumo de fibra, equações de predição, pequenos ruminantes, confinamento tropical.

1. INTRODUÇÃO

A ingestão adequada de fibra pelos ruminantes é um fator determinante para garantir o funcionamento normal e saudável do rúmen, estando correlacionado ao consumo de matéria seca (CMS), que, por sua vez, é influenciado pela atividade mastigatória e estado fisiológico (Carlis et al. 2021). Além disso, o consumo de fibra de boa qualidade influencia não apenas a quantidade total de alimento consumido, como também é essencial para suprir demandas nutricionais e promover o desenvolvimento corporal.

A maioria dos ruminantes depende principalmente da complexa estrutura polissacarídica presente nas células vegetais como sua principal fonte de energia (Tedeschi et al., 2023). Assim como as características físicas da fibra, a qualidade da forragem e tamanho de partículas influenciam a taxa de passagem do alimento pelo rúmen, a capacidade de degradação da fibra e enchimento ruminal (Del Valle et al. 2023; Quadros et al. 2022; Allen et al., 2019; Van Soest, 1994). A predominância de forragens com variações sazonais em qualidade nutricional exige de estratégias específicas para equilibrar fibra efetiva e densidade energética (Van Soest, 1994), garantindo que a principal fonte de energia para os ruminantes, os polissacarídeos estruturais, sejam aproveitados ao máximo.

Apesar de caprinos e ovinos apresentarem padrões diferentes de consumo (Hoffmann, 1989), são animais eficientes na degradação da fibra, capazes de ruminar finas partículas que escapariam facilmente da ruminação em bovinos (Cannas, 2004; Araújo et al., 2008). De acordo com Mertens. (1997), o fornecimento adequado de fibra na dieta contribui não apenas para a ruminação, como também para induzir o efeito tamponante do conteúdo ruminal, melhorando o ambiente digestivo. No entanto, em condições tropicais, além da fibra da dieta desempenhar papel fundamental na regulação do consumo, também está fortemente correlacionada com a fase de regulação física do consumo (Azevêdo et al. 2024).

Para bovinos leiteiros, o NRC (2001) recomenda teores mínimos de 25% de FDN da dieta, sendo 75% provenientes de forragens com partículas longas (Carlis et al. 2021). No entanto, o NRC (2007) não estabelece recomendações específicas de consumo para FDN em caprinos e ovinos. Estudos recentes em condições tropicais sugerem níveis de 270-300 g/kg MS para ovinos deslanados (Pereira et al. 2022). No entanto, essas recomendações não consideram a variabilidade racial e de sexo, a diversidade regional, dietética e diferenças na eficiência de degradação da FDN entre genótipos (Cannas, 2004). Esses fatores são relevantes a considerar especialmente em sistemas de confinamentos sob condições tropicais, onde a interação e dinâmica entre ambiente, genótipo e manejo alimentar determina a eficiência produtiva.

Portanto, o presente estudo tem por objetivo desenvolver e validar modelos de consumo de FDN(%PC) para caprinos e ovinos confinados em regiões tropicais.

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta de Dados

Um conjunto de dados consistiu na compilação de 607 observações individuais de caprinos e ovinos em sistema de confinamento. Todas as informações foram coletadas de pesquisas experimentais realizadas em diferentes instituições de Ensino superior (IES) no Brasil, todas seguindo diretrizes aprovadas pelo Comitê de Ética e Uso de Animais em cada universidade onde o estudo foi realizado, representando diversas condições de produção brasileiras. Para homogeneização dos dados, aplicou-se critérios de exclusão para remover informações incompletas, dados duplicados e dados inconsistentes biologicamente.

As variáveis selecionadas para este estudo possuíam informações completas sobre a espécie animal (caprinos e ovinos), sexo (não castrado, castrado ou fêmea), conforme detalhado nas Tabelas Suplementares 1 e 2, composição química da dieta, relação volumoso e concentrado, tipo de volumoso da dieta, consumo de matéria seca considerando apenas o consumo ad libitum e consumo de fibra em detergente neutro (Tabela 1). Além disso, foram incluídos dados de peso corporal médio e ganho médio diário (Tabela 2). Esses parâmetros foram selecionados como indicadores do desempenho.

Para garantir a distribuição normal e qualidade analítica dos dados, foi aplicado o critério de consistência e homogeneidade, excluindo os valores extremos fora do intervalo de -2,5 a 2,5. A manutenção desse procedimento, garantiu a robustez estatística do conjunto de dados analisados.

2.2 Desenvolvimento do modelo

Para avaliar a influência das variáveis independentes na ingestão de fibra em detergente neutro (FDN) e suas inter-relações foi realizada uma correlação de Pearson. Quando detectadas correlações significativas ($P \leq 0,05$) entre múltiplas variáveis, foi dada prioridade às variáveis com o coeficiente de correlação mais forte ($|r|$) sobre o consumo de FDN(%PC) (Figura 1), garantindo a seleção do mais robusto para o modelo. Após a correlação, as variáveis preditoras no modelo foram analisadas pelo método Stepwise, de modo que a inclusão ou exclusão de cada variável foi determinada pelo valor de $p \leq 0,05$ para entrada e $p \geq 0,10$ para remoção e pelo critério de informação de Akaike (AIC).

Essas avaliações prévias incluindo a seleção da variável resposta foram realizadas utilizando o procedimento MIXED (PROC MIXED) do SAS, no software SAS (versão University Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA), com o critério de seleção baseado no valor de probabilidade ($P \leq 0,05$) e empregando, para o efeito, modelos de regressão de efeitos mistos de acordo com a metodologia descrita por St-Pierre (2001).

Foram desenvolvidos 5 modelos unificados considerando a espécie (caprinos ou ovino). Para captar a variabilidade associada aos efeitos da espécie (Species) e do sexo (Se) no modelo, foram utilizadas variáveis binárias dummy (Draper e Smith, 1998), utilizando codificação de contraste, o que permite a comparação estatística, de modo que a primeira variável consistia em Species = 0 para os ovinos e Species = 1 para os caprinos, enquanto a segunda variável consistia em Se = 0 para os machos não castrados, Se = 1 para os machos castrados e Se = 2 para as fêmeas.

Os parâmetros permitiram estimar diferentes interceptos apenas para a espécie, gerando um total de 5 modelos que continham as seguintes variáveis: FDN(%MS), FDN2(%MS), CMS, PC e PC^{0,75}. Quando não foi identificada influência (P ≥ 0,05) do sexo no modelo, essa variável foi excluída e os modelos novamente analisados. Para avaliar a multicolinearidade entre as variáveis do modelo, foi utilizado o fator de inflação da variância (VIF), para observar a independência da multicolinearidade, garantindo estabilidade nas estimativas dos modelos:

$$CFDN(\%PC) = \beta_0 + 0,02883 \times FDN_{(\%MS)}$$

Eq.1

Onde o $\beta_0 = 2,1139$ para caprinos e $\beta_0 = 3,2983$ para ovinos. FDN, concentração de fibra em detergente neutro em % da matéria seca da dieta, em g/kg MS.

$$CFDN(\%PC) = \beta_0 + 0,07108 \times FDN_{(\%MS)} - 0,00006 \times FDN^2_{(\%MS)}$$

Eq.2

Sendo para caprinos, $\beta_0 = -5,2173$ e para ovinos, $\beta_0 = -3,9771$. Onde FDN, concentração de fibra em detergente neutro em % da matéria seca da dieta, em g/kg MS.

$$CFDN(\%PC) = \beta_0 + 0,02883 \times FDN_{(\%MS)} + 0,003580 \times CMS$$

Eq.3

Sendo para caprinos, $\beta_0 = -2,2626$ e para ovinos, $\beta_0 = -1,5759$. Onde FDN, concentração de fibra em detergente neutro em % da matéria seca da dieta, em g/kg MS e CMS, consumo de matéria seca, em g/kg/dia.

$$CFDN(\%PC) = \beta_0 + 0,02760 \times FDN_{(\%MS)} - 0,10070 \times PC$$

Eq.4

Sendo para caprinos, $\beta_0 = 5,0867$ e para ovinos, $\beta_0 = 6,3991$. Onde FDN, concentração de fibra em detergente neutro em % da matéria seca da dieta, em g/kg MS e PC, peso corporal médio em kg.

$$CFDN(\%PC) = \beta_0 + 0,02764 \times FDN_{(\%MS)} - 0,3022 \times PC^{0,75}$$

Eq.5

Sendo para caprinos, $\beta_0 = 5,8984$ e para ovinos, $\beta_0 = 7,2375$. Onde FDN, concentração de fibra em detergente neutro em % da matéria seca da dieta, em g/kg MS e $PC^{0,75}$, peso corporal metabólico em kg.

