

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>fef</sub>)  
para cordeiros em terminação**

**Nathalia Rubio Eckermann**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência  
Animal e Pastagens.

**Piracicaba  
2021**

**Nathalia Rubio Eckermann  
Bacharela em Zootecnia**

**Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) para cordeiros  
em terminação**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **EVANDRO MAIA FERREIRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência  
Animal e Pastagens

**Piracicaba  
2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Eckermann, Nathalia Rubio

Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas para cordeiros em terminação / Nathalia Rubio Eckermann. -- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - - Piracicaba, 2021.

103 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Carcaça 2. Desempenho 3. Digestibilidade 4. pH ruminal I. Título

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Richard W. E. Eckermann, Roseli Rubio Eckermann e minha irmã Pricila Rubio Eckermann que sempre me incentivaram e deram suporte para que eu conseguisse concluir essa etapa em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por iluminar meu caminho e guiar minhas escolhas em todos os momentos.

À minha querida família, em especial meus pais, Richard W. E. Eckermann e Roseli Rubio Eckermann, e também minha irmã, Pricila Rubio Eckermann. Que sempre serviram de inspiração para mim, além de serem meu porto seguro, me apoiando em qualquer situação.

Ao meu noivo, Estêvão Azevedo Melo, por cada momento compartilhado, paciência, carinho e apoio em todos os momentos dessa caminhada.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização da pós-graduação e todo suporte oferecido.

Ao professor Dr. Evandro Maia Ferreira, que me acolheu em seu grupo de pesquisa e me orientou durante o mestrado, obrigada pelos ensinamentos, além da confiança em mim depositada para a realização deste trabalho. Ao professor Dr. Alexandre Vaz Pires pelas valiosas contribuições, ensinamentos e acolhimento ao seu grupo de pesquisa e laboratório. À professora Dra. Carla Marin Machado Bittar, que durante meu curso conduziu a coordenação do programa de maneira justa e honesta, além de abrir as portas do seu laboratório para nosso grupo e me auxiliar com tamanha paciência em algumas análises laboratoriais. Ao corpo docente esalqueano com quem tive contato a partir de disciplinas e atividades da pós-graduação, obrigada pelo ensinamento em diversos momentos e assuntos.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa durante parte da jornada, e à CAPES, que concedeu a bolsa em outro momento durante o mestrado.

À FAPESP pelo auxílio financeiro para condução do projeto.

Aos companheiros de dia-a-dia do setor (SIPOC), os funcionários Zica (Adilson), Anderson, José Marcos, Roberto, Joseval, Dudu, Manu e Dona Neuza, obrigada por cada ajuda, explicação, paciência e momentos agradáveis que pude compartilhar.

Aos integrantes do grupo de pesquisa do LNRA e do SIPOC e também aos colegas que a pós-graduação acrescentou em minha vida: Daniel (que com toda sua paciência e conhecimento agregou grandemente desde o início ao meu trabalho), Janaina, Xena (André), Zé Paulo, Pinguim (Arnaldo), Gabi, Lairana, Pancada (Marcelo), Matheuzinho, Mizsura, Bela, Paulão, Isa, Dri e Marcus, Ppk (Matheus), Carol, Rhaíssa e Christian, Terezinha, Ancelmo, Amanda, Juliana de Assis, Gercinu e Marcos

Busanello. Obrigada pela ajuda no campo e também intelectual, além dos momentos de alegria compartilhados.

Aos estagiários que foram de grande importância para que este trabalho fosse concluído, auxiliando como e quando podiam: Victória, Poxéti, Bárbara, Indomada, Lakta, Jamile, Paulinho e Chico.

Agradeço também aos animais que possibilitaram que minha pesquisa fosse conduzida, e que sempre foram motivo de alegria no dia-a-dia, fonte de inspiração e sobretudo respeito.

Enfim, agradeço à todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, que conseguiram junto comigo fazer com que esse sonho se tornasse realidade.

Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE TABELAS .....	12
LISTA DE ABREVIATURAS .....	13
1. INTRODUÇÃO .....	15
REFERÊNCIAS .....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	19
2.1. PRODUÇÃO DE OVINOS .....	19
2.2. CONFINAMENTO DE CORDEIROS E DESEMPENHO .....	19
2.3. FERMENTAÇÃO RUMINAL .....	21
2.4. ACIDOSE RUMINAL .....	24
2.5. FIBRA NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: FRAÇÕES, IMPORTÂNCIA E EXIGÊNCIAS .....	26
2.6. FIBRA FISICAMENTE EFETIVA E FDN <sub>FE</sub> DE FORRAGEM .....	28
REFERÊNCIAS .....	30
3. EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN <sub>FEF</sub> ) PARA CORDEIROS EM TERMINAÇÃO: FERMENTAÇÃO RUMINAL, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E BALANÇO DE NITROGÊNIO .....	37
RESUMO .....	37
ABSTRACT .....	37
3.1 INTRODUÇÃO .....	38
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.2.1 Local, animais e instalações experimentais .....	39
3.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar .....	40
3.2.3 Digestibilidade dos nutrientes .....	44
3.2.4 Características de fermentação ruminal .....	44
3.2.5 Balanço de nitrogênio .....	45
3.2.6 Análises laboratoriais bromatológicas e cálculos .....	46
3.2.7 Análise estatística .....	47
3.3 RESULTADOS .....	47
3.3.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes .....	47
3.3.2 Parâmetros de fermentação ruminal .....	49
3.3.3 Balanço de nitrogênio .....	51
3.4 DISCUSSÃO .....	53
3.4.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes .....	53
3.4.2 Parâmetros de fermentação ruminal .....	54
3.4.3 Balanço de nitrogênio .....	56
3.5 CONCLUSÃO .....	56
REFERÊNCIAS .....	57
4 EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN <sub>FEF</sub> ) PARA CORDEIROS EM TERMINAÇÃO: DESEMPENHO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, PARÂMETROS SANGÜÍNEOS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA .....	61
RESUMO .....	61
ABSTRACT .....	62
4.1 INTRODUÇÃO .....	62
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	64
4.2.1 Local, animais e instalações experimentais .....	64
4.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar .....	64
4.2.3 Comportamento ingestivo .....	69
4.2.4 Análises laboratoriais bromatológicas .....	69

4.2.5	Colheita de sangue para análises .....	70
4.2.5.1	Aspartato-aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) .....	70
4.2.5.2	Glicose e Ureia.....	71
4.2.5.3	Insulina.....	71
4.2.5.4	Lactato .....	71
4.2.6	Abate dos animais e características da carcaça .....	71
4.2.7	Análise estatística.....	72
4.3	RESULTADOS.....	73
4.3.1	Desempenho .....	73
4.3.2	Comportamento ingestivo.....	75
4.3.3	Parâmetros sanguíneos .....	79
4.3.4	Abate, carcaça, cortes e componentes não carcáceos.....	81
4.4	DISCUSSÃO .....	91
4.4.1	Desempenho .....	91
4.4.2	Comportamento ingestivo.....	92
4.4.3	Parâmetros sanguíneos .....	94
4.4.4	Abate, carcaça, cortes e componentes não carcáceos.....	96
4.5	CONCLUSÃO .....	98
	REFERÊNCIAS.....	98
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	103



## RESUMO

### Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) para cordeiros em terminação

A definição da exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ , feno de “coastcross”) de cordeiros recebendo dietas à base de grão de milho moído contendo elevado teor de concentrado foi avaliada através de dois experimentos. Metabolismo (experimento 1): Cinco borregos Dorper x Santa Inês, canulados no rúmen, distribuídos em delineamento experimental quadrado latino  $5 \times 5$ , foram utilizados para avaliar o efeito do fornecimento de cinco teores de  $FDN_{fef}$  sobre os parâmetros ruminais, a digestibilidade dos nutrientes e o balanço de nitrogênio. As rações experimentais foram isonitrogenadas, e os tratamentos definidos pela inclusão de 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de  $FDN_{fef}$ , % da MS. Houve efeito quadrático dos teores de  $FDN_{fef}$  sobre o consumo dos nutrientes. A digestibilidade da MS, MO, CNF, e do amido diminuíram linearmente ( $P < 0,01$ ) com o aumento nos teores de  $FDN_{fef}$ . A proporção molar de acetato apresentou resposta quadrática ( $P = 0,02$ ), cuja maior concentração foi observada com a inclusão de 10,4% de  $FDN_{fef}$ . Por sua vez, a proporção molar de propionato diminuiu linearmente ( $P < 0,001$ ) em resposta aos teores crescentes de  $FDN_{fef}$ . A proporção molar de isobutirato ( $P < 0,001$ ), C2:C3 ( $P < 0,001$ ), a relação da somatória do acetato e butirato/propionato ( $P < 0,001$ ), e o pH ruminal ( $P < 0,01$ ) aumentaram linearmente com o aumento nos teores de  $FDN_{fef}$ . Desempenho (experimento 2): Sessenta cordeiros Dorper x Santa Inês não castrados foram usados para avaliar seis teores de  $FDN_{fef}$  sobre o desempenho, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e características de carcaça. As dietas experimentais foram isonitrogenadas, os teores de inclusão de  $FDN_{fef}$  foram: 0, 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 e 13% de  $FDN_{fef}$ . Houve efeito quadrático para o CMS (kg/d;  $P = 0,03$ ) e GMD ( $P < 0,01$ ), cujo maiores valores foram encontrados no teor de 7,8% de  $FDN_{fef}$ . Entretanto, a inclusão de  $FDN_{fef}$  reduziu linearmente a EA ( $P = 0,03$ ). A variável de ingestão no comportamento ingestivo aumentou linearmente ( $P < 0,001$ ), enquanto os tempos de ruminação ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P < 0,001$ ) min/d apresentaram efeito quadrático, cujos maiores valores foram observados no teor de 7,8%  $FDN_{fef}$ , houve efeito quadrático para o tempo em ócio ( $P < 0,001$ ; min/d). Em min/g MS consumida houve efeito linear crescente para ruminação ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P < 0,0001$ ), enquanto que em min/g FDN consumida a ingestão ( $P < 0,001$ ) apresentou efeito quadrático. Houve efeito quadrático para ingestão ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P = 0,02$ ) quando foram calculadas em min/g de FDN consumida, em que os menores tempos foram observados entre os tratamentos de 5,2 a 10,4%  $FDN_{fef}$ . O volume ruminal ( $P = 0,02$ ) e o peso do TGI cheio ( $P = 0,03$ ) tiveram efeito quadrático, em que os maiores valores foram na inclusão de 10,4%  $FDN_{fef}$ . O peso corporal ao abate ( $P < 0,01$ ), PCQ ( $P < 0,01$ ) e PCF ( $P < 0,01$ ) apresentaram efeito quadrático, acompanhando o desempenho. Porém o rendimento de carcaça quente ( $P < 0,0001$ ) e carcaça fria ( $P < 0,0001$ ), e espessura de parede corporal ( $P < 0,01$ ) diminuíram linearmente com o aumento nos teores  $FDN_{fef}$ . Houve resposta quadrática para score de marmoreio ( $P = 0,04$ ), peso de gordura peri-renal ( $P < 0,01$ ) AOL ( $P = 0,04$ ) e para os cortes costela ( $P = 0,01$ ), pernil ( $P < 0,01$ ) e lombo ( $P = 0,01$ ), comprimento interno de carcaça ( $P = 0,01$ ), índice de compacidade de carcaça ( $P < 0,01$ ) e perímetro torácico ( $P < 0,01$ ), cujos maiores valores foram encontrados no teor de inclusão de 5,2% de  $FDN_{fef}$ . O teor de 5,2% de  $FDN_{fef}$  é o indicado como adequado para formulação de dietas ricas em energia para cordeiros em

confinamento, pois foi o teor que combinou parâmetros ruminiais, desempenho e produção de carcaça mais eficientes.

Palavras-chave: Carcaça, Desempenho, Digestibilidade, Fibra, pH ruminal

## ABSTRACT

### Requirement of physically effective forage NDF ( $NDF_{pef}$ ) for feedlot lambs

The definition of the physically effective NDF requirement of forage ( $NDF_{pef}$ , coastcross hay) for lambs fed high-grain diets based on ground corn was evaluated through two experiments. Metabolism (experiment 1): Five Dorper × Santa Inês lambs, cannulated in the rumen, distributed in a 5 × 5 Latin square experimental design, were used to evaluate the effect of providing five levels of  $NDF_{pef}$  on ruminal parameters, nutrient digestibility and the nitrogen balance. The experimental diets were isonitrogenated, and the treatments defined by the inclusion of 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 or 13.0% of  $NDF_{pef}$ , % of DM. There was a quadratic effect of  $NDF_{pef}$  levels on nutrient intake. The digestibility of DM, OM, NFC, and starch decreased linearly ( $P < 0.01$ ) with the increase in the contents of  $NDF_{pef}$ . The molar proportion of acetate showed a quadratic response ( $P = 0.02$ ), the highest concentration of which was observed with the inclusion of 10.4%  $NDF_{pef}$ . In turn, the molar proportion of propionate decreased linearly ( $P < 0.001$ ) in response to increasing levels of  $NDF_{pef}$ . The molar ratio of isobutyrate ( $P < 0.001$ ), C2: C3 ( $P < 0.001$ ), the ratio of the sum of acetate and butyrate / propionate ( $P < 0.001$ ), and the ruminal pH ( $P < 0.01$ ) increased linearly with the increase in the levels of  $NDF_{pef}$ . Performance (experiment 2): Sixty non-castrated Dorper × Santa Inês lambs were used to evaluate six levels of  $NDF_{pef}$  on performance, ingestive behavior, blood parameters and carcass characteristics. The experimental diets were isonitrogenated, the levels of inclusion of  $NDF_{pef}$  were: 0, 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 and 13% of  $NDF_{pef}$ . There was a quadratic effect for DMI (kg / d;  $P = 0.03$ ) and ADG ( $P < 0.01$ ), whose highest values were found in the content of 7.8% of  $NDF_{pef}$ . However, the inclusion of  $NDF_{pef}$  linearly reduced EA ( $P = 0.03$ ). The intake variable in the ingestive behavior increased linearly ( $P < 0.001$ ), ruminating ( $P < 0.0001$ ) and chewing ( $P < 0.001$ ) (min/d) showed a quadratic effect, whose longest times were observed in the content of 7.8%  $NDF_{pef}$ , there was a quadratic effect for idle time ( $P < 0.001$ ; min/d). In min/g DM consumed there was a linear increase for rumination ( $P < 0.0001$ ) and chewing ( $P < 0.0001$ ), while in min/g NDF consumed the intake ( $P < 0.001$ ) showed a quadratic effect. There was a quadratic effect for intake ( $P < 0.0001$ ) and chewing ( $P = 0.02$ ) when they were calculated in min/g of consumed  $NDF_{pe}$ , in which the shortest times were observed between treatments 5.2 to 10.4 %  $NDF_{pef}$ . The ruminal volume ( $P = 0.02$ ) and weight of the full GIT ( $P = 0.03$ ) had a quadratic effect, in which the highest values were in the inclusion of 10.4%  $NDF_{pef}$ . Slaughter body weight ( $P < 0.01$ ), WCH ( $P < 0.01$ ) and WCC ( $P < 0.01$ ) showed a quadratic effect, following the performance. However, the yield of hot carcass ( $P < 0.0001$ ) and cold carcass ( $P < 0.0001$ ), and body wall thickness ( $P < 0.01$ ) decreased linearly with the increase in  $NDF_{pef}$  levels. There was a quadratic response for marbling score ( $P = 0.04$ ), peri-renal fat weight ( $P < 0.01$ ), LM area ( $P = 0.04$ ), and for the rib cuts ( $P = 0.01$ ), ham ( $P < 0.01$ ) and loin ( $P = 0.01$ ), internal carcass length ( $P = 0.01$ ), carcass compactness index ( $P < 0.01$ ) and thoracic perimeter ( $P < 0.01$ ), whose highest values were found in the inclusion content of 5.2% of  $NDF_{pef}$ . The 5.2% content of  $NDF_{pef}$  is indicated as suitable for formulating energy-rich diets for lambs in confinement, as it was the content that combined ruminal parameters, performance and more efficient carcass production.