2.3 Avaliação e Validação dos Modelos

Para a validação dos modelos, utilizou-se 18 observações médias de caprinos e 30 de ovinos, provenientes de pesquisas nacionais experimentais publicados em periódicos nacionais e internacionais entre 2007 e 2022 (Tabela Suplementar 1). Os dados incluíam espécie, classe sexual, peso corporal (PC), ganho médio diário (GMD), ingestão de matéria seca (DMI) e teor de FDN, representando diversas condições de produção brasileiras.

Nos modelos, foram realizados por meio de um modelo de regressão, onde Y representa os valores observados e X os valores preditos, uma comparação entre a variável consumo de fibra em detergente em e (CFDN) em função do peso corporal (CFDN_%PC). Nesse modelo, β_0 e β_1 representaram o intercepto e inclinação da reta, respectivamente. Para a validação, foram realizados testes de significância para as hipóteses nulas, onde o intercepto (β_0) é $a=0$ e a inclinação (β_1) $b=1$, conforme sugerido por Neter et al. (1996).

Para comparação das equações propostas, foram utilizados modelos específicos para caprinos e ovinos em confinamento reportados pela literatura (Tabela 5).

Para validar e comparar todas as equações, bem como a qualidade dos ajustes entre o CFDN(%MS) predito e o observado, foram utilizadas múltiplas métricas e analisadas no *software* Model Evaluation System (MES v. 3.2.3): coeficiente de determinação (r^2), conforme descrito por Draper e Smith (1998); o critério de informação de Akaike corrigido (AICc), segundo Liao (2003); o viés médio (MB), conforme descrito por Cochran e Cox (1957); o coeficiente de correlação de concordância (CCC), segundo Lin (1989); a correção de viés (Cb), segundo Lin (1989); o erro médio quadrático de predição (MSEP), como discutido por Bibby e Toutenburg (1977), e os valores da raiz do erro médio quadrático de predição (RMSEP, quanto menor, melhor), que foram estimados a partir da raiz quadrada do MSEP (Bibby e Toutenburg, 1977), utilizando o *software* Model Evaluation System v. 3.2.3 (MES), e utilizados para definir a melhor equação.

3- RESULTADOS

3.1- Estudo e caracterização dos dados

A variabilidade observada nas variáveis, como demonstram as Tabelas 2 e 3, refletem a diversidade de formulações dietéticas incluídas nos estudos, garantindo uma abordagem representativa dos dados e confiabilidade das análises realizadas (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva da composição química e valor energético das dietas utilizadas no desenvolvimento e validação das equações de predição do consumo de fibra em detergente neutro para caprinos e ovinos em confinamento.

Composição g/kg MS	Caprinos				Ovinos			
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Desenvolvimento das equações (caprinos n = 145 e ovinos n = 462)</i>								
Matéria seca ¹	775,4	873,8	215,4	929,0	755,9	862,4	334,0	954,2
Proteína bruta	158,3	153,6	136,8	203,0	150,0	148,6	89,2	229,2
Extrato etéreo	32,3	27,7	13,3	80,1	34,6	29,6	9,8	111,0
FDN	281,5	326,0	35,9	483,3	333,2	406,4	33,2	584,9
NDT	611,5	658,9	57,9	722,6	674,7	658,9	479,2	830,3
<i>Validação das equações (caprinos n = 18 e ovinos n = 30)</i>								
Matéria seca ¹	742,40	866,80	309,96	925,80	706,8	705,8	458,2	916,3
Proteína bruta	147,99	146,20	123,00	190,00	166,7	165,5	144,4	205,3
Extrato etéreo	29,50	30,35	15,25	42,60	33,4	32,5	16,3	58,2
FDN	380,48	403,45	266,00	488,20	405,6	423,5	295,5	466,8
NDT	681,23	680,64	647,17	724,80	669,3	669,3	602,4	714,5

¹ FDN, fibra em detergente neutro; NDT, nutrientes digestíveis totais;

A seleção da variável resposta (CFDN%PC) foi com objetivo de equilibrar a homogeneidade entre as diferentes espécies e categoria animal. Para isso foi realizado a correlação de Pearson, Figura 1.

Os valores observados variaram entre 15,10 a 39,48 kg.(Tabela 2).As variações observadas na composição química, valor energético da dieta, consumo de matéria seca de FDN, peso corporal e ganho médio diário refletem a diversidade nutricional e dietética, e o desenvolvimento dos animais nos dados contemplados na pesquisa (Tabelas 1 e 2).

Para os caprinos, observou-se variação no CFDN de 6,92 a 18 g/kg%PC para o conjunto de dados utilizado no desenvolvimento e de 6,83 a 16,40 g/kg%PC e validação dos modelos (Tabela 2). Para os ovinos, o CMS variou de 586,65 a 1.488,3 g/dia no desenvolvimento das equações e de 760,0 a 1.195 g/dia na validação. O CFDN%MS variou de 220,04 a 518,28g/dia no desenvolvimento e de 234,50 a 521,39 g/dia na validação para caprinos e ovinos. Para a variável PC, houve variação entre 15,10 a 39,48 kg e 17,20 a 39,51 no conjunto de dados de desenvolvimento e validação, bem como o PC^{0,75}, apresentando variação de 7,66 a 15,75kg e 8,45 a 15,76 kg no desenvolvimento e validação para caprinos ovinos (Tabela 2).

As variáveis com correlações mais substanciais e significativas com o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN_%PC) foram selecionadas para compor os modelos: CFDN-%MS: $r = 0,78 (\leq 0,001)$, CFDN²-%MS: $r = 0,76 (\leq 0,001)$, CMS(%PC): $r = 0,30 (\leq 0,001)$, como mostra a figura 1. No entanto, também foram consideradas a inclusão de variáveis com baixa correlação negativa: CMS: $r = -0,4 (\leq 0,05)$, PC: $r = -0,27 (\leq 0,05)$ e PC^{0,75}: $r = -0,26 (\leq 0,05)$. A aplicação do

método Stepwise, permitiu a inclusão de forma automática de variáveis com diferentes magnitudes de correlação com a variável resposta (CFDN,%PC), de modo a avaliar sua contribuição estatística e equilibrar a complexidade dentro do modelo, melhorando o potencial preditivo das equações independente da correlação inicial, sem comprometer a confiabilidade do modelo.

Figura 1. Correlação de Pearson ($P>0,05$) entre o consumo de fibra em detergente neutro em relação ao peso corporal (CFDN_PC) e fibra em detergente neutro (FDN_MS) e fibra em detergente neutro (FDN²_MS) ao quadrado, expressos em % da MS/dieta (%MS), utilizadas como variáveis no desenvolvimento dos modelos de predição para caprinos e ovinos confinados.



579 **Tabela 2.** Estatística descritiva de desempenho, dos dados utilizados no desenvolvimento e validação do CFDN para caprinos e ovinos.

Composição (g/kg MS)	Caprinos				Ovinos			
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
<i>Desenvolvimento das equações (caprinos n = 145 e ovinos n = 462)</i>								
CMS	802,87	802,64	463,00	1232,00	1027,89	1038,13	586,65	1488,28
CMS_PC	34,01	33,95	22,84	43,22	38,30	37,93	29,27	49,89
FDN (%MS)	391,72	385,03	252,69	518,38	355,82	375,67	220,04	511,54
FDN ² (%MS)	157190,5	148245,0	63849,9	268719,66	130969,7	141127,1	48416,2	261668,10
CFDN_PC	13,26	13,34	6,92	17,87	13,54	13,87	7,53	18,00
PC	23,74	23,70	15,10	35,50	26,96	26,76	16,62	39,48
GMD	144,29	144,17	44,29	246,67	185,39	180,06	78,80	300,00
PC0.75	10,71	10,74	7,66	14,54	11,80	11,77	8,23	15,75
PC0.67	8,33	8,34	6,16	10,93	9,06	9,05	6,57	11,74
<i>Validação das equações (caprinos n = 18 e ovinos n = 30)</i>								
CMS	808,22	850,05	590,00	968,00	991,42	984,50	760,00	1195,00
CMS_PC	32,77	32,43	24,30	43,19	38,12	37,75	29,48	48,01
FDN (%MS)	338,92	320,80	234,50	473,99	346,65	338,94	257,08	521,39
FDN ² (%MS)	120306,4	103081,3	54989,5	224667,7	123241,0	114918,3	66090,4	271844,7
CFDN_PC	11,05	11,59	6,83	14,69	13,15	13,03	8,31	16,40
PC	25,20	22,93	17,20	39,51	26,10	25,33	22,00	32,35
GMD	151,95	159,00	75,00	216,90	170,84	166,00	69,54	269,00
PC0.75	11,20	10,48	8,45	15,76	11,54	11,29	10,16	13,56
PC0.67	8,64	8,15	6,73	11,74	8,89	8,72	7,93	10,27