Keywords: Carcass, Performance, Digestibility, Fiber, Ruminal pH

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Minutos em atividade de ruminação (a) e mastigação (b) por grama de matéria seca consumida de cordeiros em terminação alimentados com teores crescentes de $FDN_{fef}$ em diferentes períodos (P1, P2 e P3).....	77
Figura 2. Minutos despendidos ingestão (a), ruminação (b) e mastigação (c) por grama de FDN consumida de cordeiros em terminação alimentados com teores crescentes de $FDN_{fef}$ em diferentes períodos (P1, P2 e P3).....	77
Figura 3. Minutos despendidos ingestão (a), ruminação (b) e mastigação (c) por grama de $FDN_{fe}$ consumida de cordeiros em terminação alimentados com teores crescentes de $FDN_{fef}$ em diferentes períodos (P1, P2 e P3).....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da ms)...	41
Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).	42
Tabela 2. Composição química e FDN fisicamente efetiva do feno coastcross.	43
Tabela 3. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no consumo e digestibilidade dos nutrientes de cordeiros em confinamento.	48
Tabela 4. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) na proporção e concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), pH ruminal e nitrogênio amoniacal de cordeiros em confinamento.	50
Tabela 5. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no consumo e balanço de nitrogênio de cordeiros em confinamento.	52
Tabela 6. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).	66
Tabela 6. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).	67
Tabela 7. Composição química e FDN fisicamente efetiva do feno coastcross.	68
Tabela 8. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no desempenho de cordeiros em confinamento.	74
Tabela 9. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento.	76
Tabela 10. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) nos parâmetros sanguíneos de cordeiros em confinamento.	80
Tabela 11. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no peso e proporção do trato gastrointestinal de cordeiros em confinamento.	82
Tabela 12. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no peso das vísceras de cordeiros em confinamento.	84
Tabela 13. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no peso ao abate e características de carcaça de cordeiros em confinamento.	86
Tabela 14. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) no peso dos cortes de cordeiros em confinamento.	88
Tabela 15. Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) nos índices da carcaça de cordeiros em confinamento.	90

## LISTA DE ABREVIATURAS

- (Ac+but):prop: relação entre a soma do acetato e butirato com o propionato
- AGCC: ácidos graxos de cadeia curta
- ALT: alanina aminotransferase
- AOL: área de olho de lombo
- AST: aspartato aminotransferase
- C: efeito cúbico
- C2:C3: relação acetato:propionato.
- CEC: comprimento externo da carcaça
- CF: carboidratos fibrosos
- CIC: comprimento interno da carcaça
- CMS: consumo de matéria seca
- CNF: carboidratos não fibrosos
- CP: comprimento do pernil
- D\*P: efeito de interação entre dietas e períodos.
- EA: eficiência alimentar
- EE: extrato etéreo
- EGS: espessura de gordura subcutânea
- EM, Mcal/kg: Eenergia metabolizável
- EM: escore de marmoreio
- EPC: espessura de parede corporal
- EPM: erro padrão da média.
- FDA: fibra insolúvel em detergente ácido
- FDN: fibra insolúvel em detergente neutro
- FDN<sub>e</sub>: FDN efetiva
- FDN<sub>fe</sub>: FDN fisicamente efetiva
- FDN<sub>fed</sub>> 1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total considerando partículas retidas em peneira acima de 1,18 mm
- FDN<sub>fed</sub>> 4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total considerando partículas retidas em peneira acima de 4 mm
- FDN<sub>fef</sub>: FDN fisicamente efetiva de forragem
- FDN<sub>fef</sub>>1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da forragem considerando partículas retidas em peneira acima de 1,18 mm
- FDN<sub>fef</sub>>4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da forragem considerando partículas retidas em peneira acima de 4 mm

fef: fator de efetividade física  
GMD: ganho médio diário  
GPR: gordura peri-renal  
H: efeito do horário da coleta  
ICC: índice de compacidade de carcaça  
ID: intestino delgado  
IG: intestino grosso  
L: efeito linear  
Min/d: minutos por dia gasto em cada atividade  
Min/g FDN: minutos de cada atividade em relação a cada grama de FDN consumida  
Min/g FDN<sub>fe</sub>: minutos de cada atividade em relação a cada grama de FDN<sub>fe</sub> consumida  
Min/g MS: minutos de cada atividade em relação a cada grama de matéria seca consumida  
MM: matéria mineral  
MS: matéria seca  
N: nitrogênio  
NDT: nutrientes digestíveis totais  
N-NH<sub>3</sub>: nitrogênio amoniacal  
PB: proteína bruta  
PCA: peso corporal ao abate  
PCF: peso de carcaça fria  
PCQ: peso de carcaça quente  
PDR: proteína degradável no rúmen  
pH: potencial hidrogenico  
PP: perímetro de pernil  
PPR: perda por resfriamento  
PSPS: Penn State Particle Separator  
PT: perímetro de tórax  
PV: peso vivo  
PV<sup>0,75</sup>: peso metabólico  
Q: efeito quadrático  
RCF: rendimento de carcaça resfriada  
RCQ: rendimento de carcaça quente  
TGI: trato gatrointestinal  
UI: unidades internacionais

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), no ano de 2017 o rebanho de ovinos registrado no Brasil foi de aproximadamente 17,9 milhões de cabeças, sendo as maiores concentrações presentes nas regiões Nordeste e Sul. A ovinocultura nacional ainda não é capaz de absorver a demanda interna de consumo, com isso o país importa carne ovina, principalmente do Uruguai (Aro et al., 2007). Em 2017 o país importou ao todo 7,4 mil toneladas de carne ovina (CNA, 2018).

O cenário do sistema extensivo para criação de ovinos é de instabilidade e despadronização dos produtos finais, pois depende das condições dos pastos para boas respostas produtivas, e existem oscilações climáticas que não permitem disponibilidade de forragem o ano todo, além da composição nutricional das plantas forrageiras tropicais não serem suficientes para explorar todo o potencial produtivo dos animais (Nascimento et al., 2020). Garcia et al. (2010) avaliaram três sistemas de produção (intensivo, semi-intensivo e extensivo), e observaram melhores desempenhos e parâmetros relacionados a carcaça para o sistema intensivo. Portanto, a produção de carne em sistema intensivo, especialmente em condições de confinamento permite a obtenção de cordeiros precoces para abate, as quais produzem carcaça com qualidade superior (Gastaldello et al., 2010; Guerrero et al., 2018; Nascimento et al., 2020; Queiroz et al., 2008).

No confinamento, o uso de dietas com teores elevados de grãos apresentam diversas vantagens, como menor variação na composição nutricional, menores áreas de cultivo de pastagens, fácil armazenamento dos ingredientes constituintes da dieta, e praticidade no manejo de trato, entretanto exige maiores investimentos em infraestrutura (Cardoso et al., 2017).

De acordo com o NRC (2007) o consumo de energia é o principal preditor do desempenho, portanto em animais saudáveis, quanto maior o consumo de energia maior é o ganho médio diário de peso corporal (GMD). Contudo, a disponibilidade de energia digestível, relacionada com alteração dos teores de volumosos na dieta pode influenciar o crescimento microbiano (Weimer et al., 1999). Portanto, é importante mencionar que o fornecimento de dietas com alto teor de carboidratos não fibrosos aumenta os riscos de distúrbios metabólicos, tal como a acidose (Krause e Oetzel, 2006). De acordo com Silva e Neumann (2012) o papel da fibra em dietas de confinamento contendo elevada proporção de concentrado, é estimular a atividade de ruminação, a fim de contribuir para a manutenção das condições dentro de faixas aceitáveis para bom crescimento e atividade microbiana e saúde do animal.



Quando dietas contendo baixas inclusões de forragens são formuladas com base na fibra fisicamente efetiva ( $FDN_{fe}$ ), componente que promove atividades de mastigação e estimula a secreção de saliva, não ocorre limitação da função ruminal, resultando em valores de pH adequados, diminuindo as perdas produtivas que podem ocorrer devido a desordens metabólicas, resultando em máxima eficiência no uso dos recursos nutricionais (Galyean e Hubbert, 2014). Entretanto, algumas regiões possuem pouca oferta de volumosos conservados para uso como fonte de fibra nas dietas de confinamento, o que muitas vezes é um limitante para formulação de dietas de confinamento. Isso associado a busca por maximizar o desempenho dos animais tem estimulado o uso cada vez maior de dietas ricas em grãos (Gallo et al., 2019; Silva et al., 2019). Contudo, se houver conhecimento da composição nutricional da principal fonte de FDN da dieta, e sua efetividade física, é possível ajustar de maneira precisa seu uso, explorando com eficiência o alimento e o desempenho animal (Weiss et al., 2017). Portanto, conhecendo a exigência mínima de  $FDN_{fe}$ , é possível incluir a proporção mínima de forragem para atender as exigências do animal, e evitar problemas com distúrbios metabólicos, reduzindo as consequências produtivas que possam comprometer o desempenho do animal, e explorar a fração concentrada com os alimentos disponíveis e economicamente viáveis (Galyean e Hubbert, 2014).

Apesar de diversos trabalhos mostrarem resultados otimistas com dietas com altos teores de inclusão de grãos na terminação de cordeiros (Ferreira et al., 2011a; Gastaldello et al., 2010; Mello et al., 2020; Queiroz et al., 2008), não existe consenso sobre os teores mínimos de  $FDN_{fe}$  e/ou de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) para cordeiros em terminação recebendo dietas ricas em energia, sendo muitas vezes as dietas para cordeiros formuladas com base em dados de bovinos de corte (NASSEM, 2016). Segundo Allen (1997) a FDN de forragem possui melhor relação com o pH ruminal em vacas leiteiras do que a FDN total, motivo pelo qual a definição do teor ideal de  $FDN_{fef}$  para cordeiros permitirá a formulação de dietas ricas em energia com baixo risco de ocorrência de distúrbios nutricionais.

## Referências

- Allen, M.S., 1997. Relationship between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. *J. Dairy Sci.* 80, 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)
- Aro, D.T., Polizer, K.A., Pena, S.B., 2007. O Agronegócio na Ovinocultura de Corte no Brasil. *Rev. Científica Eletrônica Med. Veterinária* 6.
- Cardoso, E.D.S., De Santana Júnior, H.A., De Oliveira, A.P., De Ferreira, A.H.C., De Oliveira, Z.F., Freitas, T.B., 2017. Correlação entre o desempenho e o comportamento alimentar

- de cordeiros confinados recebendo dieta sem volumoso. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 39, 169–173. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i2.33453>
- CNA, 2018. Mercado de carne: balanço de produção, compra e comercialização de carne.
- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4120–4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>
- Gallo, S.B., Brochado, T., Ariboni Brandi, R., da Silva Bueno, I.C., Passareli, D., Birgel, D.B., Birgel Junior, E.H., 2019. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 767–773. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1750-0>
- Galyean, M.L., Hubbert, M.E., 2014. Review: Traditional and alternative sources of fiber-Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *Prof. Anim. Sci.* 30, 571–584. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01329>
- Garcia, I.F.F., Costa, T.I.R., Almeida, A.K. de, Pereira, I.G., Alvarenga, F.A.P., Lima, N.L.L., 2010. Performance and carcass characteristics of Santa Inês pure lambs and crosses with Dorper e Texel at different management systems. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 1313–1321. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010000600021>
- Gastaldello, L.A., Junior, Pires, A.V., Susin, I., Quirino, C., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes Performance and carcass characteristics of feedlot lambs fed high grain diets with bu. *Rev. Bras. Zootec.* 556–562.
- Guerrero, A., Sañudo, C., Campo, M.M., Olleta, J.L., Muela, E., Macedo, R.M.G., Macedo, F.A.F., 2018. Effect of linseed supplementation level and feeding duration on performance, carcass and meat quality of cull ewes. *Small Rumin. Res.* 167, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.07.014>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018. Efetivo dos rebanhos por municípios [WWW Document]. URL <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado> (accessed 6.2.20).
- Krause, K.M., Oetzel, G.R., 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 215–236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>
- Mello, Vinícius, M., Ferraz, D.C., Biava, J.S., Ferreira, E.M., 2020. Wet citrus pulp in finishing diets for feedlot lambs : performance and hepatic enzyme concentration. *Braz J Vet Res Anim Sci* 57, 1–9.

- Nascimento, C. de O., Santos, S.A., Pina, D. dos S., Tosto, M.S.L., Pinto, L.F.B., Eiras, D.N., Assis, D.Y.C. de, Perazzo, A.F., Araújo, M.L.M.L. de, Azevêdo, J.A.G., Mourão, G.B., Carvalho, G.G.P. de, 2020. Effect of roughage-to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance of feedlot lambs. *Small Rumin. Res.* 182, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.11.002>
- NASSEM, 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 8th Revise. ed. National Academies Press.
- NRC, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Queiroz, M.A.Á., Susin, I., Pires, A.V., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Almeida, O.C., Do Amaral, R.C., Mourão, G.B., 2008. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 43, 1193–1200. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900014>
- Silva, J.F. dos S., Souza, & M.T. de C., Vieira, & M.S.B., & Praxedes, R.F., Almeida, & V.V.S. de, Oliveira, & A.C., Rangel, & A.H. do N., Carvalho, & F.F.R. de, Lima Júnior, & D.M. de, 2019. The replacement of grass hay by cassava foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02171-y>
- Silva, M.R.H., Neumann, M., 2012. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: Conceitos e importância na nutrição de ruminantes. *FAZU em Rev.* 9, 69–84.
- Weimer, P.J., Waghorn, G.C., Odt, C.L., Mertens, D.R., 1999. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 122–134. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75216-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75216-1)
- Weiss, C.P., Gentry, W.W., Meredith, C.M., Meyer, B.E., Cole, N.A., Tedeschi, L.O., McCollum, F.T., Jennings, J.S., 2017. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. *J. Anim. Sci.* 95, 1707–1714. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1330>

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Produção de ovinos**

Os pequenos ruminantes foram disseminados por todo o mundo pela versatilidade da espécie, facilidade de domesticação, transporte, adaptação a locais impróprios a outras espécies, e maior fonte de alternativas para subsistência, já que os ovinos fornecem lã e pele para vestuário, além da carne e leite para alimentação (Fisher, 2002). Estes animais chegaram ao Brasil com os colonizadores espanhóis que desembarcaram no continente (Mariante e Egito, 2002). A espécie *Ovis aries* é a que predomina, sendo distribuída em todo o mundo destacando-se em climas tropical e mediterrâneo (Mateo et al., 2018).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), no ano de 2017 o rebanho de ovinos registrado no Brasil foi de aproximadamente 17,9 milhões de cabeças, estando os maiores planteis nas regiões Nordeste e Sul. A tradição das regiões que detem maior efetivo de rebanho é de consumo de animais mais velhos, com qualidade de carne inferior, com sabor marcante e mais duras (Silva, 2011). Sendo assim, em outros locais do Brasil, onde a carne de animais mais velhos e com sabor marcante tem pouca aceitação, como nos grandes centros urbanos, o consumo de carne de ovinos é menor. Então, nestas regiões observa-se preferência por carne com características como maciez, suculência e de sabor suave, sendo esta proteína de alto valor agregado, resultado de abate de animais jovens (Guerrero et al., 2018). Esses consumidores são responsáveis pelo potencial de aumento de consumo percapita nacional, portanto, é de extrema importância a ovinocultura se especializar em atender este crescente mercado (Pereira et al., 2016). Porém a produção nacional de carne de ovinos não é capaz de atender completamente a demanda interna, com isso o país importa em sua maioria carne ovina do Uruguai (Aro et al., 2007). Em 2017 o país importou ao todo 7,4 mil toneladas de carne ovina (CNA, 2018). Neste cenário, o desenvolvimento de tecnologias que possam viabilizar a produção de cordeiros para abate precoce pode favorecer o consumo de carne de ovinos no Brasil e com isso fomentar o crescimento da ovinocultura nacional.

### **2.2. Confinamento de cordeiros e desempenho**

Dentre as categorias de ovinos, os cordeiros possuem rápida capacidade de crescimento e eficiência alimentar, além de produzirem carcaças com maior rendimento e carne com melhores características sensoriais, características imprescindíveis para produção de carne de qualidade. Portanto, para que se possa desfrutar destas potencialidades da

categoria cordeiro, o sistema de engorda mais indicado é o confinamento com o fornecimento de dietas ricas em grãos (Ferreira et al., 2011a).

Em estudo de Ferreira et al. (2011a), cordeiros da raça Santa Inês apresentaram ganhos médios diários (GMD) de 287 g/d e eficiência alimentar (EA) de 0,252 quando receberam dieta contendo 90% de concentrado. Outros autores também reportaram elevados GMD (280 a 330 g/d) por cordeiros recebendo dietas contendo 90% de concentrado (Gastaldello et al., 2010; Queiroz et al., 2008). Estes trabalhos evidenciam que quando o objetivo é produzir animais para abate precoce o uso de dietas com elevado teor de concentrado é uma excelente opção.

Em termos gerais, as dietas mais recomendadas para terminação de cordeiros devem apresentar baixo teor de fibra, com intuito de aumentar a densidade energética (Ferreira et al., 2011a; Gallo et al., 2019). Em pesquisa realizada por Pinto e Millen (2019), com 33 nutricionistas de bovinos de diferentes regiões do país, observou-se que a média de inclusão de forragem nas dietas de terminação foi de 20,6% (% MS), mesmo sendo praticamente o dobro usado em confinamentos americanos, esses valores indicam claramente a tendência de redução na inclusão de volumosos nas dietas de bovinos ao longo dos últimos anos no Brasil. O uso de dietas com elevado teor de concentrado possui diversas vantagens, entre elas, menor variação na composição nutricional dos principais ingredientes utilizados para formulação, menores áreas de cultivo de pastagens, fácil armazenamento dos ingredientes constituintes da dieta, e praticidade no manejo de trato, entretanto exige maiores investimentos em instalações e a alimentação (Cardoso et al., 2017). Por isso é importante utilizar raças precoces e seus cruzamentos, que permitem elevados ganhos de peso (200 a 350g/animal/dia), tornando o sistema intensivo altamente eficiente e economicamente viável, pois reduz o tempo de confinamento e conseqüentemente os custos com alimentação (Moreno et al., 2010).

Parente et al. (2016), avaliaram dietas com elevados teores de concentrado (60 a 80% na MS), e observou-se que o fornecimento da dieta com 80% de concentrado aumentou a digestibilidade da matéria seca, o desempenho dos cordeiros e a margem bruta de lucro. Garcia et al. (2010) avaliaram o desempenho e as características de carcaça de cordeiros de diferentes grupos genéticos e sistemas de criação, e concluiu-se que os maiores ganhos de peso, peso de carcaça e rendimento de carcaça foram observados nos cordeiros criados em sistema intensivo, independentemente do grupo genético.