580 ¹g/kg MS; CMS,consumo de matéria seca; CMS_PC,consumo de matéria seca em relação ao peso corporal; FDN, fibra em detergente neutro; FDN², fibra em detergente
581 neutro ao quadrado; CFDN_PC, consumo de fibra em detergente neutro em função do peso corporal; PCm, peso corporal médio; GMD, ganho médio diário expresso
582 em g/dia; PC0,75 e 0,67, peso coroporal metabólic

As variáveis FDN(%MS) e FDN²(%MS) apresentaram valores elevados para o fator de inflação da variância ≤ 10 , no entanto foram mantidas no modelo, pois a partir dela foi possível atingir o ponto máximo de consumo (CFDN%PC), como mostra a Figura 4. Na avaliação de multicolinearidade, as equações 1, 3, 4 e 5 (Tabela 3) apresentaram fatores de inflação de variância baixo (FIV < 5), exceto para a equação 2 (FIV = 71,63), com comportamento não linear, indicando elevada colinearidade. No entanto, mesmo sob elevada colinearidade com a variável resposta, a equação foi mantida devido sua capacidade em capturar o ponto máximo de consumo de FDN(%PC) para caprinos (Figura 4) e ovinos (Figura 5).

Tabela 3. Fatores de inflação da variância entre variáveis das equações de predição para caprinos ovinos.

Caprinos e Ovinos	
Equações ¹	Variáveis ² e fatores de Inflação da variância
Eq.1.0	FDN(%MS): 1.0000
Eq.2.0	FDN(%MS): 71,63488; FDN ² (%MS): 71,63488
Eq.3.0	FDN(%MS):1,17432; CMS:1,17432
Eq.4.0	FDN (%MS): 1,043; PC:1,043
Eq.5.0	FDN (%MS): 1,0424; PC ^{0,75} :1,0424

² FDN(%MS), fibra em detergente neutro em % da matéria seca e ao quadrado; CMS, consumo de matéria seca; PC, peso corporal médio; PC^{0,75}, peso corporal metabólico.

3.2- Desenvolvimento, Validação e adequação das Equações.

Os modelos de predição do consumo de FDN (CFDN%PC) apresentaram diferenças ($P \leq 0,05$) entre as espécie (caprinos e ovinos), principalmente para as variáveis FDN(%MS), FDN(%MS) + FDN²(%MS) e FDN(%MS) + PC, exigindo ajustes das estimativas no interceto (β_0) (Tabela 4).

Nos modelos desenvolvidos, as variáveis dummy (espécie e sexo) foram inseridas em todas as equações para verificar possíveis efeitos categóricos. No entanto, apenas a variável *Species* influenciou ($p < 0,05$) o intercepto das equações, alterando suas estimativas entre a variável resposta (CFDN%PC) e variáveis independentes.

Tabela 4. Equações desenvolvidas para estimar o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) em caprinos e ovinos confinados.

	Equações	R ²	CIAc
Caprinos			
Eq.1.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = 2,1139 (0,339) + 0,02883 (<.0001) * FDN(\%MS)$	0,735	2066,7
Eq.2.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = -5,2173 (0,324) + 0,07108 (0,008) * FDN(\%MS) - 0,00006 (<.0001) * FDN^2(\%MS)$	0,731	2062,0
Eq.3.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = -1,64457 (0,336) + 0,07108 (<.0001) * FDN(\%MS) + (0,004) (<.0001) * CMS$	0,689	1988,1
Eq.4.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = 6,1137 (0,315) + 0,002724 (<.0001) * FDN(\%MS) - 0,09828 (0,014) * PC$	0,870	2036,1
Eq.5.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = 6,9059 (0,318) + 0,02727 (<.0001) * FDN(\%MS) - 0,2934 (0,042) * PC^{0,75}$	0,869	2035,5
Ovinos			
Eq.1.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = 3,2983 (0,431) + 0,02883 (<.0001) * FDN(\%MS)$	0,489	2066,7
Eq.2.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = -3,9771 (1,479) + 0,07108 (0,008) * FDN(\%MS) - 0,00006 (<.0001) * FDN^2(\%MS)$	0,566	2062,0
Eq.3.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = -1,5759 (0,636) + 0,07108 (<.0001) * FDN(\%MS) + 0,003580 (0,003) * CMS$	0,634	1988,1
Eq.4.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = 6,1137 (0,592) + 0,002724 (<.0001) * FDN(\%MS) - 0,09828 (0,014) * PC$	0,523	2036,1
Eq.5.0	$CFDN_{(g/kg\ Pc)} = 6,9059 (0,685) + 0,02727 (<.0001) * FDN(\%MS) - 0,2934 (0,042) * PC^{0,75}$	0,522	2035,5

CFDN(%PC), consumo de fibra em detergente neutro expresso em % do peso corporal; FDN(%MS) e FDN²(%MS), fibra em detergente neutro expresso em % da matéria seca e ao quadrado; CMS, consumo de matéria seca em g/kg; PC, peso corporal médio, em kg; PC^{0,75}, peso corporal metabólico, em kg.

Para avaliar a adequação das equações propostas, foram utilizadas equações reportadas pela literatura para caprinos por Almeida et al. (2019) e Oliveira et al. (2020) para ovinos (Tabela 5).

Tabela 5. Equações reportadas pela literatura para o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) em caprinos e ovinos confinados.

Equações	
<i>Caprinos</i>	
Almeida et al., (2019) ¹	CFDN (g/kg Pc) = (3.155*FDN) /PC ^{0,681}
<i>Ovinos</i>	
Oliveira et al., (2020) ²	CFDN(g/dia)= -52.2187+1.3773*FDN-0.0007*FDN ²

¹PC, peso corporal médio, em kg.

² FDN, concentração de fibra em detergente neutro da dieta total, em g/kg MS.

Dentre as equações propostas, as melhores equações para estimar o consumo (CFDN%PC) foram as equações 4 para caprinos (Tabela 6) e equação 3 para ovinos (Tabela 8). Ambas apresentaram valores de interceto ($\beta_0=0$) e inclinação da reta ($\beta_1=1$) significativos ($P>0,05$), além de apresentarem melhor coeficiente de concordância ($CCC= 0,88; 0,79$), $r^2 (0,87 ; 0,63)$, menor viés médio (VM=-0,85 ; 106,91); menor quadrado médio do erro de predição (QMEP=1,58 ; 1,66) e maior acurácia do modelo (AM= 0,94 ; 0,99), sendo selecionadas dentre as opções para cada espécie.

Tabela 6. Adequação e validação das equações propostas para predição do CFDN%PC de caprinos em confinamento.

Item ¹	Observado	Predito ²				
		<i>Caprinos</i>				
		1	2	3	4	5
CFDN médio	11,054	11,885	11,655	11,602	11,904	11,882
± DP, kg	2,620	2,188	2,261	2,253	2,326	2,327
mediano , kg	11,932	12,474	12,539	12,078	12,690	12,677
Intercepto	-	-1.144	-0.493	-0.150	-1.455	-1.417
± DP	-	1.861	1.782	1.913	1.229	1.234
(valor p)	-	0.548	0.785	0.938	0.253	0.268
Inclinação	-	1.026	0.990	0.965	1.05	1.049
± DP	-	0.154	0.150	0.162	0.101	0.102
(valor p)	-	0.867	0.952	0.835	0.623	0.634
r ²	-	0,735	0,731	0,689	0,870	0,869
CCC	-	0,796	0,821	0,801	0,875	0,876
QMEP	-	2,415	2,106	2,320	1,578	1,551
CIAC	-	68,57	68,82	71,40	55,70	55,91
VM	-	-0,831	-0,601	-0,548	-0,850	-0,828
AM	-	0,929	0,960	0,964	0,938	0,940
RQMEP	-	1,554	1,451	1,523	1,256	1,245

¹ kg/%Pesc; CFDN, consumo fibra em detergente neutro; DP, desvio padrão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; VM, viés do modelo; AM, acurácia do modelo; MSEP, erro quadrático médio de predição; CIAC, Critério de Informação de Akaike; RMSEP, Raiz quadrada média do erro de predição.

² Equações descritas na Tabela 4.