Segundo Parente et al., (2016), os principais fatores de aumento de produtividade em ruminantes são a qualidade do alimento e o consumo de matéria seca. Segundo Mertens (1987), o consumo de matéria seca é a variável de maior influência no desempenho animal. O controle do consumo de matéria seca pode ser por estímulos físicos ou químicos, o controle do consumo por estímulo físico está relacionado com a capacidade de armazenamento do

rúmen-retículo, em que os alimentos com maiores teores de fibra promovem maior limitação física (Fisher, 2002), de outra forma em dietas mais ricas em concentrado, o consumo máximo atingido é determinado pela demanda metabólica de energia (Mertens, 1994). Neste caso o sinal de saciedade é o reflexo do excesso de um ou mais metabólitos que aparecem na corrente sanguínea em taxa maior do que eles podem ser removidos, resultando em elevação na concentração sanguínea (Allen e Bradford, 2009). Allen et al. (2009), em uma revisão sobre o controle químico de consumo de matéria seca, abordou a teoria da oxidação hepática (HOT), que se baseia no controle de ingestão envolvendo neuroreceptores no fígado (glucoreceptores hepáticos), portanto, um dos mecanismos de controle da ingestão de alimentos ocorre por meio da sinalização de receptores hepáticos para o cérebro que é estimulado pela oxidação de uma variedade de combustíveis (ácidos graxos de cadeia longa, lactato, aminoácidos e glicerol). A aplicação desta teoria aos ruminantes apresenta alguns desafios porque a fermentação ruminal altera o tipo e o padrão de compostos absorvidos e oxidados no fígado. De acordo com esta teoria, a energia consumida por unidade de ATP (adenosina trifosfato) gerado no fígado indica o maior consumo de energia, assim a maior quantidade de ATP produzida gera estímulos nos hepatócitos indicando saciedade ao sistema nervoso central (Allen et al., 2009).

A energia é o fator limitante nutricional mais comum em pequenos ruminantes, os níveis de ingestão de energia determinam diretamente as taxas de crescimento do animal (NRC, 2007). Muitas pesquisas demonstraram que os animais podem ajustar o consumo de ração de acordo com a concentração energética da dieta, dentro de um determinado intervalo, e o aumento na concentração energética da dieta pode aumentar o ganho de peso (Kabir et al., 2014; Wang et al., 2020; Yerradoddi et al., 2015).

### **2.3. Fermentação ruminal**

Carboidratos fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF) são a principal fonte de energia para ruminantes. Se ocorrer limitação dessas fontes, o organismo mobiliza energia a partir de gordura da carcaça e, finalmente, da proteína da carcaça (McDonald, 2011). Os ruminantes não possuem aparato enzimático produzido pelo próprio animal capaz de digerir celulose, portanto, eles dependem principalmente da função dos microrganismos para a fermentação deste composto no rúmen (Fisher, 2002).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) são usados na nutrição de ruminantes como fonte de rápida fermentação, contudo, não estimulam o processo de ruminação e salivação, então elevadas inclusões dessa fração pode resultar em queda no pH ruminal, em casos mais severos provocar acidose ruminal (Clark et al., 1992). Por outro lado, os carboidratos fibrosos

são compostos por celulose e hemicelulose, compostos que exercem importante papel na atividade de ruminação e também na modulação da fermentação ruminal, sendo importantes para manter os padrões de fermentação ruminal compatíveis com a boa saúde dos animais ruminantes (Fox et al., 2004).

Os principais ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) de origem ruminal, são o ácido acético, propiônico e butírico. Entretanto, durante o processo de fermentação também são formados outros ácidos graxos no rúmen, geralmente em pequenas quantidades, pela desaminação de aminoácidos, como o ácido isobutírico, ácido valérico, ácido 2-metilbutírico e ácido 3-metilbutírico, advindos da desaminação da valina, prolina, isoleucina e leucina, respectivamente (McDonald, 2011). Segundo Tagang et al. (2010), esses ácidos produzidos no rúmen são considerados ácidos fracos, mas, como o pH do rúmen é quase neutro, 90-99% dos AGCC estão presentes como ânions e não como ácidos livres. Em todos os mamíferos já estudados, o acetato é o principal AGCC produzido, mas o propionato e butirato também estão presentes em grandes concentrações no rúmen, porém sofrem considerável alteração em suas concentrações conforme a dieta, sendo possível as proporções molares de acetato:propionato:butirato variar entre 75:15:10 a 40:40:20 (Tagang et al., 2010). Os ruminantes dependem dos AGCC para suprir até 80% das necessidades de energia de manutenção (Tagang et al., 2010). Grande parte dos ácidos produzidos são absorvidos diretamente do rúmen, retículo e omaso, embora 10 a 20% possam passar pelo abomaso e serem absorvidos no intestino delgado (McDonald, 2011). Estima-se que 60 a 70% da energia do epitélio do cólon é derivada de AGCC, particularmente de butirato (Tagang et al., 2010).

As rotas de formação de acetato e butirato são inter-relacionadas, derivando estes, principalmente de carboidratos fibrosos. Por sua vez, o propionato pode ser produzido a partir de piruvato por algumas vias alternativas (Valadares Filho e Santos Pina, 2011). A via do lactato e acrilato predomina quando a dieta do ruminante inclui elevada proporção de CNF, e as vias do succinato são empregadas quando a dieta consiste principalmente em forragens. Em dietas contendo elevada inclusão de carboidratos não fibrosos, o lactato produzido pela primeira via pode se acumular no rúmen e causar acidose no animal (Krause e Oetzel, 2006). Nos ruminantes, o propionato é também o principal substrato da gliconeogênese hepática (Tagang et al., 2010).

As bactérias que digerem fibras, conhecidas como celulolíticas, assim como as *Archea* (metanogênicas) preferem pH mais alto, entre 6,2 a 6,8, e começam a diminuir a reprodução e apresentam maior taxa de mortalidade quando o pH cai abaixo de 6,0, já as bactérias que digerem amido, amilolíticas, preferem pH mais baixo de entre 5,2 e 6,0 (Mirzaei-Aghsaghali, 2011). O ácido butírico aumenta quando há número maior de protozoários presentes no rúmen. A produção de ácido propiônico correlaciona-se positivamente com o teor de concentrado da dieta, enquanto que a produção de ácido acético correlaciona-se

positivamente com o teor de volumoso da dieta (McDonald, 2011). Em condições de elevadas concentrações hidrogeniônicas, ocorre maior gasto de energia por parte dos microrganismos para manutenção da homeostase celular, e se essa situação se agravar ou não cessar, causa morte desse microrganismo (Santos, 2011). O pH ruminal responde muito bem às refeições e a taxa de mastigação, diminuindo após as refeições e aumentando durante os períodos de ruminção (Allen, 1997).

A quantidade de FDN na dieta é um fator importante que interfere na ingestão de matéria seca, digestibilidade da dieta, pH ruminal e composição bacteriana no rúmen (Mertens, 1997). Quando há consumo de dietas com elevada densidade energética e de tamanho de partículas menores pelos ruminantes, a degradabilidade dos alimentos diminui devido ao aumento na taxa de passagem, visto que os microrganismos têm menos tempo de agir e degradar os alimentos, pois resulta em diminuição no tempo de retenção no rúmen (Mertens, 1997). A população bacteriana celulolítica do rúmen aumenta quando uma dieta com alto teor de FDN é fornecida aos ruminantes (Weimer et al., 1999). Portanto, a degradação do FDN é afetada positivamente quando o conteúdo de volumoso aumenta em dieta, o que sugere uma taxa de passagem mais lenta e maior colonização de bactérias celulolíticas (Vlaeminck et al., 2006). Além da digestão de fibras, os microrganismos do rúmen também fornecem mais de 60% de aminoácidos que os ruminantes utilizam.

A menor energia de forragens maduras em comparação à forragens jovens, não se deve apenas a diminuída digestibilidade de matéria orgânica, mas também está associada a alta concentração de celulose, pois a digestão desse polissacarídeo no rúmen e no metabolismo de seus produtos finais gera um elevado incremento calórico, ocorrendo perda de energia em forma de calor (Galyean e Hubbert, 2014). Durante a fermentação ruminal da matéria orgânica, é produzido hidrogênio e bactérias metanogênicas usa-o com dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para produzir metano ( $\text{CH}_4$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ocorrendo mais perda energética (McDonald, 2011). Os CNF, por exemplo amidos e açúcares simples, fermentam mais rápido no rúmen em comparação ao FDN, e como resultado a densidade energética de uma dieta aumenta quando a inclusão de CNF é aumentada. Normalmente, a energia disponível é um dos fatores que afetam o crescimento bacteriano no rúmen (Clark et al., 1992).

Para favorecer o crescimento microbiano no rúmen, possibilitando que mais proteína microbiana chegue ao intestino delgado dos ruminantes, o mecanismo comumente sugerido é o ajuste da relação volumoso:concentrado da dieta, esse resultado pode ser obtido pois a correta disponibilidade de energia e proteína degradável no rúmen (PDR) maximiza a reprodução dos microrganismos (Clark et al., 1992). A  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  é um excelente indicador dos limites mais baixos da relação volumoso:concentrado da dieta.



Aumento na degradação de FDN foi observado quando o teor de volumoso aumentou na dieta, sugerindo maior população de bactérias celulolíticas (Vlaeminck et al., 2006). Por outro lado, quando o teor de concentrado aumenta, a digestibilidade total da matéria orgânica do trato aumenta (McDonald, 2011). Como dito anteriormente, a disponibilidade de energia é o fator limitante que afeta o crescimento bacteriano no rúmen (Clark et al., 1992). É desejável maior degradação ruminal para maximizar a produção de proteínas microbianas e ingestão de energia, mas o aumento dos ácidos da fermentação devem ser compensados aumentando o conteúdo de FDN da dieta ou aumentando a FDN fisicamente efetiva com intuito de manter o pH ruminal, estimulando a secreção de salivar via atividade mastigatória (Allen, 1997).

#### **2.4. Acidose ruminal**

A disponibilidade de energia digestível, associada à alteração da proporção de volumosos na dieta, podem causar influências no crescimento microbiano (Weimer et al., 1999). Portanto, é importante mencionar que o fornecimento de dietas com elevado teor de CNF aumenta os riscos de desordens metabólicas, tal como a acidose (Krause e Oetzel, 2006). A acidose ruminal é resultado do desequilíbrio entre a produção de ácidos no rúmen, a partir da fermentação de carboidratos, e a absorção deles pelo epitélio ruminal, passagem para o abomaso ou neutralização pelas substâncias tamponantes (Nagaraja e Lechtenberg, 2007). A acidose pode ocorrer de maneira aguda, em que existe alta concentração de ácido láctico no rúmen, e é mais encontrada em animais recebendo dietas com elevados teores de concentrado, que são ricas em amido e carboidratos altamente fermentescíveis. A acidose pode também ocorrer de maneira subaguda, também chamada de crônica, mais comum em vacas produtoras de leite, em virtude do alto consumo de matéria seca e produção de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen por longos períodos (Krause e Oetzel, 2006). No caso de acidose ruminal aguda, há um aumento exacerbado na osmolaridade ruminal, acúmulo de glicose e lactato nas suas formas estereoisoméricas, o D-lactato e o L-lactato no líquido ruminal (Ewaschuk et al., 2005).

O cenário da acidose é decorrente de uma cascata de acontecimentos no ambiente ruminal, em que o elevado consumo de amido e de outros carboidratos rapidamente fermentescíveis aumentam a produção de AGCC, com isso o pH começa a diminuir, e a osmolaridade aumenta, a digestão da fibra fica comprometida, pois a aderência e colonização dos microrganismos à partícula de alimento é retardada, e a proliferação de bactérias celulolíticas diminuiu, nestas circunstâncias o pH deve estar por volta de 6,0 à 6,2 (Krause e Oetzel, 2006). Quando o pH chega a 5,5, considerado acidose subaguda, ocorre aumento substancial de produção de ácido láctico, resultado do ambiente favorável para multiplicação

de *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp.*, principais produtoras de lactato (Nagaraja e Lechtenberg, 2007). Se a situação não for controlada, por meio da diminuição de material rapidamente fermentescível no rúmen, ou ação de algum agente tamponante, a atividade enzimática das bactérias celulolíticas diminui drasticamente e os protozoários não resistem a queda do pH, sendo estes importantes mitigadores de acidose, pois são capazes de engolfar grânulos de amido, degradando-os lentamente (Krause e Oetzel, 2006; Mertens, 2000; Owens et al., 1998). O D-lactato também se acumula, devido a degradação mais lenta a piruvato, isso ocorre em função da menor concentração da enzima D-Lactato desidrogenase, resultando em acúmulo no rúmen, em comparação com o L-lactato (Ewaschuk et al., 2005). Se a situação se agravar as bactérias morrem em maior escala, podendo liberar quantidades significativas de endotoxinas, e quando o pH chega à 5,0, é considerado acidose aguda (Owens et al., 1998).

A disponibilidade de material fermentescível no rúmen é a premissa para que ocorra acidose ruminal, o que está diretamente relacionado ao consumo de matéria seca, e principalmente à composição da dieta ingerida, já que amido por exemplo é rapidamente fermentado (Mertens, 2000). Porém é importante dizer que se a fermentação for distribuída evitando assim picos de produção de AGCC no rúmen, as mudanças de pH e conseqüentemente a acidose, podem ser controladas. Sendo assim, manejos podem ser adotados para que auxiliem no controle deste distúrbio, como o fracionamento do trato dos animais durante o dia, evitando o elevado consumo de matéria seca em uma única refeição, resultado de muitas horas sem fornecimento de alimento e competitividade por alimento entre os animais do lote (Galyean e Hubbert, 2014). Além disso, o uso de aditivos, como a monensina sódica, que possuem a capacidade de controlar a população microbiana no rúmen resultando em mitigação da acidose. Ocorre também a modulação do CMS que é distribuído ao longo do dia reduzindo a variação diária do consumo de ração, assim o processo de fermentação ruminal é afetado, reduzindo a concentração total de AGCC e diminuindo a produção de lactato, mantendo um pH ruminal mais elevado (Polizel et al., 2021). Outro manejo de extrema importância na prevenção de acidose ruminal nos animais é a adaptação às dietas com elevados teores de concentrado, possibilitando que a microbiota presente no rúmen se adeque, ajustando a população gradativamente, além da adaptação do epitélio ruminal que precisa adquirir capacidade absorptiva para a quantidade de AGCC produzido (Krause e Oetzel, 2006). O crescimento anormal de *Streptococcus bovis* em resposta à disponibilidade de carboidratos fermentáveis é observado apenas em situações em que o animal não é adaptado às dietas ricas em grãos (Nagaraja e Lechtenberg, 2007).

Em situação comum de ingestão, de maneira distribuída ao longo do dia e adaptação bem conduzida, os AGCC não chegam a se acumular no rúmen, pois a absorção acompanha

a produção, neste caso, a fermentação ruminal é estável e o pH ruminal pode variar de 5,6 a 6,5, com o pH médio normalmente em torno de 5,8 a 6,2 (Furlan et al., 2011). Porém pode ocorrer a queda do pH por um breve período de tempo durante o dia, podendo ficar abaixo de 5,6. A variação do pH ruminal ocorre porque é influenciado pela ingestão de grãos, pela capacidade inerente do animal de produzir tamponantes e pelas taxas de absorção de AGCC pelo epitélio ruminal (Krause e Oetzel, 2006). Outra consideração importante sobre a acidose é o tempo que o pH fica baixo ao longo do dia, e não somente em momentos específicos e isolados, sendo a primeira situação mais grave e traz maiores prejuízos à saúde do animal (Yang e Beauchemin, 2006). O pH ruminal é considerado um fator crítico na função do rúmen, devido ao impacto direto nas populações microbianas e nos produtos de fermentação, além das funções fisiológicas, como motilidade e absorção (Nagaraja e Lechtenberg, 2007).

A mastigação estimula a secreção de saliva, rica em tampões de bicarbonato e fosfato, que possui importante papel na saúde ruminal, e é estimulada pelo consumo do volumoso pelo animal (Galyean e Hubbert, 2014). A fermentação de matéria orgânica no rúmen pelos microrganismos resulta em produção de AGCC, sendo que os tamponantes presentes na saliva tem a função de neutralizar esses produtos da fermentação, assim, a relação entre eles afeta diretamente o pH do rúmen (Allen, 1997).

Dietas ricas em concentrado e/ou com pouca FDN fisicamente efetiva, resultam em acúmulo de AGCC, diminuindo o pH ruminal (Yang e Beauchemin, 2006). Sendo assim, os teores de FDN de forragem e de FDN<sub>ie</sub> da dieta total de ruminantes, estão relacionados positivamente com o pH ruminal (Kolver e De Veth, 2002). A acidose, além da redução de consumo e desempenho, pode comprometer a absorção ruminal de nutrientes, visto que as elevadas concentrações de ácidos podem lesionar o epitélio ruminal e o quadro pode avançar para uma paraqueratose ou ruminite. Além disso, a mucosa pode perder a seletividade e permitir a entrada de bactérias patogênicas pela corrente sanguínea (Nagaraja e Lechtenberg, 2007).

A absorção dos AGCC no rúmen é rápida, eles são facilmente absorvidos pela corrente sanguínea e transportados para os tecidos do corpo onde são utilizados para gliconeogênese e lipogênese nos tecidos periféricos, bem como na síntese do leite (Tagang et al., 2010).

## **2.5. Fibra na produção de ruminantes: frações, importância e exigências**

A fibra desempenha um papel fundamental na nutrição de ruminantes, pois diversos trabalhos demonstram que tanto a quantidade, a fonte e a forma física da fibra alimentar são importantes na ração de vacas leiteiras, a fim de manter a função ruminal adequada, o estado

de saúde animal e a composição do leite (Mertens, 1997). Levando-se em conta que a maioria dos constituintes da fibra solúvel (pectina, frutanos, beta-glucanos) é prontamente fermentada no rúmen (Mirzaei-Aghsaghali, 2011), Mertens (1997) preferiu uma definição mais restritiva de fibra, sendo as frações indigestíveis e de digestão lenta do alimento que ocupam espaço no trato gastrointestinal. Nutricionalmente, a fibra possui atributos físicos e químicos relacionados aos processos mecânicos de digestão (mastigação e passagem) e à degradação enzimática associada à fermentação.

A fração fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) dos alimentos inclui celulose e lignina como componentes principais. Muitos fatores influenciam a relação entre o FDA e a digestibilidade, incluindo variedade de forragem, maturidade da planta e condições de armazenamento. Por sua vez, a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é uma medida das frações de celulose, hemicelulose e lignina dos alimentos, a qual possui maior correlação com a atividade mastigatória do que a FDA (Shane, 2010). O NRC (2001) para gado leiteiro recomenda que a FDN seja mantida em 25% da MS da dieta, sendo que pelo menos 75% desta fração seja proveniente da forragem. Portanto, há espaço para até 25% da FDN de fonte não forrageira para atender ao requisito do FDN.

É importante fornecer teores de fibra suficiente para manter níveis ideais AGCC no rúmen, proporcionando CMS suficiente para o animal expressar seu potencial de desempenho, além de adequada motilidade e morfologia do epitélio ruminal (Grant e Mertens, 1992; Nagaraja e Lechtenberg, 2007). De acordo com Silva e Neumann (2012) o papel primário da fibra em dietas para ruminantes é o fornecimento de substrato para atuação dos microrganismos, que por meio da fermentação produzem ácidos graxos voláteis, principais fontes de energia para os ruminantes, além de também ser essencial para estimular a ruminação e mastigação, possibilitando manter a saúde ruminal.

Os sistemas nutricionais mais recentes, como o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) para bovinos (Fox et al., 2004) e ovinos (Cannas et al., 2004) relatam que teores de FDN fisicamente efetiva inferiores a 20% influenciam negativamente a síntese de proteína microbiana, principalmente por reduzir o pH ruminal a valores abaixo de 6,0. Então, o CNCPS para bovinos e ovinos (Cannas et al., 2004) e o Sistema de Nutrição para Pequenos Ruminantes (SRNS) estabeleceram exigências mínimas entre 20,0 e 24,5 % de FDN.

Kozloski et al. (2006) avaliaram dietas com diferentes teores de FDN (25, 31, 37 e 43% da matéria seca) na alimentação de bovinos, com silagem de sorgo como fonte de fibra, e os resultados mostraram que o aumento do teor de fibra (FDN) diminuiu o consumo, mas não influenciou a digestão da fibra. Este efeito pode ser esclarecido pelo efeito de saciedade por enchimento, em que a capacidade de ingestão é limitada fisicamente. No entanto, a

redução do consumo e digestibilidade foram mais evidentes somente pela inclusão do nível mais alto de FDN (43%).

## 2.6. Fibra fisicamente efetiva e FDN<sub>fe</sub> de forragem

A inclusão de fibra na dieta de ruminantes é de extrema importância, visto todos os pontos abordados anteriormente. Porém, o conceito a ser utilizado de maneira mais precisa e eficiente é a de FDN fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>), sendo que esta fração estimula a atividade de mastigação e a secreção de saliva, resultando em valores de pH adequados, podendo auxiliar nutricionistas a minimizarem perdas no desempenho animal e problemas metabólicos (Silva e Neumann, 2012). Um problema da FDN como única medida da qualidade da fibra é que somente leva em consideração as características químicas da fibra e não considera as características físicas, como tamanho de partícula e densidade (Mertens, 1997).

Mertens (1997) descreveu a FDN<sub>fe</sub> como a fração da fibra capaz de estimular a ruminação, sendo assim, aumentar a efetividade física da fonte de volumoso pode ajudar a manter um pH ruminal mais elevado. A efetividade física da fibra pode variar em função da aspereza, digestibilidade e tamanho de partícula (Allen, 1997). No geral, esse tópico foi pesquisado mais detalhadamente em bovinos leiteiros do que em bovinos de corte e pequenos ruminantes. A efetividade física da fibra é relacionada à natureza bifásica do conteúdo ruminal, em que é formado por uma camada flutuante de partículas longas sobre uma mistura de líquidos e partículas pequenas. A formação desta camada flutuante e estável ("mat") retém as partículas que contêm fibra potencialmente digestível e pela filtração e entrelaçamento, altera a dinâmica de fermentação e passagem e contribui para estimular a ruminação. Assim, associada a outras medidas, tais como o tempo de atividade de mastigação, a consistência do "mat" ajuda a explicar as variações de efetividade da fibra (Mertens, 1997).

Resultados obtidos por Beauchemin e Yang (2005), demonstraram que a quantidade de FDN<sub>fe</sub> em dietas para vacas leiteiras contendo silagem de milho, não alteraram o pH, contudo a concentração total de AGCC foi aumentada com a redução de FDN<sub>fe</sub> da dieta, e conseqüentemente, houve redução na proporção acetato:propionato. Este efeito pode ter sido encontrado pelo fato de os teores utilizados de FDN na dieta total seguirem as recomendações de exigências mínimas da categoria, e por isso não houve comprometimento do ambiente ruminal.

A fibra desempenha um papel essencial na saúde e produtividade do animal a longo prazo (Mertens, 1997). Os distúrbios metabólicos geralmente são resultado do uso de dietas deficientes em fibra fisicamente efetiva. Pesquisas realizadas na Penn State University

indicaram que pelo menos 10% da ração total deve ter mais de 19 mm de comprimento, então recomendou que o uso do PSPS (Penn State Particle Separator) possa fornecer resultados relativos ao tamanho das partículas volumosas de uma dieta para bovinos leiteiros. Os tamanhos ideais de partículas propostos são pelo menos 10% de uma ração total na peneira superior (19 mm), 30 - 50% na peneira central (8 mm) e 40 - 60% na base peneira (Heinrichs e Kononoff, 2002).

O conteúdo de  $FDN_{fe}$  da dieta pode ser determinado pela multiplicação da concentração de FDN pela proporção de partículas retidas em uma peneira de 1,18 mm ou por seu fator de efetividade física (fef) (Mertens, 1997). Como a  $FDN_{fe}$  se refere apenas às propriedades físicas da fibra ou da dieta, é um conceito mais restrito que a FDN efetivo ( $FDN_e$ ). A  $FDN_{fe}$  sempre será menor que a FDN, enquanto a  $FDN_e$  pode ser menor ou maior que a concentração de FDN em um alimento (Mertens, 2000). A  $FDN_e$  é exigida pelas vacas leiteiras para estimular a mastigação, manter o ambiente ruminal ideal e prevenir a depressão da gordura do leite (Mertens, 1997). Vários parâmetros, incluindo mastigação, pH ruminal, relação acetato:propionato e porcentagem de gordura no leite têm sido utilizados como respostas dos animais para avaliar a  $FDN_e$  em rações para vacas leiteiras (Kononoff et al., 2000).

Segundo Mertens (1997) as partículas de alimento retidas em uma peneira de 1,18 mm apresentaram alta resistência à passagem do rúmen de ovelhas. Conseqüentemente adotou a abordagem de peneiração de 1,18 mm para fracionar as partículas maiores de ração que requerem mastigação, adotando esse método como padrão laboratorial para definição do fator de efetividade física dos alimentos para ruminantes. Zebeli et al. (2006) estimando o pH ruminal com medidas de  $FDN_{fe}>1,18$ , demonstrou que o aumento do  $FDN_{fe}>1,18$  na dieta aumentou o pH ruminal de modo quadrático, concluindo que o pH ruminal não aumenta indefinidamente, mas atinge um platô como resposta ao  $FDN_{fe}>1,18$  da dieta.

A atividade mastigatória é um dos melhores indicadores da saúde e função ruminal e da efetividade física das fibras. Mertens (1997) relacionou a atividade mastigatória à concentração de FDN e ao tamanho de partícula e propôs o conceito de  $FDN_{fe}$  para combinar essas propriedades em uma única medição. Um banco de dados de informações sobre a atividade mastigatória foi desenvolvido para estimar os fatores de efetividade física da FDN a partir de uma variedade de forragens e formas físicas. Com base na estimulação da mastigação por unidade de ingestão de FDN, foi concluído que a efetividade física da silagem de milho com partículas picadas grosseiramente era de 0,90 a 1,00, picada em partículas médias era de 0,90 a 1,00 e finamente picada variou de 0,80 a 0,90. A variação na efetividade física dentro e entre os comprimentos de corte indica que seria útil um método quantitativo para medir diretamente a  $FDN_{fe}$  da silagem de milho (Mertens, 1997).

Beauchemin e Yang (2005) demonstraram que o aumento do comprimento das partículas forrageiras aumentou a ingestão de  $FDN_{fe}$ , mas não afetou a ingestão de MS e FDN. Já o número de mastigações (mastigações/d) e o tempo de mastigação (ingestão e ruminação) aumentam linearmente com o aumento da  $FDN_{fe}$  na dieta (Shane, 2010). Gencoglu e Turkmen (2006) concluíram que a fonte de forragem pode afetar a atividade mastigatória e o pH ruminal está relacionado à  $FDN_{fe}$  e à estrutura da fibra. De acordo com Yang e Beauchemin (2006), o tamanho das partículas da dieta, expresso em  $FDN_{fe}$  é uma indicação confiável da atividade mastigatória.

Dos sistemas de avaliação da fração fibrosa, o conceito de  $FDN_{fe}$  proposto por Mertens (1997) está mais relacionado ao pH ruminal, porque é uma medida que reflete as características físicas da fibra, principalmente o tamanho das partículas, e a capacidade de estimular a ruminação. Utilizando a abordagem PSPS, determinou-se que o requisito de  $FDN_{fe}$  de vacas leiteiras era de 22% da MS para manter o pH ruminal médio de 6,0 (Shane, 2010). Em estudo realizado por Pinto e Millen (2019) 48,6% dos 33 nutricionistas de confinamentos de bovinos no Brasil entrevistados, o método de análise preferido escolhido foi a  $FDN_{fe}$ , isso ocorre devido ao elevado teor energético das dietas para este sistema, com isso, o monitoramento do tamanho de partículas é imprescindível para garantir que o mínimo de  $FDN_{fe}$  seja oferecida aos animais, possibilitando estimular a ruminação, proporcionando tamponamento ideal do rúmen, evitando distúrbios nutricionais, como a acidose.

## Referências

- Allen, M.S., 1997. Relationship between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. *J. Dairy Sci.* 80, 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)
- Allen, M.S., Bradford, B.J., 2009. Control of eating by hepatic oxidation of fatty acids. A note of caution. *Appetite* 53, 272–273. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.06.005>
- Allen, M.S., Bradford, B.J., Oba, M., 2009. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J. Anim. Sci.* 87, 3317–3334. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1779>
- Aro, D.T., Polizer, K.A., Pena, S.B., 2007. O Agronegócio na Ovinocultura de Corte no Brasil. *Rev. Científica Eletrônica Med. Veterinária* 6.
- Beauchemin, K.A., Yang, W.Z., 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88, 2117–2129. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72888-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72888-5)

- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Soest, P.J. Van, Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci* 82, 149–169.
- Cardoso, E.D.S., De Santana Júnior, H.A., De Oliveira, A.P., De Ferreira, A.H.C., De Oliveira, Z.F., Freitas, T.B., 2017. Correlação entre o desempenho e o comportamento alimentar de cordeiros confinados recebendo dieta sem volumoso. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 39, 169–173. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i2.33453>
- Clark, J.H., Klusmeyer, T.H., Cameron, M.R., 1992. Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 75, 2304–2323. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77992-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77992-2)
- CNA, 2018. Mercado de carne: balanço de produção, compra e comercialização de carne.
- Ewaschuk, J.B., Naylor, J.M., Zello, G.A., 2005. D-lactate in human and ruminant metabolism. *J. Nutr.* 135, 1619–1625. <https://doi.org/10.1093/jn/135.7.1619>
- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4120–4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>
- Fisher, D.S., 2002. A review of a few key factors regulating voluntary feed intake in ruminants. *Crop Sci.* 42, 1651–1655. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1651>
- Fox, D.G., Tedeschi, L.O., Tylutki, T.P., Russell, J.B., Van Amburgh, M.E., Chase, L.E., Pell, A.N., Overton, T.R., 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 112, 29–78. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006>
- Furlan, R.L., Macari, M., Faria Filho, D.E. de, 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal, SP, p. 616.
- Gallo, S.B., Brochado, T., Ariboni Brandi, R., da Silva Bueno, I.C., Passareli, D., Birgel, D.B., Birgel Junior, E.H., 2019. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 767–773. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1750-0>
- Galyean, M.L., Hubbert, M.E., 2014. Review: Traditional and alternative sources of fiber-Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *Prof. Anim. Sci.* 30, 571–584. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01329>
- Gastaldello, L.A., Junior, Pires, A.V., Susin, I., Quirino, C., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo



- alta proporção de concentrado adicionadas de agentes Performance and carcass characteristics of feedlot lambs fed high grain diets with bu. *Rev. Bras. Zootec.* 556–562.
- Gencoglu, H., Turkmen, I.I., 2006. Effects of forage source on chewing and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Rev. Med. Vet. (Toulouse)*. 157, 463–470.
- Grant, R.J., Mertens, D.R., 1992. Development of Buffer Systems for pH Control and Evaluation of pH Effects on Fiber Digestion In Vitro. *J. Dairy Sci.* 75, 1581–1587. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77915-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77915-6)
- Guerrero, A., Sañudo, C., Campo, M.M., Olleta, J.L., Muela, E., Macedo, R.M.G., Macedo, F.A.F., 2018. Effect of linseed supplementation level and feeding duration on performance, carcass and meat quality of cull ewes. *Small Rumin. Res.* 167, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.07.014>
- Heinrichs, J., Kononoff, P., 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. *Coll. Agric. Sci. DAS 02-42*, 1–14.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018. Efetivo dos rebanhos por municípios [WWW Document]. URL <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado> (accessed 6.2.20).
- Kabir, M., Sarker, M., Saha, B., Khandoker, M., Moniruzzaman, M., 2014. Effect of different levels of dietary energy on growth and carcass traits of Black Bengal goat. *Bangladesh J. Anim. Sci.* 43, 159–165. <https://doi.org/10.3329/bjas.v43i2.20719>
- Kolver, E.S., De Veth, M.J., 2002. Prediction of ruminal pH from pasture-based diets. *J. Dairy Sci.* 85, 1255–1266. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74190-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74190-8)
- Kononoff, P.J., Mustafa, A.F., Christensen, D.A., McKinnon, J.J., 2000. Effects of barley silage particle length and effective fiber on yield and composition of milk from dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 749–752. <https://doi.org/10.4141/A00-034>
- Kozloski, G. V., Trevisan, L.M., Bonnacarrère, L.M., Härter, C.J., Fiorentini, G., Galvani, D.B., Pires, C.C., 2006. Níveis de fibra em detergente neutro na dieta de cordeiros: Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 58, 893–900. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000500027>
- Krause, K.M., Oetzel, G.R., 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 215–236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>
- Mariante, A. da S., Egito, A.A., 2002. Animal genetic resources in Brazil: Result of five centuries of natural selection. *Theriogenology* 57, 223–235. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00668-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00668-9)
- Mateo, J., Caro, I., Carballo, D.E., Gutiérrez-Méndez, N., Arranz, J.J., Gutiérrez-Gil, B., 2018. Carcass and meat quality characteristics of Churra and Assaf suckling lambs. *Animal* 12, 1093–1101. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002270>