Na validação e adequação, o consumo (CFDN%PC) médio observado foi de 11,05 ($\pm 2,62$) g/kgPC. As equações propostas apresentaram amplitudes variando de 11,60 ($\pm 2,25$) g/kgPC a 11,90 ($\pm 2,33$) g/kgPC para os caprinos (Tabela 6). Ao avaliar a comparação para caprinos entre a equação 4 e a equação de Almeida et al., (2019), os valores observados foram de 11,05 ($\pm 2,62$) g/kgPC e o predito de 11,90 ($\pm 2,32$) e 9,61 ($\pm 1,98$) g/kgPC, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Estatística de validação do consumo de fibra em detergente neutro predito (CFDN) expresso em FDN/%MS dieta pela equação proposta e equação de Almeida et al., 2019 para caprinos em confinamento.

Item ¹	Observado	² Predito	
	Com ¹	Equação proposta 4	Almeida et al., 2019
CFDN médio	11,054	11,903	9,616
$\pm$ SD, kg	2,620	2,326	1,975
mediano, kg	11,932	12,690	10,467
Intercepto	-	-1.455	-1.305
$\pm$ SD	-	1.229	0.806
(valor P)	-	0.253	0.125
Inclinação	-	1.05	0.448
$\pm$ SD	-	0.101	0.082
(valor P)	-	0.623	0.003
r ²	-	0,870	0,940
CCC	-	0,875	0,781
QMEP	-	1,578	2,766
AICc	-	55,70	42,22
VM	-	-0,850	1,438
AM	-	0,94	0,81
RQMEP	-	1,256	1,663

¹ g/KgPc; CFDN, consumo fibra em detergente neutro; DP, desvio padrão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; VM, viés do modelo; AM, acurácia do modelo; MSEP, erro quadrático médio de predição; CIAc, Critério de Informação de Akaike; RMSEP, Raiz quadrada média do erro de predição.

² Equações descritas na Tabela 4 e 5.

Para os ovinos, o consumo médio observado foi de 13,15 ($\pm 2,15$) g/kgPC e predito apresentaram amplitudes variando de 13,20 ($\pm 1,82$) g/kgPC a 13,34 ($\pm 1,53$) g/kgPC (Tabela 8). O consumo observado (Tabela 9) para os ovinos foi 13,15 ($\pm 2,15$) g/kgPC, e preditos de 13,20 ($\pm 1,82$) g/kgPC para equação 3, e 8,81 ($\pm 1,97$) g/kgPC para equação de Oliveira. (2020).

Durante a validação para caprinos e ovinos, as equações tiveram seus respectivos valores de interceto ($\beta_0=0$) e inclinação da reta ($\beta_1=1$) significativos ($P \geq 0,05$), maior precisão e ajuste, sendo selecionadas como preditoras. Assim, a equação 3, que considera o FDN(%MS) e o consumo de matéria seca (CMS). Já a equação 4, leva em consideração o FDN(%MS) e peso corporal (PC). Ambas se destacaram com maior precisão e ajuste entre as métricas, sendo selecionadas como as

melhores equações para estimar o consumo de FDN(%PC) em ovinos e caprinos, respectivamente.

Tabela 8. Adequação e validação das equações propostas para predição de ovinos confinados.

Item ¹	Observado	Predito ²				
		<i>Ovinos</i>				
		1	2	3	4	5
CFDN	13,148	13,292	13,269	13,195	13,339	13,333
± DP, kg	2,152	1,625	1,51	1,82	1,53	1,53
mediano , kg	13,068	13,257	13,416	13,278	13,354	13,351
Intercepto	-	0.838	-1.081	0.733	-0.454	-0.429
± DP	-	2.394	2.370	1.800	2.470	2.469
(valor p)	-	0.729	0.652	0.687	0.855	0.863
Inclinação	-	0.926	1.072	0.941	1.019	1.018
± DP	-	0.179	0.178	0.135	0.184	0.184
(valor p)	-	0.682	0.686	0.666	0.915	0.921
r ²	-	0,489	0,566	0,634	0,523	0,522
CCC	-	0,671	0,706	0,785	0,679	0,679
QMEP	-	2,323	1,971	1,654	2,174	2,174
CIAC	-	116.89	112.01	106.91	114.83	114.87
VM	-	-0,145	-0,121	-0,047	-0,191	-0,185
AM	-	0,959	0,938	0,986	0,939	0,939
RQMEP	-	1,524	1,403	1,286	1,474	1,474

¹ g/KgPc; CFDN, consumo fibra em detergente neutro; DP, desvio padrão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; VM, viés do modelo; AM, acurácia do modelo; MSEP, erro quadrático médio de predição; CIAC, Critério de Informação de Akaike; RMSEP, Raiz quadrada média do erro de predição.

² Equações descritas na Tabela 4 e 5

Na avaliação realizadas para caprinos (Tabela 7, Figura 2) e ovinos (Tabela 9, Figura 3), as equações propostas neste estudo estimaram com superioridade o consumo de FDN(%PC). Quando submetidas à validação, a equação 4 apresentou r² (0,731), AICc (68,82), MB (-0,601), menor MSEP (2,1) e RMSEP (1,451), e a equação 3, apresentou r² (0,634), AICc (106,91), MB (-0,047), menor MSEP (1,65) e RMSEP (1,286).

As equações reportadas por Almeida et al., (2019) e Oliveira et al., (2020) não tiveram seus valores para o intercepto ($\beta_0=0$) e inclinação da reta de regressão ($\beta_1=1$) significativos ($P \geq 0.05$) para caprinos e ovinos, respectivamente (Tabela 7 e 9). Ambas equações não conseguiram capturar as variações entre consumo observado e predito, nas condições específicas do banco de dados.

Tabela 9. Estatística de validação do consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) predito pela equação proposta e equação de Oliveira et al., 2020 para ovinos em confinamento.

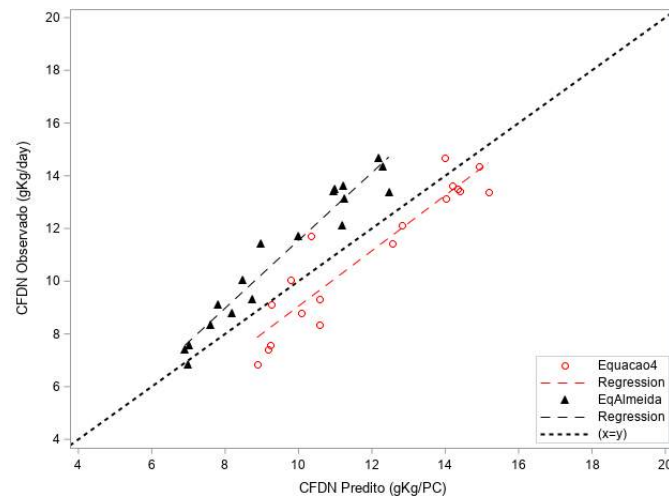
Item ¹	Observado	Predito ²	
	Com ¹	Equação proposta 3	Oliveira et al. (2020)
CFDN médio	13.148	13.194	8.809
± SD, kg	2.152	1.821	1.971
mediano, kg	13.068	13.278	9.194
Intercepto	-	0.733	7.564
± DP	-	1.800	1.515
(valor P)	-	0.687	0.000
Inclinação	-	0.941	0.633
± SD	-	0.135	0.168
(valor P)	-	0.666	0.037
r ²	-	0,634	0,337
CCC	-	0,785	0,180
QMEP	-	1,654	22,298
AICc	-	106,907	124,707
VM	-	-0,047	4,339
AM	-	0,986	0,310
RQMEP	-	1,2861	4,722

¹ g/KgPc FDN/%dieta; CFDN, consumo fibra em detergente neutro; DP, desvio padrão; CCC, coeficiente de correlação de concordância; MSEP, erro quadrático médio de predição; AICc, critério de informação de Akaike corrigido; VM, viés médio; AM, acurácia do modelo; RMSEP, raiz quadrada média do erro de predição.

² Equações descritas na Tabela 4 e 5.

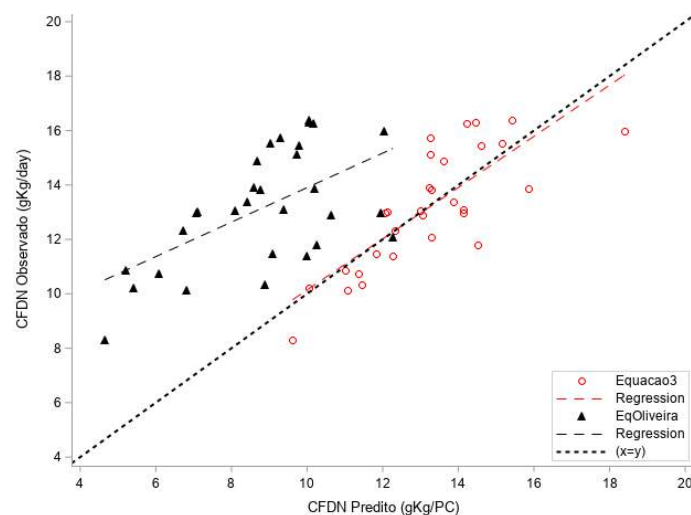
A Figura 2 apresenta uma comparação entre a equação 4 e a equação de Almeida et al. (2019), e embora a equação proposta tenha superestima o consumo, com ponto mais próximo entre 12,5 a 13,5 g/kg PC, não alcançou o melhor ajuste em relação a reta de regressão ($Y=x$). No entanto é importante destacar que ainda assim, apresentou melhor performance e equilíbrio para o viés médio (VM=-0,85 vs 1,44), coeficiente de concordância (CCC=0,88 vs 0,78) e acurácia (0,94 vs 0,81) em relação aos valores preditos subestimadas pela equação de Almeida et al. (2019).

Figura 2. Relação entre os valores de consumo de fibra em detergente neutro (CFDN%PC) observados e preditos pela equação proposta e a equação de Almeida et al. (2019) para ovinos. Os pontos circulares não preenchidos (○) refere-se à relação entre observado e predito pela equação proposta (equação 4) e os pontos triangulares preenchidos (▲), são referentes a equação de Almeida et al. (2019). A linha tracejada na cor preta refere-se aos valores onde $Y=X$; linha reta na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pela equação proposta e linha tracejada, o observado e predito pela equação por Almeida et al. (2019).



Na Figura 3, observa-se uma comparação entre a equação 3 e a equação de Oliveira et al. (2020), onde a equação 3 apresenta melhor precisão e acurácia, principalmente quando a amplitude de consumo estão mais próximos da reta ($Y=x$), com estimativa altamente precisa quando o consumo é superior a 13gkg/PC, coincidindo sutilmente com os valores observados, apresentando melhor performance e equilíbrio para o viés médio ($VM=-0,05$ vs 4,34), coeficiente de concordância ($CCC=0,79$ vs 0,18) e acurácia (0,99 vs 0,31) em relação aos valores preditos pela equação de Oliveira et al. (2020), apresentando subestimativa em relação ao consumo de FDN(%PC).

Figura 3. Relação entre os valores de consumo de fibra em detergente neutro (CFDN%PC) observados e preditos pela equação proposta e a equação de Oliveira et al. (2020) para ovinos. Os pontos circulares não preenchidos ($\circ$) refere-se à relação entre observado e predito pela equação proposta (equação 3) e os pontos triangulares preenchidos ($\blacktriangle$), são referentes a equação de Oliveira et al. (2020). A linha tracejada na cor preta refere-se aos valores onde $Y=X$; linha reta na cor vermelha refere-se a linha da regressão entre observado e predito pela equação proposta e linha tracejada, o observado e predito pela equação por Oliveira et al. (2020).



Todas as equações propostas e reportadas pela literatura foram testadas quanto ao ponto máximo de consumo (FDN%PC) nas condições estudadas. A partir da concentração de FDN no consumo de matéria seca (CFDN, g/kg MS) e o consumo de FDN em relação ao peso corporal (CFDN, g/kgPC) foi possível desenvolver uma equação não linear (Tabela 4). No entanto, apenas a equação 2 para ambas as espécies (caprino e ovino) atingiu o ponto máximo de consumo.

Observou-se que as curvas de consumo apresentaram comportamentos semelhantes para caprinos e ovinos. Conforme a concentração de FDN na dieta aumentava, o consumo de FDN também acompanhava esse crescimento. O ponto máximo da concentração de FDN na dieta foi de aproximadamente 592,33 g/kgMS, maximizando o consumo de fibra em função do peso corporal (FDN%PC) em 18,83g/kgPC para caprinos (Figura 4) e 17,07g/kgPC para ovinos (Figura 5), acompanhado por uma queda substancial do consumo de FDN após esses parâmetros.

Figura 4. Relação entre o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN%PC) e o nível de FDN na dieta (%MS) em caprinos projetados a partir da equação 2.

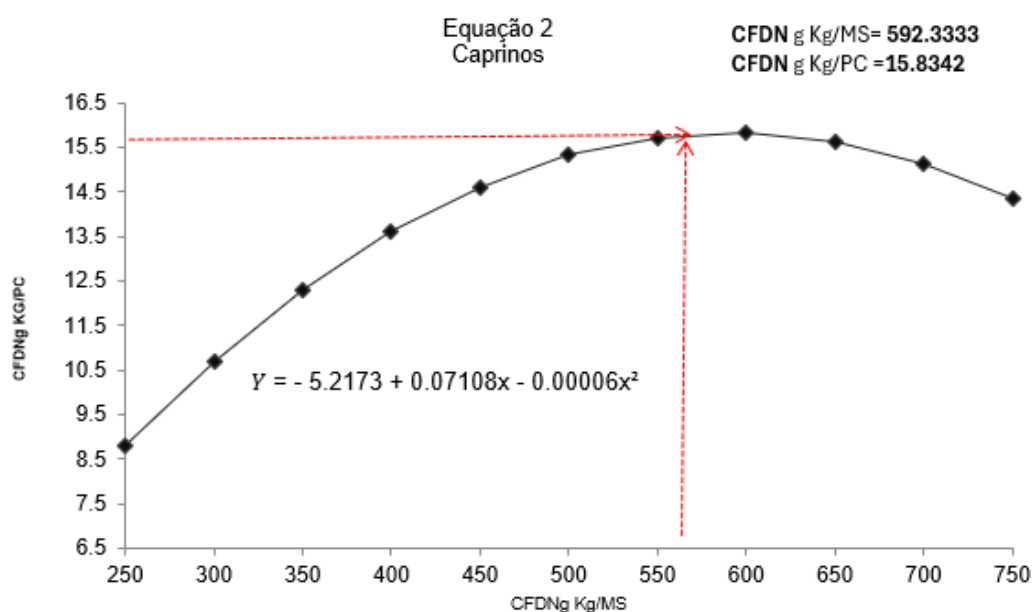
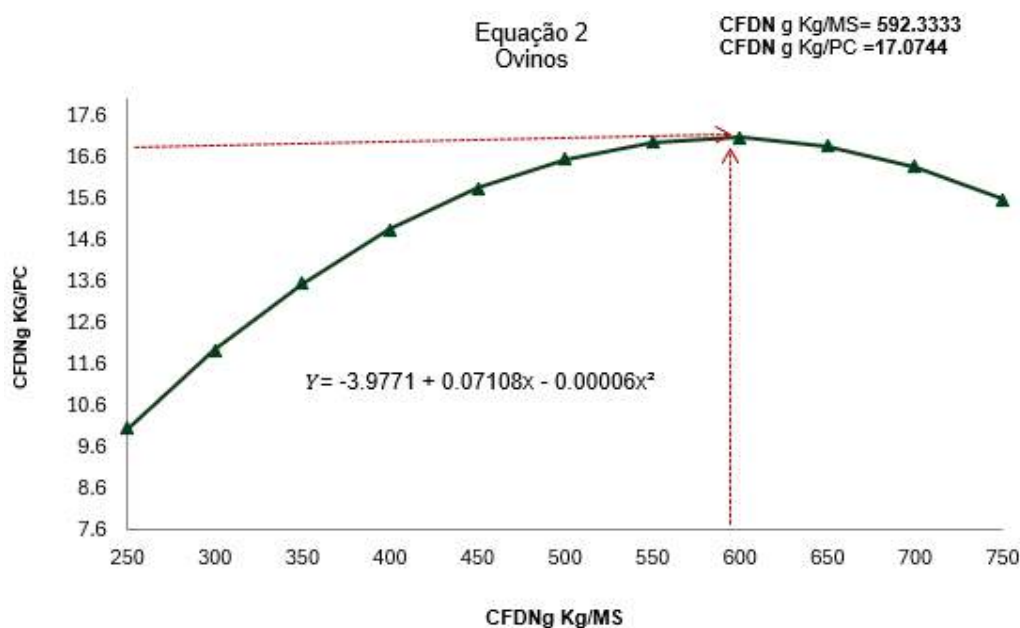


Figura 5. Relação entre o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN%PC) e o nível de FDN na dieta (%MS) em ovinos projetados a partir da equação 2.