- McDonald, P., 2011. Animal nutrition, Nature. <https://doi.org/10.1038/111651a0>
- Mertens, D.R., 2000. Physically effective NDF and its use in formulating Dairy rations.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. *Bioenerg. Wild Herbiv.* 81–102. <https://doi.org/10.1201/9781351070218>
- Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function 1548–1558.
- Mirzaei-Aghsaghali, A., 2011. Importance of “physically effective fibre” in ruminant nutrition: A review. *Ann. Biol. Res.* 2, 262–270. <https://doi.org/http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Moreno, G.M.B., da Silva Sobrinho, A.G., Leão, A.G., Loureiro, C.M.B., Perez, H.L., Rossi, R.C., 2010. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 853–860. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010000400022>
- Nagaraja, T.G., Lechtenberg, K.F., 2007. Acidosis in Feedlot Cattle. *Vet. Clin. North Am. - Food Anim. Pract.* 23, 333–350. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.04.002>
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC, 2001. Nacional Research Council Nutrient requeriments of dairy cattle, 7.rev.ed. ed.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R., 1998. Acidosis in Cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 76, 275–286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>
- Parente, H.N., Parente, M.D.O.M., Gomes, R.M. da S., Sódre, W.D. dos S., Moreira Filho, M.A., Rodrigues, R.C., dos Santos, V.L.F., Araújo, J. dos santos, 2016. Increasing levels of concentrate digestibility , performance and ingestive behavior in lambs. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 186–194.
- Pereira, L., Bezerra, L.S., Barbosa, A.M., Carvalho, G.G.P., Simionato, J.I., Freitas, J.E., Araújo, M.L.G.M.L., Silva, R.R., Lacerda, E.C.Q., Carvalho, B.M.A., 2016. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. *Meat Sci.* 121, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.05.019>
- Pinto, A.C.J., Millen, D.D., 2019. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: The 2016 Brazilian survey. *Can. J. Anim. Sci.* 99, 392–407. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>
- Polizel, D.M., Martins, A.S., Miszura, A.A., Ferraz Júnior, M.V. de C., Bertoloni, A.V., Oliveira, G.B., Barroso, J.P.R., Ferreira, E.M., Pires, A.V., 2021. Low doses of monensin for lambs

- fed diets containing high level of ground flint corn. *Sci. Agric.* 78. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0263>
- Queiroz, M.A.Á., Susin, I., Pires, A.V., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Almeida, O.C., Do Amaral, R.C., Mourão, G.B., 2008. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 43, 1193–1200. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900014>
- Santos, J.E.P., 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal, SP, p. 616.
- Shane, M.H., 2010. Effects of Corn Silage Hybrids and Dietary Nonforage Fiber Sources on Productive Performance in Early Lactating Dairy Cows Fed High Forage Diets.
- Silva, J.F.C. da, 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal, SP, p. 616.
- Silva, M.R.H., Neumann, M., 2012. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: Conceitos e importância na nutrição de ruminantes. *FAZU em Rev.* 9, 69–84.
- Tagang, A., Kobo, P.I., Abdullahi, A., 2010. Volatile fatty acids production in ruminants and the role of monocarboxylate transporters: A review. *African J. Biotechnol.* 9, 6229–6232. <https://doi.org/10.5897/AJB10.594>
- Valadares Filho, S. de C., Santos Pina, D. dos, 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal, SP.
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A.R.J., Fonseca, A.J.M., Dewhurst, R.J., 2006. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 389–417. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017>
- Wang, Q., Wang, Y., Hussain, T., Dai, C., Li, J., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Huang, J., Ji, F., Zhou, H., Yang, H., 2020. Effects of dietary energy level on growth performance, blood parameters and meat quality in fattening male Hu lambs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 104, 418–430. <https://doi.org/10.1111/jpn.13278>
- Weimer, P.J., Waghorn, G.C., Odt, C.L., Mertens, D.R., 1999. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 122–134. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75216-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75216-1)
- Yang, W.Z., Beauchemin, K.A., 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J. Dairy Sci.* 89, 217–228. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72086-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72086-0)
- Yerradoddi, R.R., Khan, A.A., Mallampalli, S.R., Devulapalli, R., Kodukula, P., Blümmel, M., 2015. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 47, 743–749. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0788-5>

- Zebeli, Q., Tafaj, M., Steingass, H., Metzler, B., Drochner, W., 2006. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 89, 651–668. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72129-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72129-4)
- Queiroz, M.A.Á., Susin, I., Pires, A.V., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Almeida, O.C., Do Amaral, R.C., Mourão, G.B., 2008. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 43, 1193–1200. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900014>
- Santos, J.E.P., 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal, SP, p. 616.
- Shane, M.H., 2010. Effects of Corn Silage Hybrids and Dietary Nonforage Fiber Sources on Productive Performance in Early Lactating Dairy Cows Fed High Forage Diets.
- Silva, J.F.C. da, 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal, SP, p. 616.
- Silva, M.R.H., Neumann, M., 2012. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: Conceitos e importância na nutrição de ruminantes. *FAZU em Rev.* 9, 69–84.
- Tagang, A., Kobo, P.I., Abdullahi, A., 2010. Volatile fatty acids production in ruminants and the role of monocarboxylate transporters: A review. *African J. Biotechnol.* 9, 6229–6232. <https://doi.org/10.5897/AJB10.594>
- Valadares Filho, S. de C., Santos Pina, D. dos, 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal, SP.
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A.R.J., Fonseca, A.J.M., Dewhurst, R.J., 2006. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 389–417. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017>
- Wang, Q., Wang, Y., Hussain, T., Dai, C., Li, J., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Huang, J., Ji, F., Zhou, H., Yang, H., 2020. Effects of dietary energy level on growth performance, blood parameters and meat quality in fattening male Hu lambs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 104, 418–430. <https://doi.org/10.1111/jpn.13278>
- Weimer, P.J., Waghorn, G.C., Odt, C.L., Mertens, D.R., 1999. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 122–134. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75216-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75216-1)
- Yang, W.Z., Beauchemin, K.A., 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J. Dairy Sci.* 89, 217–228. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72086-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72086-0)

- Yerradoddi, R.R., Khan, A.A., Mallampalli, S.R., Devulapalli, R., Kodukula, P., Blümmel, M., 2015. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 47, 743–749. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0788-5>
- Zebeli, Q., Tafaj, M., Steingass, H., Metzler, B., Drochner, W., 2006. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 89, 651–668. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72129-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72129-4)

### 3. EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN<sub>FEF</sub>) PARA CORDEIROS EM TERMINAÇÃO: FERMENTAÇÃO RUMINAL, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E BALANÇO DE NITROGÊNIO

#### Resumo

Cinco borregos Dorper x Santa Inês, com idade de 209 dias ( $\pm 10,44$  dias), canulados no rúmen, distribuídos em delineamento experimental quadrado latino  $5 \times 5$ , foram utilizados para avaliar o efeito do fornecimento de cinco teores de FDN<sub>fef</sub> sobre os parâmetros ruminais, a digestibilidade dos nutrientes e o balanço de nitrogênio. As rações experimentais foram isonitrogenadas ( $14,4\% \pm 0,20$  de PB na MS), e os tratamentos definidos pela inclusão de teores crescentes de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>fef</sub>; feno de “coastcross”) à dietas à base de grão de milho moído contendo elevado teor de concentrado. Sendo os tratamentos com inclusão de 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN<sub>fef</sub>, % da MS. As dietas foram ofertadas *ad libitum*, às sobras foram mantidas em aproximadamente 10% da quantidade ofertada, tendo como base o consumo do dia anterior, após 15 dias de adaptação e consequentemente estabilização do consumo de matéria seca, foram utilizados quatro dias para a colheita de amostras das sobras, fezes e urina para avaliar a ingestão e digestibilidade dos nutrientes, assim como a produção e balanço de nitrogênio. No 19º dia foi realizada a colheita de fluido ruminal antes da oferta das rações e 3, 6, 9 e 12 horas após o arraçoamento, para determinação do perfil de AGCC, pH e nitrogênio amoniacal. Houve efeito quadrático dos teores de FDN<sub>fef</sub> sobre o consumo dos nutrientes (MS, MO, PB, EE, FDN, FDA, CNF e amido). A digestibilidade da MS ( $P < 0,0001$ ), MO ( $P < 0,0001$ ), CNF ( $P < 0,01$ ) e do amido ( $P < 0,01$ ) diminuíram linearmente com o aumento nos teores de FDN<sub>fef</sub>. A proporção molar de acetato apresentou resposta quadrática ( $P = 0,02$ ), cuja maior concentração foi observada com a inclusão de 10,4% de FDN<sub>fef</sub>. Por sua vez, a proporção molar de propionato diminuiu linearmente ( $P < 0,001$ ) em resposta aos teores crescentes de FDN<sub>fef</sub>. A proporção molar de isobutirato ( $P < 0,001$ ), C2:C3 ( $P < 0,001$ ), a relação da somatória do acetato e butirato/propionato ( $P < 0,001$ ), e o pH ruminal ( $P < 0,01$ ) aumentaram linearmente com o aumento nos teores de FDN<sub>fef</sub>. O teor de 5,2% FDN<sub>fef</sub> que correspondeu a 7,6% de FDN<sub>fe</sub> na dieta total combinou os melhores resultados de consumo, digestibilidade, pH e perfil de AGCC ruminal, sendo o teor mínimo indicado para formulação de dietas à base de grãos de milho moído para terminação de cordeiros em confinamento.

**Palavras-chave:** Acidose, Propionato, pH ruminal, Tamanho de partícula

#### Abstract

Five Dorper x Santa Inês lambs, aged 209 days ( $\pm 10.44$  days), cannulated in the rumen, distributed in a  $5 \times 5$  Latin square design, were used to evaluate the effect of providing five levels of NDF<sub>pef</sub> on the parameters ruminals, nutrient digestibility and nitrogen balance. The experimental diets were isonitrogenated ( $14.4\% \pm 0.20$  of CP in DM), and the treatments defined by the inclusion of increasing levels of physically effective NDF of forage (NDF<sub>pef</sub>; coastcross hay) to grain-based diets of ground corn containing high content of concentrate. The treatments with inclusion of 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 or 13.0% of NDF<sub>pef</sub>, % of DM. The diets were offered *ad libitum*, the leftovers were kept at approximately 10% of the quantity offered, based on the consumption of the previous day, after 15 days of adaptation and consequently stabilizing the consumption of dry matter, four days were used for the harvest of leftover samples, feces and urine to assess nutrient intake and digestibility, as well as nitrogen balance production. On the 19th day, ruminal fluid was collected before the rations 3, 6, 9, and 12 hours

later, to determine the SCFA profile, pH and ammonia nitrogen. There was a quadratic effect of  $NDF_{\text{pef}}$  levels on nutrient intake (DM, OM, CP, EE, NDF, ADF, NFC and starch). The digestibility of DM ( $P < 0.0001$ ), MO ( $P < 0.0001$ ), NFC ( $P < 0.01$ ) and starch ( $P < 0.01$ ) decreased linearly with the increase in the contents of  $NDF_{\text{pef}}$ . The molar proportion of acetate showed a quadratic response ( $P = 0.02$ ), the highest concentration of which was observed with the inclusion of 10.4%  $NDF_{\text{pef}}$ . In turn, the molar proportion of propionate decreased linearly ( $P < 0.001$ ) in response to increasing levels of  $NDF_{\text{pef}}$ . The molar ratio of isobutyrate ( $P < 0.001$ ), C2: C3 ( $P < 0.001$ ), the ratio of the sum of acetate and butyrate / propionate ( $P < 0.001$ ), and the ruminal pH ( $P < 0.01$ ) increased linearly with the increase in the levels of  $NDF_{\text{pef}}$ . The 5.2%  $NDF_{\text{pef}}$  content that corresponded to 7.6% of  $NDF_{\text{pef}}$  in the total diet combined the best results of consumption, digestibility, pH and ruminal SCFA profile, the minimum content being indicated for formulation of diets based on grains of ground corn for finishing lambs in confinement.

**Keywords:** Acidosis, Propionate, Ruminal pH, Particle size.

### 3.1 Introdução

Os carboidratos não fibrosos são fontes importantes de energia, contudo, não estimulam o processo de ruminação e salivação, com isso, elevadas inclusões de carboidratos de rápida fermentação na dieta pode resultar em queda no pH ruminal, podendo em casos mais severos provocar acidose ruminal (Clark et al., 1992). Por outro lado, os carboidratos fibrosos são compostos por celulose e hemicelulose, compostos que exercem importante papel na atividade de ruminação e também na modulação da fermentação ruminal, sendo importantes para manter os padrões de fermentação ruminal compatíveis com a boa saúde dos animais ruminantes (Fox et al., 2004). A quantidade de FDN na dieta é um fator importante que interfere na ingestão de matéria seca, digestibilidade, pH ruminal e composição bacteriana no rúmen (Mertens, 1997). A disponibilidade de material fermentescível no rúmen é a premissa para que ocorra acidose ruminal, o que está diretamente relacionado ao consumo de matéria seca, e principalmente à composição da dieta ingerida, já que amido por exemplo é rapidamente fermentado (Mertens, 2000).

A mastigação estimula a secreção de saliva, rica em tampões de bicarbonato e fosfato, que possui importante papel na saúde ruminal, e é estimulada pelo consumo do volumoso pelo animal (Galyean e Hubbert, 2014). A fermentação de matéria orgânica no rúmen pelos microrganismos resulta em produção de AGCC, sendo que os tamponantes presentes na saliva tem a função de neutralizar esses produtos da fermentação, assim, a relação entre eles afeta diretamente o pH do rúmen (Allen, 1997). Dietas ricas em concentrado e/ou com pouca  $FDN_{\text{ie}}$ , resultam em acúmulo de AGCC, diminuindo o pH ruminal (Yang e Beauchemin, 2006).

Pesquisa realizada visando avaliar os efeitos da FDN (14%, 18%, 22% e 26% de FDN) sobre o desenvolvimento anatômico ruminal de cordeiros foi realizada por Xie et al.

(2020), os quais observaram que os teores de FDN de 22% e 26% resultaram em maior valor de pH ruminal, menor proporção molar de propionato e maior proporção molar de acetato. Porém associar dieta de elevado teor de concentrado, rica em amido, principal substrato para produção de ácido propiônico, com inclusão de FDN de boa efetividade física pode resultar em melhoria no ambiente ruminal e no desempenho animal (Nagaraja e Lechtenberg, 2007; Weiss et al., 2017).

Sabendo da importância e dos impactos da fibra e suas frações na alimentação de bovinos leiteiros, a  $FDN_{fe}$  foi amplamente estudada, e Shane (2010) utilizando a abordagem PSPS, determinou-se que o requisito de  $FDN_{fe}$  de vacas leiteiras era de 22% da MS de ração para manter um pH ruminal médio de 6,0. Para bovinos de corte Fox e Tedeschi (2002) definiram o teor mínimo de  $FDN_{fef}$  em dietas ricas em energia em 7% da MS, este seria o teor mínimo necessário para manter o pH ruminal acima de 5,7 (Pitt et al., 1996). Porém na literatura não existe um consenso sobre a exigência de FDN e  $FDN_{fe}$  para pequenos ruminantes, questão advertida por Tedeschi et al. (2008).

Com isso, o presente estudo foi realizado com o intuito de determinar a exigência mínima de  $FDN_{fef}$  para cordeiros. Para isso, avaliou-se o efeito do fornecimento de teores crescentes de  $FDN_{fef}$  sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, características de fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio de cordeiros recebendo dietas de terminação com alta concentração energética. É esperado que as dietas com as inclusões de 10,4 e 13,0 %  $FDN_{fef}$  aumentem o pH ruminal e a proporção molar do acetato, porém resultarão em menor CMS, em contrapartida as inclusões intermediárias de  $FDN_{fef}$  (5,2 e 7,8%) teriam as melhores digestibilidades devido ao pH dentro do ideal e ótimo ambiente ruminal para ação dos microrganismos. E por fim o teor de 2,6% de  $FDN_{fef}$  apresentará baixo pH ruminal e o baixo CMS.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Local, animais e instalações experimentais**

O experimento foi conduzido nas instalações para estudos metabólicos com ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba-SP (22° 42' 24" S e 47° 37' 53" O), Brasil. O presente estudo foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais – CEUA da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP registrado sob o protocolo de nº 20190-09, o que atesta que está de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de Outubro de 2008, do Decreto nº



6.899, de 15 de Julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal – CONCEA.

Foram utilizados cinco borregos Dorper x Santa Inês castrados, canulados no rúmen, com 209 dias ( $\pm 10,44$  dias) de idade. Um mês antes do início do experimento os animais foram preparados cirurgicamente para colocação das cânulas. Após a cicatrização, os animais foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina. As gaiolas foram mantidas em ambiente coberto, ao abrigo da chuva e luz solar direta. Todos os animais foram vermifugados com 1,0% moxidectin (Cydectin, Fort Dodge Saúde Animal, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/50 kg de peso corporal e receberam aplicação de suplemento vitamínico ADE antes do início do experimento.

### **3.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar**

O experimento teve duração de 100 dias, sendo divididos em cinco períodos de 20 dias, dos quais 15 dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais, com intuito de atingir estabilização do consumo de matéria seca pelos animais, quatro dias para mensuração do CMS, colheita de fezes e urina e um dia para colheita de conteúdo ruminal. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5 x 5, sendo cinco tratamentos e cinco períodos experimentais.

Os tratamentos experimentais foram definidos pela inclusão de teores crescentes de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ; feno de “coastcross” (Tabela 2)) à dietas à base de grão de milho moído contendo elevado teor de concentrado para cordeiros, como segue: 2,6% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 2,6% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 5,2% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 5,2% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 7,8% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 7,8% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 10,4% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 10,4% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 13% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 13% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS. Em todas as dietas foi adicionado 16 mg/kg de MS de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil), conforme indicado por Polizel et al. (2021). As dietas experimentais foram formuladas utilizando-se o “Small Ruminant Nutrition System” (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004), as quais estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

(continua)

Ingredientes	FDN <sub>fe</sub> de forragem <sup>1</sup>				
	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
Feno de "Coastcross"	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
Grão de milho moído	78,0	73,0	68,0	63,0	58,0
Farelo de soja	13,0	13,0	13,1	13,1	13,1
Ureia	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Cloreto amônia	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcário	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mistura mineral <sup>2</sup>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição química (% MS) <sup>3</sup>					
MS	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5
PB	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7
FDN	13,3	16,6	19,9	23,2	26,5
FDN <sub>ref&gt;1,18mm</sub>	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
FDN <sub>ref&gt;4mm</sub>	2,2	4,5	6,8	9,0	11,3
FDN <sub>fed&gt;1,18mm</sub>	6,4	7,6	10,5	12,4	14,6
FDN <sub>fed&gt;4 mm</sub>	0,7	1,35	2,9	4,08	4,4
CNF	63,3	59,7	56,2	52,6	49,1
EE	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8
MM	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1
Amido	56,0	52,2	48,2	37,6	29,1
EM, Mcal/kg <sup>4</sup>	2,867	2,942	2,903	2,802	2,734

**Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

Tamanho de partículas, % <sup>5</sup>	(conclusão)				
<1,18 mm	51,5	56,0	43,9	46,9	42,4
1,18 a 4,0 mm	43,0	36,2	40,6	34,25	40,3
4,0 a 8,0 mm	4,0	4,8	9,0	9,3	9,8
8,0 a 19,0 mm	1,5	2,5	5,5	8,6	6,3
>19,0 mm	0	0,5	1,0	1,0	1,25
Tam. médio part 1,18mm	2,16	2,23	2,4	2,6	2,57
Tam. médio part 4mm	1,41	1,57	1,84	2,03	2,09

<sup>1</sup>Dietas contendo 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de FDN<sub>ref</sub>, % da MS.

<sup>2</sup>Composição da mistura mineral: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

<sup>3</sup>MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDN<sub>ref</sub>>1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem, considerando partículas retidas em peneira acima de 1,18 mm; FDN<sub>ref</sub>>4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem, considerando partículas retidas em peneira acima de 4 mm; FDN<sub>fed</sub>> 1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total, considerando partículas retidas em peneira acima de 1,18 mm; FDN<sub>fed</sub>> 4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total, considerando partículas retidas em peneira acima de 4 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral.

<sup>4</sup>EM, Mcal/kg: energia metabolizável, valor predito pelo SRNS a partir dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

<sup>5</sup>Tamanho de partículas: tamanho de partículas das dietas foram analisadas por meio do uso do Penn State Particle Separator (PSPS) conforme Heinrichs e Kononoff (2002).

**Tabela 2.** Composição química e FDN fisicamente efetiva do feno coastcross.

1	%MS	%PB	% EE	%FDN	%MM	%CNF	FDN <sub>fe</sub> 1,18mm	FDN <sub>fe</sub> 4 mm
Feno de "Coastcross"	87,93	14,42	2,00	76,35	6,33	0,90	68,24	59,20

<sup>1</sup>MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; MM: matéria mineral; CNF: carboidratos não fibrosos; FDN<sub>fe</sub>>1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem, considerando partículas retidas em peneira acima de 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>>4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem, considerando partículas retidas em peneira acima de 4 mm.

Todas as dietas foram processadas na fábrica de ração do SIPOC/ESALQ. O feno foi moído utilizando triturador (Nogueira® DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil), providos de peneira com crivos de 10 mm. Posteriormente foram misturados com as devidas proporções ao milho e ao farelo de soja. Contudo, a ureia, calcário, cloreto de amônio, mistura mineral e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foram previamente misturadas em recipiente menor e posteriormente à homogeneização adequada, foi adicionada aos demais ingredientes utilizando-se misturador horizontal com capacidade para 500 kg, resultando na mistura da dieta total (Lucato®, Limeira, Brasil). Duas vezes ao dia (às 07h00min e às 17h00min), as rações foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas ad libitum.

Os animais de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo as respectivas dietas experimentais (ração total), pois o histórico alimentar dos mesmos era caracterizado de por dieta com elevado teor de concentrado (composta por 10% de feno de “coastcross” e 90% de concentrado), tornando-os aptos para iniciar o período experimental com prévia adaptação à este tipo de dieta. Para garantir consumo ad libitum às sobras foram mantidas em aproximadamente 10% da quantidade ofertada, tendo como base o consumo do dia anterior.

### **3.2.3 Digestibilidade dos nutrientes**

Entre o 16º e 19º dia de cada período experimental, às 07h00min da manhã a produção fecal total dos animais foi quantificada, e uma amostra representativa de 10% da produção foi colhida e armazenada a -20°C. Ao término do experimento as amostras de fezes foram compostas por animal e por período experimental antes de serem analisadas. As sobras diárias entre o 16º e 19º também foram pesadas e armazenadas a -20°C para posterior análise.

### **3.2.4 Características de fermentação ruminal**

Amostras do fluido ruminal foram colhidas no 20º dia de cada período experimental. As colheitas foram realizadas nas horas 0 (momento imediatamente antes da alimentação) e 3, 6, 9 e 12 após o fornecimento da ração. Em cada horário uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de nylon, obtendo-se, aproximadamente 200 mL de fluido ruminal filtrado, que em seguida, foi utilizado para mensuração imediata do pH em potenciômetro digital (DIGIMED® DM20, São Paulo, Brasil). A fase sólida do conteúdo ruminal que permaneceu no tecido após a filtragem

foi devolvida ao rúmen. Após a determinação do pH, foram armazenadas 2 alíquotas de 25 mL do fluido ruminal em frascos plásticos e congeladas a -20°C para análise de ácidos graxos de cadeia curta total – AGCC (acetato, propionato, butirato, isobutirato e isovalerato) e N amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).

Para determinação dos AGCC, 1,6 mL de fluido ruminal adicionado com 0,4 mL de solução 3:1 de ácido metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados (Sorvall Superspeed RC2-B, Newton, CT, EUA) por 15 minutos a 4°C. Após a centrifugação 1,2 mL de cada amostra foi transferido para vials cromatográficos. Do extrato obtido foi injetado 1 µL em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (19091F-112; 25 m; 0,320 mm; 0,50 µm; J & W Agilent Technologies). A injeção foi realizada de maneira automática, o gás de arraste foi o H<sub>2</sub>, mantido em um fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260 °C. O tempo total da corrida cromatográfica foi de 16,5 minutos (min) dividido em três rampas de aquecimento, como segue: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C/min; 3 min), 205 °C (10 °C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

As amostras de fluido ruminal destinadas para determinação de N-NH<sub>3</sub> foram descongeladas e centrifugadas a 15.000 × g a 4°C durante 60 minutos para obtenção do sobrenadante. As amostras foram analisadas segundo o método de Chaney e Marbach (1962) adaptado para leitura em leitor de microplacas (BIO – RAD, Hercules, CA) com filtro de absorvância de 550 nm. Para a obtenção da curva de calibração foram utilizadas soluções de 0; 1; 2; 4; 8; 16; 32 mg/dL de N-amoniaco. Uma alíquota de 4 µL foi transferida para um tubo de ensaio, adicionada de 2,5 mL de reagente fenol e 2,0 mL de reagente hipoclorito e incubada em banho-maria a 37°C, por 10 minutos. Em seguida, alíquotas foram pipetadas em cubetas para leitura no referido equipamento. Os dados de absorvância da curva de calibração foram utilizados para construção de curva regressão, permitindo a determinação das concentrações de N-amoniaco das amostras.

### 3.2.5 Balanço de nitrogênio

Entre o 16º e 19º dia de cada período experimental foi realizada a colheita total de urina dos animais. A urina foi colhida automaticamente pelos colhedores das gaiolas metabólicas em vasilhames contendo de 20 a 30 mL de ácido clorídrico 6 N, o volume de ácido foi ajustado diariamente, com intuito de ser suficiente para manter o pH da urina abaixo de 3,0, além de ter sido monitorado ao longo do dia. Diariamente, no mesmo horário da

colheita de fezes, a urina foi amostrada (10% do volume total) e congelada a -20°C para posterior análise.

### 3.2.6 Análises laboratoriais bromatológicas e cálculos

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Reprodução e Animal (LNRA) e no Laboratório de Bromatologia, ambos do Departamento de Zootecnia da ESALQ - USP. Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das rações ofertadas, das sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas. Em seguida todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil), com peneiras com crivos de 1,0 mm. O teor de matéria seca (MS) final das amostras foi determinado por meio da secagem em estufa a 105 °C por 24 h (AOAC, 1990; #930.15), a matéria orgânica (MO) obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550 °C por 4 h (AOAC, 1990; #942.05). A concentração de N total foi determinada por meio da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac N (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1990; #968.06), e posteriormente multiplicado com 6,25 para obtenção da proteína bruta das amostras. O teor de extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho extrator Ankon XT15 (Ankom Tech Corp., Macedon, NY, USA; AOAC, 1990; #920.39). A concentração de FDN foi determinada segundo Van Soest et al. (1991), utilizando  $\alpha$ -amilase termoestável e sulfito de sódio, e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990; #968.06). O amido foi determinado por meio da utilização de kit comercial da marca Megazyme (Total Starch Assay Kit, K-TSTA-100<sup>a</sup>; AOAC, 1995; #996.11). A urina foi analisada para determinação do teor de nitrogênio utilizando aparelho Leco TruMac N (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC, (1997). Foi avaliado o tamanho de partículas das dietas e dos ingredientes por meio do uso do Penn State Particle Separator (PSPS) conforme Heinrichs e Kononoff (2002), a FDN fisicamente efetiva foi calculada multiplicando a concentração de FDN pela porcentagem retida na peneira de 1,18 mm e 4 mm (Mertens, 1997).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Hall (2000) com a seguinte equação:

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - [(\% \text{ PB} - \% \text{ PB ureia} + \% \text{ ureia}) + \% \text{ FDN} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM}]$$

A digestibilidade dos nutrientes foi calculada pela diferença entre cada nutriente consumido (MS, MO, PB, EE, FDN, CNF, amido) e a excreção fecal. O balanço de nitrogênio será calculado conforme as fórmulas que seguem:

$$\text{Retenção de N (g/dia)} = (\text{Nconsumido} - \text{Nfezes} - \text{Nurina})$$

$$\text{Retenção de N (\% N consumido)} = [(\text{Nconsumido} - \text{Nfezes} - \text{Nurina})/\text{Nconsumido}]$$

Retenção de N (% N absorvido) =  $[(N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}})/(N_{\text{consumido}} \times \text{Absorvido de N})]$ .

### 3.2.7 Análise estatística

Todos os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (1999). Os dados de consumo e digestibilidade dos nutrientes foram analisados de acordo com o modelo estatístico:  $Y = \mu + A_i + T_j + P_k + E_{ijk}$ , em que:  $\mu$  = média geral,  $A_i$  = efeito aleatório de animal,  $T_j$  = efeito fixo de tratamento,  $P_k$  = efeito aleatório de período,  $E_{ijk}$  = erro residual.

Os dados de fermentação ruminal foram analisados como medidas repetidas no tempo, conforme o seguinte modelo estatístico:  $Y = \mu + A_i + T_j + P_k + E_{ijk} + H_l + (TH)_{jl} + E_{ijkl}$ , em que:  $\mu$  = média geral,  $A_i$  = efeito aleatório de animal,  $T_j$  = efeito fixo de tratamento,  $P_k$  = efeito aleatório de período,  $E_{ijk}$  = erro residual A;  $H_l$  = efeito fixo de hora após alimentação,  $(TH)_{jl}$  = efeito fixo da interação entre tratamento e horas após alimentação,  $E_{ijkl}$  = erro residual B.

Os efeitos dos teores de  $FDN_{fe}$  da forragem nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Os efeitos de período e interação entre tratamentos e períodos foram determinados pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando  $P < 0,05$ .

## 3.3 Resultados

### 3.3.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes

O aumento na inclusão de  $FDN_{fef}$  resultou em efeito quadrático sobre o consumo dos nutrientes (MS, MO, PB, EE, FDN, FDA, CNF e amido;  $P < 0,05$ ). Os menores consumos foram observados para os animais alimentados com as dietas contendo 2,6% de  $FDN_{fef}$  e 13,0%  $FDN_{fef}$ , nos valores intermediários de fibra (de 5,2 a 10,4% de  $FDN_{fef}$ ) o consumo dos nutrientes foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 3).

A digestibilidade da MS ( $P < 0,0001$ ), da MO ( $P < 0,0001$ ), do CNF ( $P < 0,01$ ) e amido ( $P < 0,01$ ) diminuíram linearmente com o aumento nos teores de inclusão de  $FDN_{fef}$ . Houve efeito quadrático para a digestibilidade da PB ( $P < 0,01$ ), em que a menor digestibilidade foi observada para os cordeiros alimentados com a dieta contendo 10,4% de  $FDN_{fef}$ . Não houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade da FDN, FDA e EE (Tabela 3).



**Tabela 3.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) no consumo e digestibilidade dos nutrientes de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>	
	2,6	5,2	7,8	10,4	13		L	Q
Consumo, kg/d								
MS	1,242	1,454	1,382	1,462	1,232	0,11	0,95	0,01
MO	1,039	1,212	1,141	1,204	1,019	0,09	0,78	0,01
PB	0,226	0,262	0,268	0,259	0,250	0,02	0,23	0,03
EE	0,031	0,037	0,042	0,039	0,034	<0,01	0,17	0,0001
FDN	0,170	0,260	0,269	0,347	0,314	0,02	<0,0001	<0,01
FDA	0,059	0,093	0,104	0,147	0,143	0,01	<0,0001	0,02
CNF	0,755	0,815	0,718	0,721	0,558	0,06	<0,01	0,02
Amido	0,680	0,738	0,660	0,536	0,334	0,05	<0,0001	0,001
Digestibilidade %								
MS	84,31	81,27	77,18	75,27	72,32	2,16	<0,0001	0,66
MO	83,89	80,49	75,82	73,84	70,85	2,46	<0,0001	0,59
PB	83,43	80,77	79,35	76,73	79,28	1,54	<0,001	<0,01
EE	85,49	91,51	87,64	87,17	89,89	2,47	0,60	0,67
FDN	53,65	56,54	47,43	51,75	51,64	4,79	0,53	0,64
FDA	51,17	46,13	40,83	50,10	49,14	5,54	0,99	0,18
CNF	93,82	91,47	89,64	88,5	84,09	2,77	<0,01	0,68
Amido	98,27	98,27	97,17	95,37	89,68	2,47	<0,01	0,08

<sup>1</sup>Dietas contendo 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato Etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidrato não fibroso.

### 3.3.2 Parâmetros de fermentação ruminal

Não houve efeito de interação entre os tratamentos e os horários de coleta para nenhuma das características de fermentação ruminal avaliadas. A inclusão de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  não afetou a concentração ruminal de AGCC totais, e a proporção molar do butirato, isovalerato e valerato (Tabela 4). Houve efeito quadrático para a proporção molar de acetato ( $P = 0,02$ ), sendo o maior valor de acetato observado para os cordeiros alimentados com a dieta de inclusão de 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  (Tabela 4). A proporção molar ruminal de propionato diminuiu linearmente ( $P < 0,001$ ), enquanto que a relação acetato/propionato ( $P < 0,001$ ), a relação da somatória do acetato e butirato/propionato ( $P < 0,001$ ), a proporção molar ruminal de isobutirato ( $P < 0,001$ ) e o pH ruminal ( $P < 0,01$ ) aumentaram linearmente em resposta ao fornecimento das dietas com maiores teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  (Tabela 4). Houve efeito quadrático para a concentração ruminal de amônia ( $P = 0,01$ ), em que as maiores concentrações foram observadas para os cordeiros alimentados com dietas contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ .

**Tabela 4.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) na proporção e concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), pH ruminal e nitrogênio amoniacal de cordeiros em confinamento.

Variáveis	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>			
	2,6	5,2	7,8	10,4	13		L	Q	H	D*P
AGCC (mM/100mM)										
Acetato	40,72	45,02	47,82	51,76	49,04	2,09	<0,001	0,02	<0,01	0,80
Propionato	37,09	30,04	28,07	21,36	21,67	4,03	<0,001	0,35	0,01	0,25
Isobutirato	4,41	6,01	6,07	7,78	7,93	0,86	<0,001	0,62	0,18	0,70
Butirato	8,09	8,88	9,08	9,95	9,88	1,41	0,19	0,79	0,01	0,18
Isovalerato	5,44	4,70	3,45	2,54	4,78	1,01	0,30	0,12	0,32	0,74
Valerato	4,25	5,12	5,02	7,30	5,95	1,14	0,08	0,57	0,10	0,90
C2:C3 <sup>4</sup>	1,24	1,67	1,79	1,53	2,49	0,31	<0,001	0,73	<0,001	0,75
(Ac+but)/prop <sup>5</sup>	1,50	2,01	2,40	3,03	3,04	0,39	<0,001	0,84	<0,0001	0,55
AGCC total, mM <sup>6</sup>	85,45	88,22	89,46	83,11	89,35	6,23	0,86	0,97	0,06	0,98
pH	5,72	5,88	6,05	6,13	6,16	0,18	<0,01	0,31	<0,0001	0,23
Amônia mg/dL	10,11	12,77	14,29	13,25	12,45	0,90	0,10	0,01	<0,0001	0,73

<sup>1</sup>Dietas contendo 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático; H: efeito do horário da coleta em cada variável; D\*P: efeito de interação entre dietas e períodos.

<sup>4</sup>C2:C3: relação acetato:propionato.

<sup>5</sup>(Ac+but):prop: relação entre a soma do acetato e butirato com o propionato.