4 – DISCUSSÃO

O consumo de FDN não apenas melhora os aspectos da saúde ruminal, como também contribui para uma relação simbiótica entre o hospedeiro e os microorganismos na degradação da fibra e seu aproveitamento como principal fonte de energia (na forma de ácidos graxos de cadeia curta) e proteína microbiana ao animal (Santini et al., 1992).

A variável repostada (CFDN%PC) contribuiu para homogeneizar possíveis variações a exemplo do peso corporal entre caprinos e ovinos (15,10 a 39,48 kg). As variáveis com correlação significativa foram o CFDN-%MS ($r = 0,78$), $CFDN^2$ -%MS e o CMS_PC ($r=0,30$). A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) na dieta como unidade básica de aplicação, foi sugerida por Mertens, por ser uma variável inversamente relacionada ao conteúdo energético e representar a propriedade dos alimentos em ocupar espaço (Mertens, 1987; 1994).

A eficiência na utilização da energia disponível depende da qualidade da forragem e composição da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina). Forragens com menor lignificação, a exemplo das leguminosas, apresentam maior taxa de degradação ruminal em comparação as gramíneas tropicais, por exemplo, o que pode influenciar diretamente a produção de AGCC e a síntese de proteína microbiana (Van Soest, 1994; Mertens, 2002). De acordo com Lopes et al., (2023), as gramíneas tropicais geralmente apresentam concentrações de fibra em detergente neutro (FDN)

superior a 65% (%MS), associado a níveis de proteína bruta abaixo de 10% (%MS), limitando a maximização do aproveitamento dos nutrientes no ambiente ruminal (Lopes et al., 2023).

As variáveis PC ($r=-0,27$), PC^{0.75} ($r=-0,26$) e CMS ($r=-0,4$) foram incorporadas ao modelo pelo método STEPWISE no SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, EUA), que permitiu adicionar ou remover variáveis preditoras com base em critérios de valor de probabilidade (P) e equilibrar a complexidade entre essas variáveis, devido à sua relação não linear com o consumo de FDN, melhorando a capacidade preditiva do modelo sem comprometer sua confiabilidade. De acordo com Azevêdo et al. (2024), a maioria dos modelos consideram apenas variáveis do animal, desconsiderando em alguns casos, variáveis relacionadas a dieta, a medida que nem todas elas apresentarão contribuições significativas para expressar a situação biológica real de forma matemática.

A seleção automática feita pelo Stepwise reduziu a multicolinearidade ($FIV \leq 5$) nas equações 1, 3, 4 e 5 (Tabela 3), e proporcionou melhorias na capacidade da equação em ser replicada em bases de dados diferentes. Apesar do fator de inflação da variância ter sido elevado para a equação 2 ($FIV \geq 71,63$) com a variável resposta, sua relação se manteve estatisticamente significativa.

Para os teores médios de FDN da dieta, observa-se uma variação de 35,16% (98,98g/dia) entre o banco de dados utilizado no desenvolvimento e na validação das equações para caprinos. Para ovinos, essa variação foi menor, cerca de 21,73% (72,4g/dia). Mesmo sendo obtida de diferentes fontes de FDN da dieta, a baixa variação observada nesse estudo corrobora com a afirmação de Mertens (1987) de que, mesmo evidente que as características da FDN possuam variação entre as fontes de fibra, a variável FDN é a que melhor mensura a distinção entre os componentes alimentares de lenta degradação daqueles solúveis e de rápida degradação (Detmann et al. 2003).

Não foi observado efeito ($P \geq 0,05$) do sexo para nenhuma das equações. Cerca de 65% das informações eram de animais não castrados, 31% animais castrados e apenas 4,28% de fêmeas. Essa ausência de efeito ($P \geq 0,05$) pode ser uma característica própria da base de dados. Uma vez que Almeida et al. (2019) e Azevêdo et al. (2024) ao desenvolverem modelos de predição do CMS para caprinos e ovinos, respectivamente, observaram diferenças no CMS entre os sexos. Nesse sentido, levando em consideração que a FDN compõe uma fração da matéria seca da dieta, espera-se que o consumo de FDN também acompanhe essa variação.

Em relação ao efeito ($P \leq 0,05$) significativo da espécie sobre o consumo de FDN, Fox et al. (1988), já destacava a influência que o grupo genético pode ter sobre o CMS, não sendo diferente para o consumo de FDN. No entanto é importante destacar que para o consumo de FDN(%PC), entre os bancos de dados que desenvolveram e validaram as equações (Tabela 2), o consumo médio nos caprinos diminuiu de 13,26% para 11,05% do PC, representando uma redução de

16,67%. Comportamento semelhante observado para os ovinos, onde a média de consumo passou de 13,54% para 13,15% do PC, representando cerca de 18,39%.

A equação 4 e equação de Almeida et al. (2019) apresentaram comportamentos contrários ao prever o consumo de FDN (Figura 2). De modo que, a equação proposta nesse estudo apresentou tendência em superestimar o consumo de FDN(%PC), como observado na dispersão dos pontos abaixo da linha de identidade ($X=y$) quando o consumo está entre 8 a 15gkg/PC. Embora superestime o consumo, a equação 4 conseguiu contemplar a variação (7 a 14gkg/PC) no consumo observado e apresentou maior precisão e ajuste. A equação de Almeida subestimou o consumo de FDN(%pc), apresentando dispersão dos pontos com valores observados acima da linha de identidade ($X=y$). Esses resultados sugerem que na prática, ambas as equações apresentam limitações quanto a sua aplicação, no entanto é necessário analisar o contexto ao qual elas serão utilizadas.

A comparação gráfica entre o consumo FDN(%PC) observado e o predito (Figura 3) demonstrou que a equação 3 apresentou melhor desempenho em estimar com precisão o consumo em ovinos, onde a dispersão dos pontos em relação a $Y=x$ está em perfeito alinhamento. Diferentemente do observado para a equação reportada por Oliveira et al. (2020), onde o consumo de FDN predito foi subestimado. Esse resultado pode indicar que a equação de Oliveira et al. (2020) não conseguiu capturar as variações específicas da base de dados utilizado nesse estudo.

Dentre as equações propostas, apenas a equação 2 para ambas as espécies, estimou o ponto máximo de consumo de FDN(%PC). A quantidade de FDN consumida é fundamental para manter a mastigação e estimular de forma adequada a ruminação, salivação e ativação do pH ideal para o crescimento e atividade dos microrganismos no rúmen (Azevêdo et al. 2024).

As recomendações apresentadas nesse estudo, são para consumo máximo de 592,33gKg/MS para atingir ponto ótimo de consumo de 15,83gKg/PC para caprinos e 17,07gKg/PC para ovinos. Para ovinos, Macedo et al. (2009) recomenda consumo mínimo de 200 g de FDN/kg MS na dieta total. Pereira et al. (2022), recomendam ao consumo entre 270 a 300 g de FDN/kg de MS na dieta total. Esses resultados corroboram também com Oliveira et al. (2020), que em condições tropicais semelhantes, desenvolveram um modelo para estimar o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) por ovinos deslanados e observaram concentrações para maximizar o consumo entre 236g/kg MS e 308 g/kg MS.

Para caprinos, Almeida et al. (2019) propuseram em condições semelhantes, uma equação levando em consideração também o peso corporal: $CFDN (\%PC) = 3,155 \times PC^{-0,3190}$. Nesse caso, quando a concentração da dieta for de 300 g de FDN/kg MS, o consumo ótimo será de 10,66 g FDN/kgPC, valores inferiores aos observados nesse estudo. No entanto, essa diferença pode ser atribuída ao fator de correção do modelo, que equilibra o consumo entre animais leves e pesados

(≥30kg). Contudo, considerando esses aspectos, as equações propostas nesse estudo permitem abordagens diferentes para estimar o consumo otimizado de FDN(%).