<sup>6</sup>AGCC total: ácidos graxos de cadeia curta total.

### 3.3.3 Balanço de nitrogênio

A inclusão dos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  resultou em efeito quadrático no N ingerido ( $P = 0,03$ ) e N fecal ( $P = 0,01$ ). O maior valor para N ingerido foi observado nos animais alimentados com a dieta contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ , enquanto que para N fecal o maior valor encontrado foi para os animais alimentados com a dieta com 10,4%  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (Tabela 5). Não houve efeito dos tratamentos sobre as demais variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio (Tabela 5).

**Tabela 5.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) no consumo e balanço de nitrogênio de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>	
	2,6	5,2	7,8	10,4	13		L	Q
N ingerido	36,12	41,94	42,84	41,50	39,99	3,17	0,23	0,03
N fecal	6,26	8,19	8,99	9,73	8,37	1,15	<0,01	0,01
N absorvido	29,87	33,74	33,85	31,77	31,63	2,10	0,72	0,05
N urina	14,57	16,77	17,96	15,85	14,65	2,14	0,85	0,05
Retido								
N, g/d	15,30	15,93	15,88	15,92	16,69	2,02	0,65	0,10
% do N absorvido	51,81	49,52	46,96	49,58	52,41	5,83	0,93	0,41
% do N ingerido	43,51	40,69	37,41	38,12	41,84	5,18	0,66	0,29

<sup>1</sup>Dietas contendo 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>N ingerido: nitrogênio ingerido; N fecal: nitrogênio fecal; N absorvido: nitrogênio absorvido; N urina: nitrogênio na urina.

### 3.4 Discussão

#### 3.4.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes

O CMS obedeceu à típica resposta quadrática sugerida por Allen (2000) para caracterizar o CMS quando o FDN da dieta é aumentado em decorrência da substituição dos grãos por fontes de forragem. O padrão de consumo observado neste experimento segue também o postulado por Mertens (1994) de que quando o consumo é limitado por fatores químicos existe uma correlação positiva entre o teor de FDN da dieta e o CMS e quando o consumo é regulado por limitadores físicos existe uma correlação negativa entre o teor de FDN e o CMS. Com base nestas pressuposições e assumindo que existe uma relação inversa entre o teor de  $FDN_{ref}$  e a densidade energética da dieta e uma relação direta entre o teor de FDN da dieta e o efeito de enchimento do rúmen retículo, pode-se dizer que o menor CMS pelos animais que receberam a dieta contendo 2,6% de  $FDN_{ref}$  foi devido a limitadores químicos e o menor CMS no teor de 13% de  $FDN_{ref}$  foi devido a limitadores físicos, possivelmente houve um equilíbrio entre os fatores químicos e físicos nos teores de 5,2 a 10,4% de  $FDN_{ref}$  permitido máximos CMS. A ideia de ter havido limitação física no CMS no teor de 13% de  $FDN_{ref}$  é coerente com a menor digestibilidade da MS e MO observada para os animais deste tratamento (Tabela 3).

Do ponto de vista químico, as concentrações ruminiais de AGCC totais, acetato, propionato e o pH ruminal têm sido indicados como potenciais moduladores do CMS em ruminantes (NRC, 1987). Contudo, o propionato tem preponderado sobre o acetato no que se refere ao potencial modulador do consumo. De acordo com (Allen, 2000) a infusão de propionato na veia mesentérica de novilhas reduziu o CMS, enquanto que não houve efeito do acetato quando infundido em taxas semelhantes. No presente experimento, os animais que receberam a dieta contendo 2,6% de  $FDN_{ref}$  apresentaram maior proporção molar ruminal de propionato e isso pode explicar em parte o menor CMS pelos animais deste tratamento. Adicionalmente, é importante considerar o efeito do pH ruminal no CMS. De acordo com Pitt et al. (1996) quando o pH ruminal está abaixo de 5,7 pode haver drástica diminuição no CMS. Valores de pH ruminal menores que 5,6 diminuem a motilidade ruminal, podendo causar ruminites e hiperqueratose (Nocek et al., 1984; Plaizier et al., 2008). No presente experimento, ao que tudo indica o pH ruminal de 5,7 dos animais que receberam a dieta contendo 2,6% de  $FDN_{ref}$  já foi suficientemente baixo para provocar a diminuição de 12,6% no CMS em comparação aos animais que receberam a dieta contendo 5,2% de  $FDN_{ref}$  (Tabela 3). Em ovinos, valores de pH ruminal iguais ou superiores a 5,8 têm sido compatíveis com adequada saúde ruminal (Ferreira et al., 2011b) e bom ganho de peso (Ferreira et al., 2011a).

Considerando o pH ruminal e o CMS, pode-se inferir que 5,2% da MS é o teor mínimo de  $FDN_{\text{fef}}$  que devem conter as dietas ricas em energia para terminação de cordeiros, este valor minimiza as chances de ocorrência de acidose subaguda (pH médio < 5,5; Nocek, 1997) e potencialmente pode promover maior GMD.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) do milho (82% da MS) é 1,4 vezes superior ao NDT do feno de coastcross (50% da MS) (Ítavo et al., 2002; NRC, 2007). Então o decréscimo linear na digestibilidade da MS e MO (Tabela 3) decorreu do simples efeito substitutivo de um ingrediente de maior digestibilidade por outro de menor digestibilidade.

Normalmente a digestibilidade da fibra diminui em função do baixo pH ruminal, tendo em vista que valores de pH abaixo de 6,0 comprometem a atividade das bactérias fibrolíticas (Sung et al., 2007). No presente estudo, os valores de pH ruminal observados para os animais das dietas contendo entre 2,6 e 10,4% de  $FDN_{\text{fef}}$  foram inferiores a 6,2, o que poderia exercer efeito negativo sobre as atividades das bactérias celulotíticas e comprometer a digestibilidade da fração fibrosa, contudo isso não foi observado.

Com a substituição do milho pelo feno para promover o aumento no teor de  $FDN_{\text{fef}}$  das dietas, houve modificação nas frações componentes dos CNF, uma vez que a fração predominante nos CNF do milho é o amido e nos CNF das gramíneas são as fibras solúveis (Lanzas et al., 2007), dessa forma, os resultados do presente experimento indicaram que a digestibilidade do amido do milho foi superior ao da fração fibra solúvel do feno de coastcross, o que explica o decréscimo linear na digestibilidade dos CNF com o aumento no teor de  $FDN_{\text{fef}}$  das dietas (Tabela 3). Kleefisch et al. (2017) também observaram similar decréscimo na digestibilidade dos CNF quando substituíram ingredientes concentrados por feno de alta qualidade.

A menor digestibilidade da PB das dietas com maior inclusão de forragem deve ser atribuída a natureza química da proteína do milho em relação ao feno de coastcross, uma vez que outras hipóteses como o maior tempo de retenção ruminal ou um possível aumento no crescimento microbiano e da proteína metabolizável para os animais alimentados com a dieta contendo 2,6% de  $FDN_{\text{fef}}$ , que apresentaram maior digestibilidade da PB são pouco plausíveis. Inclusive, provavelmente, devido ao menor tamanho de partículas (Tabela 1), a taxa de passagem foi maior para os animais alimentados com a dieta contendo 2,6% de  $FDN_{\text{fef}}$ , os quais apresentaram maior digestibilidade da PB.

### 3.4.2 Parâmetros de fermentação ruminal

Os teores crescentes de  $FDN_{\text{fef}}$  diminuíram a proporção molar ruminal de propionato e aumentou a proporção molar ruminal de acetato, tendo como consequência o aumento na

relação acetato:propionato (Tabela 4). No presente experimento o milho foi substituído pelo feno de coastcross conforme aumentou o teor de  $FDN_{fef}$  das dietas, então a simples substituição do amido pela celulose explica a diminuição observada na proporção molar ruminal de propionato e o aumento de acetato (Tabela 4). Vale destacar também que o tipo do AGCC produzido está associado ao pH ruminal, valores de pH superiores a 6,0 como observado para os animais que receberam as dietas contendo 7,8, 10,4 e 13% de  $FDN_{fef}$  favorecem a produção de acetato. Contudo, quando o pH ruminal está abaixo de 6,0, como observado para animais alimentados com as dietas contendo 2,6 e 5,2% de  $FDN_{fef}$ , observa-se diminuição na proporção molar ruminal de acetato e aumento de propionato (Bannink et al., 2008).

Em geral existe uma relação negativa entre a concentração de AGCC e o pH ruminal (Dijkstra et al., 2012). Contudo, no presente experimento esta relação não foi observada, uma vez que o aumento no teor de  $FDN_{fef}$  da dieta não afetou a concentração ruminal de AGCC, mas aumentou o pH ruminal (Tabela 4), o que é coerente com o postulado por Allen (1997) que em muitos casos a concentração ruminal de AGCC não explica a variação no pH. Emmanuel et al. (1970) claramente demonstraram que na presença de agentes tamponantes, o pH ruminal é menos sensível as mudanças na concentração ruminal de AGCC. Portanto, a relação entre a concentração de AGCC e o pH ruminal parece ser dieta dependente, sendo afetada por vários mecanismos de tamponamento (Dijkstra et al., 2012).

Dietas contendo partículas longas de forragem afetam a estratificação da digesta no rúmen, estimulam a ruminação e conseqüentemente a secreção de saliva, que ajuda a tamponar os ácidos resultantes da fermentação do alimento no rúmen (Yang e Beauchemin, 2007). No presente experimento, o aumento no teor de  $FDN_{fef}$  das dietas resultou em aumento na  $FDN_{fe} > 1,18$ ,  $FDN_{fe} > 4,0$ mm e tamanho médio de partículas, além da redução na concentração de amido (Tabela 1), o que permite hipotetizar que o aumento no pH ruminal em resposta aos teores crescentes de  $FDN_{fef}$  foi devido ao aumento na produção de tamponantes salivares associados a maior atividade de ruminação e mastigação (Allen, 1997), soma-se a isso o fato de que a inclusão de  $FDN_{fe}$  na dieta pode alterar o tamanho da refeição e aumentar a motilidade do trato gastrointestinal, ações que também estão relacionadas com a regulação do pH ruminal (Allen, 1997).

A proteína dietética (proteína verdadeira e/ou nitrogênio não proteico) pode ter 3 destinos, ser transformada em amônia (desaminação), degradada em aminoácidos de interesse dos microrganismos (fermentação), ou pode passar para o abomaso antes de ser completamente degradadas (Silva, 2011). Se não ocorre síntese microbiana de proteínas, os níveis de amônia no rúmen são mais altos, por outro lado, é necessária uma quantidade mínima de amônia para o crescimento microbiano adequado (Weimer et al., 1999). Baixas



concentrações de amônia no rúmen limitam a atividade de bactérias celulolíticas, reduzindo a síntese microbiana (Silva et al., 2019). No presente estudo, a concentração ruminal de amônia apresentou comportamento similar ao consumo de PB (efeito quadrático).

As alterações ao longo das horas de coleta (Tabela 4) ocorreram porque o pH ruminal é influenciado pela ingestão de grãos, pela capacidade inerente do animal de produzir tamponantes e pelas taxas de uso e absorção de ácidos. A redução do pH ruminal pós-alimentação em mais de uma unidade de pH, eleva 10 vezes a concentração de íons hidrogênio (Krause e Oetzel, 2006).

### 3.4.3 Balanço de nitrogênio

O balanço de nitrogênio é um indicativo do metabolismo proteico e constitui importante parâmetro na avaliação de alimentos, o que permite avaliar se o animal encontra-se em equilíbrio quanto aos seus compostos nitrogenados (Clark et al., 1992). O aumento no teor de concentrado das dietas, independente do tipo de volumoso, tende a resultar em maior absorção e retenção de nitrogênio (Almeida et al., 2019).

No presente estudo, as dietas foram isonitrogenadas, então o efeito quadrático observado para o consumo de nitrogênio foi devido a resposta quadrática no CMS, como já discutido anteriormente. Com esperado, a maior excreção fecal de N pelos animais que receberam as dietas contendo 5,2; 7,8 e 10,4% de  $FDN_{fef}$  foi devido a menor digestibilidade da PB pelos animais destes tratamentos. No presente estudo é importante enfatizar que a fonte de proteína e nitrogênio não proteico inclusas nas dietas experimentais, juntamente com a elevada quantidade de carboidratos prontamente disponíveis no rúmen proporcionaram utilização eficiente desses compostos pelos microrganismos, resultando em ótimos valores de retenção de nitrogênio.

## 3.5 Conclusão

O teor de  $FDN_{fef}$  de forragem que impôs maior limitação física ao CMS foi 13,0% da MS. Teores de  $FDN_{fef}$  a partir de 5,2% da MS podem ser considerados seguros para formulação de dietas ricas em grãos para terminação de cordeiros. As dietas com mais amido resultaram em maiores digestibilidade e maiores proporções molares de propionato, observando-se uma maior taxa de declínio na digestibilidade da MO nos teores de  $FDN_{fef}$  superiores a 5,2%. Com isso, o teor de 5,2%  $FDN_{fef}$  que correspondeu à 7,8% de  $FDN_{fe}$  na dieta total combinou os melhores resultados de consumo, digestibilidade, pH e perfil de AGCC

ruminal, sendo o teor mínimo indicado para formulação de dietas à base de milho moído para terminação de cordeiros em confinamento.

## Referências

- Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83, 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Allen, M.S., 1997. Relationship between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. *J. Dairy Sci.* 80, 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)
- Almeida, J.C.S., de Figueiredo, D.M., de Azevedo, K.K., Paixão, M.L., Ribeiro, E.G., Dallago, G.M., 2019. Intake, digestibility, microbial protein production, and nitrogen balance of lambs fed with sorghum silage partially replaced with dehydrated fruit by-products. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 619–627. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1734-0>
- AOAC, 1997. Association of Official Analytical Chemists International.
- AOAC, 1995. AOAC Official Methods of Analysis.
- AOAC, 1990. AOAC Official Methods of Analysis, in: Helrich, K. (Ed.), AOAC Official Methods of Analysis. Arlington, Virginia, pp. 73–80. <https://doi.org/10.32741/fihb.3.honey>
- Bannink, A., France, J., Lopez, S., Gerrits, W.J.J., Kebreab, E., Tamminga, S., Dijkstra, J., 2008. Modelling the implications of feeding strategy on rumen fermentation and functioning of the rumen wall. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143, 3–26. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.002>
- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Soest, P.J. Van, Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82, 149–169.
- Chaney, A.L., Marbach, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8, 130–132. <https://doi.org/10.1093/clinchem/8.2.130>
- Clark, J.H., Klusmeyer, T.H., Cameron, M.R., 1992. Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 75, 2304–2323. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77992-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77992-2)
- Dijkstra, J., Ellis, J.L., Kebreab, E., Strathe, A.B., López, S., France, J., Bannink, A., 2012. Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.005>
- Emmanuel, B., Lawlor, M.J., McAleese, D., 1970. The effect of phosphate and carbonate-bicarbonate supplements on the rumen buffering systems of sheep. *Br. J. Nutr.* 24, 653–660. <https://doi.org/10.1079/bjn19700066>

- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011a. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4120–4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>
- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Araujo, R.C., Gentil, R.S., Loerch, S.C., 2011b. Apparent digestibility, Nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4127–4133. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3419>
- Fox, D.G., Tedeschi, L.O., 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. *Proc. plains Nutr.* ....
- Galyean, M.L., Hubbert, M.E., 2014. Review: Traditional and alternative sources of fiber-Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *Prof. Anim. Sci.* 30, 571–584. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01329>
- Hall, M.B., 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis. *Univ. Florida Ext. - Inst. Food Agric. Sci.*
- Heinrichs, J., Kononoff, P., 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. *Coll. Agric. Sci. DAS 02-42*, 1–14.
- Ítavo, L.C.V., Valadares Filho, S.D.C., Da Silva, F.F., Valadares, R.F.D., Cecon, P.R., Ítavo, C.C.B.F., De Moraes, E.H.B.K., Paulino, P.V.R., 2002. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. *Rev. Bras. Zootec.* 31, 1024–1032. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982002000400027>
- Kleefisch, M.T., Zebeli, Q., Humer, E., Kröger, I., Ertl, P., Klevenhusen, F., 2017. Effects of the replacement of concentrate and fibre-rich hay by high-quality hay on chewing, rumination and nutrient digestibility in non-lactating Holstein cows. *Arch. Anim. Nutr.* 71, 21–36. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2016.1253227>
- Krause, K.M., Oetzel, G.R., 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 215–236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>
- Lanzas, C., Sniffen, C.J., Seo, S., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., 2007. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 136, 167–190. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.025>
- Mertens, D.R., 2000. Physically effective NDF and its use in formulating Dairy rations.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. *Bioenerg. Wild Herbiv.* 81–102. <https://doi.org/10.1201/9781351070218>