7. CONCLUSÃO

A equação proposta para caprinos, $CFDN(\%PC) = 5,0867 + 0,02760 \times FDN(\%MS) - 0,1007 \times PC$, e para ovinos, $CFDN(\%PC) = -1,5759 + 0,03237 \times FDN(\%MS) + 0,003580 \times CMS$, são recomendadas para estimar o consumo de fibra em detergente neutro em pequenos ruminantes sob condições tropicais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akaike, H. Information theory and the maximum likelihood principle in 2nd International Symposium on Information Theory (B.N. Petrov and F. Csäki, eds.). Akademiai Kiadó, Budapest. 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*, v. 102, n. 9, p. 7961-7969, 2019.
- 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*, v. 219, 2019, Pag 1-9.
- Araujo, R.C; Pires, A.V; Susin, I; Mendes, C.Q; Rodrigues, G.H; Packer, I.U; Eastridge, M.L. 2008. 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*, v. 86, n. 12, p. 3511-3521, 2008.
- Azevêdo, J. A. G; Pereira, M. I. B; Souza, L. L; Menezes, G. C; Carvalho, G. G. P; Pereira, E. S; Teixeira, I. A. M. A; Santos, S.A; Pereira, M. L. A; Cândido, M. J; Araújo, G. G. L; Beserra, L. R; Filho, J. M. P; Lima Júnior, D. M; Urbano, S. A; Ferreira, M. A. Alba, H. D. R. Predição do consumo de matéria seca por caprinos e ovinos. In: Filho, S. C. V; Saraiva, D. T; Benedeti, P. B; Silva, F. A; Chizzotti, M. L. Exigências Nutricionais de Caprinos e Ovinos. 10.26626/9786556681849.2024C002P33-64.
- Bibby, J., Toutenburg, H., 1977. Previsão e Estimativa Aprimorada em Modelos Lineares, 1ª ed. John Wiley & Sons, Berlim.
- Cannas, A., 2004. Feeding of lactating ewe. editor. In: Pulina, G (Ed.), *Dairy sheep nutrition*. Wallingford UK: CABI Publishing, 2004. p.79-108.
- Carlis, M. S. P; Sturin, T. U; Silva, A. L A; Eckermann, N. R; Polizel, D. M; Assis, R. G; Souza, T. T; Dias Junior, P. C. G; Vicente, A. C. S; Santos, I. J; Comelli, J. H; Baiva, J. S; Pires, A. V; Ferreira, E. M. Whole corn grain-based diet and levels of physically effective neutral detergent fiber from forage (pefNDF) for feedlot lambs: Digestibility, ruminal fermentation, nitrogen balance and ruminal pH. *Small Ruminant Research*, v. 205, p. 106567, 2021.
- Cochran, W.G., Cox, G.M., 1957. *Experimental Designs*, 2nd ed. Wiley, New York.
- Draper, N. R.; Smith, H. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley, 1998. 706 p.
- Del Valle, T. A.; Morais, J. P. G.; Campana, M.; Azevedo, E. B.; Louvandini, H.; Abdalla, A. L. Purine derivatives and creatinine urine excretion as a tool to estimate sheep feed intake. *Animal Feed Science and Technology*, 301: 115666, 2023.
- Detmann, E.; Queiroz, A.C.; Cecon, P. R; Zervoudakis, J. T; Paulino, M. F; Valadares Filho, S. C; Cabral, L. S; Lana, R. P. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1763-1777, 2003.
- Fox, D. G; Tylutki, T. P., 1998. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81, 3085–3095.

- Hoffmann, K. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78,4:443-457, 1989.
- Liao, J. J. Z., 2003. an improved concordance correlation coefficient. *Pharmaceutical Statistics: The Journal of Applied Statistics in the Pharmaceutical Industry*, v. 2, n. 4, p. 253-261, 2003.
- Lin, C. B., Chang, R. J., & Weng, W. P. (1998). A study on process and tribological behavior of Al alloy/Gr.(p) composite. *Wear*, v. 217, n. 2, p. 167-174, 1998.
- 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*, v. 272, p. 105237, 2023.
- Macedo Junior, G. L; França, P. M.; Assis, R. M; Almeida, T. R. V; Paula, O. J; Pérez, J. R. O; Silva, V. B. (2009). Níveis de fibra em detergente neutro forrageiro na alimentação de ovelhas Santa Inês gestantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 61, p. 196-202, 2009.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Winsconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- National Research Council (NRC). *Exigências nutricionais de gado leiteiro*. 7ª edição revisada. Nacional Academy Press, Waschington, DC, 2001.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J; WASSERMAN, W. (1996). *Applied linear statistical models*.
- 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.
- Pereira, D. M., Oliveira, J. S. D., Santos, E. M., DE Carvalho, G. G., Azevedo, J. A. D., Corrêa, Y. R; Viana, N. B. (2022). Productive performance and ingestive behaviour of feedlot finished Santa Ines lambs on diets containing differing fibre levels. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v. 65, n. 2-3, p. 213-226, 2022.
- 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*. v. 285, p. 115218, 2022
- 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*, v.75, n.1, p.209-219, 1992.
- 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., 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agriculture System*. v. 89, n. 2-3, p. 225-247, 2006.

Tedeschi, Luis O; Adams, Jordan M; Vieira, Ricardo A. M. Revisiting Mechanisms, Methods, and Models for Altering Forage Cell Wall Utilization for Ruminants. *Journal of Animal Science*, p. skad009, 2023.

Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*, 2nd Edition. Cornell University Press, Ithaca and London, 476, 1994.

Apêndice 1- Referências utilizadas para o desenvolvimento das equações de caprinos e ovinos

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, Fortaleza, 2011.

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

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, 8: 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, Ilhéus, 2016.

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, 3: 1599-1608, 2015.

Araújo, M. L. G. M. L Impacto da ureia no processo fermentativo da Silagem de Sorgo e o seu uso em dietas para cordeiros. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2017.

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, 11: 967, 2019.

Bastos, M. P. V. Casca de soja em dietas para cordeiros Santa Inês confinados. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

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.

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.

Herbster, C. J. L. Informações de dados do autor não publicados.

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, 13: 1373-1384, 2021.

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. (2013). Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. *Small Ruminant Research*, 114, 2-3: 206-213, 2013.

Diogénes, 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, 11: 1973, 2020.

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, 2017.

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, 4: 1014-1023, 2007.

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, 5: 1014-1025, 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, 5: 297, 2022.

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 mamona. *Revista Ciência Agronômica*, 48: 182-190, 2017.

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, 1: 49-59, 2022.

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.

Brito Neto, A. S. Informações de dados do autor não publicados.

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, 4: 1683–1694, 2018.

Nogueira, A. S. Torta de Licuri na alimentação de ovinos. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

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, 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, 4: 1985-1997, 2014.

Oliveira, G. A. Cordeiros de três classes sexuais alimentados individualmente ou em grupo. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. 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, 3: 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, 4: 3583, 2014.

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, Itapetinga. 2020.

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, 5: 1952-1961, 2018.

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, 2-3: 107-112, 2013.

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.; 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.

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, 8: 3381-3397, 2018.

- Silva, R. V. M. M., de Carvalho, G. G. P., Pires, A. J. V., Pereira, M. L. A., Pereira, L., Campos, F. S., ... & 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, 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. 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, 1: 19-31, 2022.
- 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, 2020.
- 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.
- 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, 2020.
- Souza, L. L. Níveis de proteína bruta em dietas para cordeiros confinados. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. 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.
- 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. 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, I. A. Proporções de forragem em dietas para cordeiros confinados. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2021.

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, 5: 2121-2132, 2017.

Apêndice 2- Referências utilizadas para a validação das equações de caprinos e ovinos.

- Barbosa, A. L., Voltolini, T. V., Menezes, D. R., de Moraes, S. A., Nascimento, J. C. S; Rodrigues, R. T. Intake, digestibility, growth performance, and enteric methane emission of Brazilian semiarid non-described breed goats fed diets with different forage to concentrate ratios. *Tropical animal health and production*, v. 50, p. 283-289, 2018.
- Busato, K. C; Chizzotti, M. L; Rodrigues, R. T. S; Silva, T. S; Silva, I. F; Queiroz, M. A. A; Silva, K. T; Gois, G. C. Ingestive behaviour and Growth Performance of Boer Crossbred and Indigenous Goat Kids Under Different Feeding Levels in Semiarid Region in Brazil. *Tropical Agricultural Research*, v. 33, n. 3, 2022.
- Costa, E. D. S.; Ribeiro, 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, J. B., Oliveira, R. L., Silva, T. M., Ribeiro, R. D. X., Silva, A. M., Leão, A. G; Bezerra, L. R; Rocha, T. C. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance, and carcass yield of lambs fed licuri cake. *Journal of Animal Science*, v. 94, n. 7, p. 2973-2980, 2016.
- 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.
- Cutrim, D. O; Alves, K. S; Oliveira, L. R. S; Santos, R. C; Mata, V. J. V; Carmo, D. M; Carvalho, F. F. R. Elephant grass, sugarcane, and rice bran in diets for confined sheep. *Tropical animal health and production*, v. 44, p. 1855-1863, 2012.
- Elias, A. K. S; Alves, K. S; Mezzomo, R; Oliveira, L. R. S; Carvalho, F. F. R; Santos, R. C; Cutrim, D. O; Gomes, D. I. Productive performance and evaluation of the carcass and meat of confined lambs in North of Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 6, p. 460-466, 2016.
- Ferraz, L. V; Guim, A; Vêras, R. M. L; Carvalho, F. F. R.; Freitas, M. T. D. Cassava dreg as replacement of corn in goat kid diets. *Tropical animal health and production*, v. 50, p. 309-315, 2018.
- Filho, H. B. S; Vêras, R. M. L; Ferreira, M. A; Silva, J. L; Vasconcelos, G. A; Soares, L. F. P; Cardoso, D. B. Hilson Barretto et al. Liquid residue of cassava as a replacement for corn in the diets of sheep. *Tropical Animal Health and Production*, v. 47, p. 1083-1088, 2015.
- 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.
- Menezes, D. R; Costa, R. G; Araújo, G. G. L; Pereira, L. G. R; Medeiros, G. R; Oliveira, J. S; Busato, K. C. Detoxified castor meal in substitution of soybean meal in sheep diet: growth performance, carcass characteristics and meat yield. *Tropical animal health and production*, v. 48, p. 297-302, 2016.

- Nunes, C. L. D. C; Garcia, R; Chizzotti, M. L; Roseira, J. P. S; Ribeiro, E. T; Veloso, C. M. Performance, carcass traits and meat quality of lambs fed coffee hulls treated with calcium oxide. *Animal Feed Science and Technology*, v. 264, p. 114471, 2020.
- 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.
- 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*, v. 3, n. 3, p. 1421-1426, 2020.
- 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.
- Sousa, L. C. O; Landim, A. V; Costa, H. H. A; Pinheiro, J. D. S; McManus, C; Alves, G. C. Effects of replacing corn with by-product from biscuit manufacture on feed intake, digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior, and growth performance of pure or crossbred Morada Nova sheep. *Tropical Animal Health and Production*, v. 54, n. 3, p. 175, 2022.
- Teixeira, A. B. M; Schuh, B. R. F; Daley, V. L; Pinto, P. H. N; Fernandes, S. R; Freitas, J. A. Performance, biochemical and physiological parameters of Dorper× Santa Ines lambs fed with three levels of metabolizable energy. *Tropical Animal Health and Production*, v. 53, p. 1-13, 2021.
- Tosto, M. S. L; Araújo, G. G. L; Pereira, L. G. R; Carvalho, G. G. P; Ribeiro, C. V. Di Mambro; Cirne, L. G. A. Intake, digestibility, nitrogen balance and performance of crossbreed Boer goats fed with diets containing saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*). *Tropical Animal Health and Production*, v. 53, n. 3, p. 361, 2021.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1. Descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de predição do consumo FDN(%PC) de ovinos e caprinos.

Autor	Espécies	n ¹	Sexo
Cabral et al., 2015	Ovino	22	Não-castrado
Souza, et al., 2015	Ovino	13	Não-castrado
Oliveira, 2014	Ovino	25	Castrado
Guimarães et al., 2022	Ovino	4	Castrado
Ramos, 2020	Ovino	10	Não-castrado
Bastos et al., 2011	Ovino	1	Não-castrado
Rodrigues et al., 2019	Ovino	11	Não-castrado
Perazzo et al., 2016	Ovino	13	Não-castrado
Ribeiro et al., 2018	Ovino	30	Não-castrado
Silva et al., 2016	Ovino	36	Não-castrado
Santos et al., 2021	Ovino	8	Não-castrado
Azevedo et al., 2015	Ovino	10	Castrado
Diogenes et al., 2020	Ovino	3	Não-castrado
Ribeiro et al., 2017	Ovino	13	Não-castrado
Silva, et al., 2020a	Ovino	13	Não-castrado
Bandeira et al., 2017	Ovino	4	Não-castrado
Gomes et al., 2017	Ovino	3	Não-castrado
			Fêmea
Oliveira, et al., 2014	Ovinos	25	Não-castrado
Regadas Filho et al., 2013	Ovinos	6	Não-castrado
Costa et al., 2013	Ovinos	3	Não-castrado
Pereira et al., 2014	Ovinos	7	Não-castrado
Silva et al., 2010	Ovinos	8	Castrado
Herbster (ND)	Ovinos	1	Fêmea
Brito Neto (ND)	Ovinos	9	Fêmea

¹ Unidades experimentais utilizadas no estudo.

ND – Informações dos autores ainda não publicados.

Tabela 1.1. Continuação da descrição do banco de dados utilizado no desenvolvimento das equações de predição do consumo FDN(%PC) de ovinos e caprinos.

Author	Species	n ¹	Sex class
Silva et al., 2022	Ovino	13	Não-castrado
Caldas et al., 2021	Ovino	5	Não-castrado
Almeida, 2015	Ovino	70	Castrado
Nascimento et al., 2020	Ovino	1	Não-castrado
Ferreira, 2017	Ovino	6	Não-castrado
Andrade, 2011	Ovino	13	Não-castrado
Nogueira, 2013	Ovino	3	Não-castrado
Nicory et al., 2015	Ovino	12	Não-castrado
Souza, 2016	Ovino	28	Não-castrado
Nobre et al., 2018	Ovino	18	Não-castrado
Araújo et al., 2017	Ovino	20	Não-castrado
Santos, 2021	Ovino	25	Castrado
Teixeira et al., 2017	Caprino	2	Não-castrado
Ferreira et al., 2015	Caprino	1	Castrado
Fernandes et al., 2007	Caprino	4	Não-castrado
Almeida et al., 2015	Caprino	1	Fêmea
Figueiredo et al., 2017	Caprino	14	Castrado
Palmieri et al., 2016	Caprino	1	Castrado
Assis et al., 2019	Caprino	15	Não-castrado
Bezerra et al., 2019	Caprino	21	Castrado
Silva et al., 2020b	Caprino	1	Fêmea
Silva et al., 2021	Caprino	35	Castrado
Santos, 2018	Caprino	8	Não-castrado
Oliveira et al., 2019	Caprino	9	Não-castrado
Lima et al., 2022	Caprino	13	Não-castrado
			Castrado

¹ Unidades experimentais utilizadas no estudo

Tabela 2. Descrição dos dados utilizados na validação das equações de predição do consumo de FDN(%PC) de ovinos e caprinos confinados em condições tropicais.

Estudos	Genótipo	n1	CMS	CFDN(%PC)	V:C	Forragem	Sexo
Barbosa et al., (2018)	Caprino	1	590,0	11,45	60:40	Feno Tifton 85	Não-castrado
Busato et al., (2022)	Caprino	1	907,0	12,13	40:60	Capim elefante	Não-castrado
Ferraz et al., (2018)	Caprino	3	910,67	10,31	25:75	Feno Tifton 85	Não-castrado
Tosto et al., (2021)	Caprino	1	960,0	6,83	-	Palma forrageira	Castrado
Santos et al., 2020	Caprino	1	752.50	13,37	30:70	Feno Tifton 85	Castrado
Silva et al., 2015	Caprino	4	682.91	13,81	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Oliveira et al., 2021	Caprino	4	882.50	8,30	20:80	Feno Tifton 85	Fêmea
Pereira et al., 2019	Caprino	2	687.00	13,74	30:70	Feno Tifton 85	Não-castrado
Elias et al., (2016)	Ovino	2	1097	14,83	60:40	Capim Elefante	Não-castrado
Costa et al., (2016)	Ovino	3	1058	12,28	40:60	Feno Tifton 85	Não-castrado
Oliveira et al., (2021)	Ovino	2	901	14,46	60:40	Silagem de cana	Não-castrado
Filho et al., (2015)	Ovino	4	1057	15,13	50:50	CapimTifton	
Menezes et al., (2016)	Ovino	1	865	15,89	40:60	Capim Buffel	Não-castrado
Cutrin et al., (2012)	Ovino	2	1100	14,48	60:40	Capim Elefante	Castrado
Nunes et al., (2020)	Ovino	4	1054	10,84	50:20	Silagem de milho	Não-castrado
Sousa et al., (2022)	Ovino	3	795	9,97	40:60	CapimTifton	Não-castrado
Lima et al., 2018	Ovino	4	1,020.00	15,25	50:50	Feno Tifton 85	Não-castrado
Costa et al., 2021	Ovino	4	955.20	12,15	40:60	Feno Tifton 85	Não-castrado
Teixeira et al., (2021)	Ovino	2	1039,30	12,98	40:60	Feno Tifton 85	Não-castrado

¹Unidade experimental CMS, consumo de matéria seca; CFDN(%PC), consumo de fibra em detergente neutro em% do peso corporal; V:C, volumoso:concentrado