- Nagaraja, T.G., Lechtenberg, K.F., 2007. Acidosis in Feedlot Cattle. *Vet. Clin. North Am. - Food Anim. Pract.* 23, 333–350. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.04.002>
- Nocek, J.E., 1997. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *J. Dairy Sci.* 80, 1005–1028. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76026-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0)
- Nocek, J.E., Heald, C.W., Polan, C.E., 1984. Influence of Ration Physical Form and Nitrogen Availability on Ruminal Morphology of Growing Bull Calves. *J. Dairy Sci.* 67, 334–343. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81306-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81306-5)
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC, 1987. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals, Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. <https://doi.org/10.17226/950>
- Pitt, R.E., Van Kessel, J.S., Fox, D.G., Pell, A.N., Barry, M.C., Van Soest, P.J., 1996. Prediction of Ruminal Volatile Fatty Acids and pH Within the Net Carbohydrate and Protein System. *J. Anim. Sci.* 74, 226–244. <https://doi.org/10.2527/1996.741226x>
- Plaizier, J.C., Krause, D.O., Gozho, G.N., McBride, B.W., 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* 176, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.016>
- Polizel, D.M., Martins, A.S., Miszura, A.A., Ferraz Júnior, M.V. de C., Bertoloni, A.V., Oliveira, G.B., Barroso, J.P.R., Ferreira, E.M., Pires, A.V., 2021. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. *Sci. Agric.* 78. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0263>
- SAS, I.I., 1999. Statistical analysis system.
- Shane, M.H., 2010. Effects of Corn Silage Hybrids and Dietary Nonforage Fiber Sources on Productive Performance in Early Lactating Dairy Cows Fed High Forage Diets.
- Silva, J.F.C. da, 2011. Nutrição de Ruminantes, in: Berchielli, Telma Teresinha; Pires, Alexandre Vaz; Oliveira, S.Gi. (Ed.), Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal, SP, p. 616.
- Silva, J.F. dos S., Souza, & M.T. de C., Vieira, & M.S.B., & Praxedes, R.F., Almeida, & V.V.S. de, Oliveira, & A.C., Rangel, & A.H. do N., Carvalho, & F.F.R. de, Lima Júnior, & D.M. de, 2019. The replacement of grass hay by cassava foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02171-y>
- Sung, H.G., Kobayashi, Y., Chang, J., Ha, A., Hwang, I.H., Ha, J.K., 2007. Low ruminal pH reduces dietary fiber digestion via reduced microbial attachment. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 20, 200–207. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.200>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

- Weimer, P.J., Waghorn, G.C., Odt, C.L., Mertens, D.R., 1999. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 122–134. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75216-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75216-1)
- Weiss, C.P., Gentry, W.W., Meredith, C.M., Meyer, B.E., Cole, N.A., Tedeschi, L.O., McCollum, F.T., Jennings, J.S., 2017. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. *J. Anim. Sci.* 95, 1707–1714. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1330>
- Xie, B., Huang, W., Zhang, C., Diao, Q., Cui, K., Chai, J., Wang, S., Lv, X., Zhang, N., 2020. Influences of starter NDF level on growth performance and rumen development in lambs fed isocaloric and isonitrogenous diets. *J. Anim. Sci.* 1–8. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa093>
- Yang, W.Z., Beauchemin, K.A., 2007. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Digestion and milk production. *J. Dairy Sci.* 90, 3410–3421. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-818>
- Yang, W.Z., Beauchemin, K.A., 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J. Dairy Sci.* 89, 217–228. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72086-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72086-0)
- Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83, 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)

#### 4 EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM (FDN<sub>FEF</sub>) PARA CORDEIROS EM TERMINAÇÃO: DESEMPENHO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

##### Resumo

Sessenta cordeiros Dorper × Santa Inês não castrados, com peso médio inicial de  $22,3 \pm 5,95$  kg e  $74 \pm 15,52$  dias de idade, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos completos casualizados, definidos pelo peso inicial e idade, para avaliar seis teores de FDN<sub>fef</sub> sobre o desempenho, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e características de carcaça. As dietas experimentais foram isonitrogenadas ( $14,4\% \pm 0,20$  de PB na MS) e os tratamentos foram definidos pela inclusão de teores crescente de FDN<sub>fef</sub>, sendo eles 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN<sub>fef</sub>, % da MS (feno de “coastcross”). O período experimental teve duração de 84 dias, sendo subdivididos em 3 períodos que foram usados para coletas de sangue, observação de comportamento ingestivo, pesagem (após jejum de sólidos de 16 horas) e coleta de sobras. Ao final do experimento os animais foram abatidos sem jejum para avaliação dos parâmetros de carcaça. Houve efeito quadrático para o CMS (kg/d;  $P=0,03$ ) e GMD ( $P<0,01$ ), cujo maiores valores foram encontrados no teor de 7,8% de FDN<sub>fef</sub>. Porém a EA diminuiu linearmente ( $P=0,03$ ). A variável de ingestão no comportamento ingestivo aumentou linearmente ( $P<0,001$ ), porém o tempo ruminando ( $P<0,0001$ ) e mastigando ( $P<0,001$ ) min/d apresentaram efeito quadrático, cujos os maiores tempos foram observados no teor de 7,8% FDN<sub>fef</sub>, também houve efeito quadrático para o tempo em ócio ( $P<0,001$ ; min/d) em que os menores tempos despendidos nessa atividade foram observados no tratamento de 7,8% FDN<sub>fef</sub>. Em min/g MS consumida houve efeito linear crescente para ruminação ( $P<0,0001$ ) e mastigação ( $P<0,0001$ ), enquanto que em min/g FDN consumida a ingestão apresentou efeito quadrático ( $P<0,001$ ), acompanhando o CMS e para ruminação o efeito foi linear crescente ( $P=0,01$ ). Houve efeito quadrático para ingestão ( $P<0,0001$ ) e mastigação ( $P=0,02$ ) quando foram calculadas em min/g de FDN<sub>fe</sub> consumida, em que os menores tempos foram observados nos tratamentos de 5,2 a 10,4% FDN<sub>fef</sub>. O volume ruminal ( $P=0,02$ ) e peso do TGI cheio ( $P=0,03$ ) tiveram efeito quadrático, cujo os maiores valores foram na inclusão de 10,4% FDN<sub>fef</sub>. O peso corporal ao abate ( $P<0,01$ ) apresentou efeito quadrático, com os maiores valores observados para 7,8% de FDN<sub>fef</sub>. Contudo, o maior PCQ e PCF foi observado para os animais alimentados com a dieta contendo 5,2% de FDN<sub>fef</sub> (efeito quadrático;  $P<0,01$ ). Porém os rendimentos de carcaça quente ( $P<0,0001$ ) e carcaça fria ( $P<0,0001$ ) e espessura de parede corporal ( $P<0,01$ ) diminuíram linearmente em resposta aos teores crescentes de FDN<sub>fef</sub>. Houve resposta quadrática para escore de marmoreio ( $P=0,04$ ), peso de gordura peri-renal ( $P<0,01$ ), AOL ( $P=0,04$ ), para os cortes costela ( $P=0,01$ ), pernil ( $P<0,01$ ) e lombo ( $P=0,01$ ), comprimento interno de carcaça ( $P=0,01$ ) índice de compacidade de carcaça ( $P<0,01$ ) e perímetro torácico ( $P<0,01$ ), cujos maiores valores foram encontrados no teor de inclusão de 5,2% de FDN<sub>fef</sub>. O teor de 5,2% de FDN<sub>fef</sub> é indicado como adequado para formulação de dietas ricas em energia para cordeiros em confinamento.

**Palavras-chave:** Alto concentrado, Lombo, Cortes, Rendimento de carcaça, GMD.

## Abstract

Sixty non-castrated Dorper × Santa Inês lambs, with an average initial weight of  $22.3 \pm 5.95$  kg and  $74 \pm 15.52$  days of age, were distributed in a randomized complete block experimental design, defined by initial weight and age, to evaluate six levels of NDF<sub>pef</sub> on performance, ingestive behavior, blood parameters and carcass characteristics. The experimental diets were isonitrogenated ( $14.4\% \pm 0.20$  of CP in DM) and the treatments were defined by the inclusion of 0; 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 or 13.0% of NDF<sub>pef</sub>, % of DM (coastcross hay). There was a quadratic effect for DMI (kg / d;  $P=0.03$ ) and ADG ( $P<0.01$ ), whose highest values were found in the content of 7.8% of NDF<sub>pef</sub>. However, the AE decreased linearly ( $P=0.03$ ). The intake variable in the ingestive behavior increased linearly ( $P<0.001$ ), ruminating ( $P<0.0001$ ) and chewing ( $P<0.001$ ) min / d showed a quadratic effect, whose longest times were observed in the content of 7.8% NDF<sub>pef</sub>, there was a quadratic effect for idle time ( $P<0.001$ ; min / d). In min / g DM consumed, there was an increasing linear effect for rumination ( $P<0.0001$ ) and chewing ( $P<0.0001$ ), while in min / g NDF consumed, the intake showed a quadratic effect ( $P<0.001$ ), following the DMI and for rumination the effect was linearly increasing ( $P=0.01$ ). There was a quadratic effect for intake ( $P<0.0001$ ) and chewing ( $P=0.02$ ) when they were calculated in min / g of consumed NDF<sub>pe</sub>, in which the shortest times were observed in the treatments of 5.2 to 10.4% NDF<sub>pef</sub>. The ruminal volume ( $P=0.02$ ) and weight of the full GIT ( $P = 0.03$ ) had a quadratic effect, the highest values of which were the inclusion of 10.4% NDF<sub>pef</sub>. Slaughter body weight ( $P<0.01$ ), WCH ( $P<0.01$ ) and WCC ( $P<0.01$ ) showed a quadratic effect, following the performance. However, the hot carcass ( $P<0.0001$ ) and cold carcass ( $P<0.0001$ ) and body wall thickness ( $P <0.01$ ) decreased linearly in response to the increasing levels of NDF<sub>pef</sub>. There was a quadratic response for marbling score ( $P=0.04$ ), perirenal fat weight ( $P<0.01$ ), LM area ( $P=0.04$ ), for rib cuts ( $P=0.01$ ), ham ( $P<0.01$ ) and loin ( $P=0.01$ ), internal carcass length ( $P=0.01$ ) carcass compactness index ( $P<0.01$ ) and thoracic perimeter ( $P<0.01$ ), whose highest values were found in the inclusion content of 5.2% of NDF<sub>pef</sub>. The 5.2% content of NDF<sub>pef</sub> is indicated as suitable for formulating energy-rich diets for lambs in confinement.

**Keywords:** High concentrate, loin, cuts, carcass yield, ADG.

## 4.1 Introdução

Para terminação de cordeiros, com intuito de produção de carne de qualidade, em espaço reduzido de tempo, o sistema mais utilizado é o confinamento (Garcia et al., 2010). O desempenho e características de carcaça são diretamente influenciados pela composição da dieta (Nascimento et al., 2020). Segundo o NRC (2007), o consumo de energia é o principal fator que influencia o desempenho, portanto, maior consumo de energia significa maior ganho de peso. Wang et al. (2020) observaram que o aumento da densidade energética da dieta impactou positivamente o GMD dos animais. Nesse sentido, uma das formas de aumentar a concentração energética das dietas é aumentar o teor de grãos, havendo como consequência diminuição no teor de FDN<sub>fe</sub> de forragem (FDN<sub>ref</sub>).

Ao avaliar os efeitos de diferentes teores de FDN (15%, 20% e 25% de FDN) em dietas ricas em concentrado, tendo como fonte de volumoso a silagem de milho, Gallo et al. (2019) observaram que a dieta com menor teor de FDN (15% de FDN), resultou em maior

ganho de peso e peso de carcaça sem que os cordeiros apresentassem alterações em relação aos parâmetros indicadores de saúde ruminal.

Por sua vez Bernardes et al. (2015), avaliaram dietas sem forragem utilizando grãos sem processamento (milho, aveia branca, aveia preta ou arroz com casca, com FDN de 14,34%, 26,25%, 22,24%, 21,70%, respectivamente), e os resultados demonstraram que dietas sem forragem à base de milho apresentam maiores consumos de matéria seca, melhor escore de condição corporal, ganho de peso e conversão alimentar, o que levou à redução do número de dias no confinamento necessários para atingir o peso de abate. Além disso, as dietas sem forragem proporcionaram melhores resultados econômicos quando comparadas com as demais dietas testadas (Bernardes et al., 2015).

Os teores ideais para manter o pH entre 5,7 e 6,0 (Pitt et al., 1996; Shane, 2010), já estão definidos como 22% da MS de FDN<sub>ie</sub> para bovinos leiteiros (Shane, 2010) e 7% da MS de FDN<sub>ief</sub> para bovinos de corte (Fox e Tedeschi 2002) na literatura. Porém não existe um consenso sobre a exigência de FDN e FDN<sub>ie</sub> para pequenos ruminantes, e os sistemas nutricionais utilizam os dados de trabalhos dessas categorias animais como base para formulação de dietas para cordeiros (Tedeschi et al., 2008). Além disso existe a preocupação no campo com a oferta de volumoso para formulação de dietas para confinamento, já que a produção de forragens em algumas regiões do país é sazonal. Devido à estas problemáticas, é de extrema importância um estudo que defina os teores mínimos de inclusão dessa fração de fibra na alimentação de cordeiros em terminação criados em sistema de confinamento.

Com isso, o objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do fornecimento de dietas contendo teores crescentes de FDN<sub>ief</sub> sobre o desempenho, características de carcaça e comportamento ingestivo com intuito de definir a exigência mínima de FDN<sub>ief</sub> para cordeiros em terminação recebendo dietas ricas em concentrado. É esperado que as dietas com as inclusões de 10,4 e 13,0 % FDN<sub>ief</sub> limitem fisicamente o CMS e conseqüentemente os animais tenham pior desempenho, em contrapartida as inclusões intermediárias de FDN<sub>ief</sub> (5,2 e 7,5%) apresentariam os melhores índices de desempenho e carcaça. E por fim a dieta sem forragem e com inclusão de 2,6% de FDN<sub>ief</sub> apresentará comprometimento sanguíneo devido ao alto teor de concentrado da dieta, e esse fator pode deprimir seu desempenho, assim como as características de carcaça.



## 4.2 Material e Métodos

### 4.2.1 Local, animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para confinamento de ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba-SP (22° 42' 24" S e 47° 37' 53" O), Brasil. O presente estudo foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais – CEUA da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP registrado sob o protocolo de nº 20190-09, o que atesta que o experimento está de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de Outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de Julho de 2009, e de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal – CONCEA.

Foram utilizados 60 cordeiros não castrados Dorper × Santa Inês, com peso médio inicial de  $22,3 \pm 5,95$  kg e  $74 \pm 15,52$  dias de idade. Os animais foram confinados metade em baias cobertas (1 animal/baia) com piso de concreto e dimensões de 1,3 m × 3,5 m e outra metade em sistema tie-stall em piso ripado individuais ao abrigo da chuva e luz solar direta, todos providos de bebedouro e cocho para fornecimento da ração e água potável.

### 4.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 6 tratamentos e 10 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 84 dias, divididos em três períodos, com 28 dias cada.

Os tratamentos experimentais foram definidos pela inclusão de teores crescentes de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ; feno de “coastcross” (Tabela 7)) a dieta à base de milho moído contendo alto teor de concentrado para cordeiros, como segue: 0% de  $FDN_{fef}$  - sem adição de  $FDN_{fe}$  de forragem; 2,6% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 2,6% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 5,2% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 5,2% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 7,8% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 7,8% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 10,4% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 10,4% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS; 13% de  $FDN_{fef}$  – inclusão de 13% de  $FDN_{fe}$  de forragem na MS. Em todas as dietas foi adicionada 16 mg/kg de MS de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil), sendo indicada por Polizel et al. (2021).

As dietas experimentais foram formuladas utilizando-se o “Small Ruminant Nutrition System” (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004), as quais estão apresentadas

na Tabela 6. Diariamente, todas as rações foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas uma vez ao dia.

Todas as dietas foram processadas na fábrica de ração do SIPOC/ESALQ. O feno foi moído utilizando triturador (Nogueira® DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil), providos de peneira com crivos de 10 mm. Posteriormente foram misturados com as devidas proporções (exceto o tratamento 0% de  $FDN_{fer}$ ) ao milho e ao farelo de soja. Contudo, a ureia, calcário, cloreto de amônio, mistura mineral e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foram previamente misturadas em recipiente menor e posteriormente à homogeneização adequada, foi adicionada aos demais ingredientes utilizando-se misturador horizontal com capacidade para 500 kg, resultando na mistura da dieta total (Lucato®, Limeira, Brasil).

**Tabela 6.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

(continua)

Ingredientes	FDN <sub>fe</sub> de forragem <sup>1</sup>					
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
Feno de "Coastcross"	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
Grão de milho moído	83,0	78,0	73,0	68,0	63,0	58,0
Farelo de soja	13,0	13,0	13,0	13,1	13,1	13,1
Ureia	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Cloreto amônia	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcário	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mistura mineral <sup>2</sup>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição química (% MS) <sup>3</sup>						
MS	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5
PB	14,1	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7
FDN	10,0	13,3	16,6	19,9	23,2	26,5
FDN <sub>ref&gt;1,18mm</sub>	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
FDN <sub>ref&gt;4mm</sub>	0	2,2	4,5	6,8	9,0	11,3
FDN <sub>fed&gt;1,18mm</sub>	4,4	6,4	7,6	10,5	12,4	14,6
FDN <sub>fed&gt;4 mm</sub>	0,05	0,7	1,35	2,9	4,08	4,4
CNF	66,9	63,3	59,7	56,2	52,6	49,1
EE	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8
MM	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1
Amido	57,7	56,0	52,2	48,2	37,6	29,1
EM, Mcal/kg <sup>4</sup>	2,968	2,867	2,942	2,903	2,802	2,734

**Tabela 6.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

(conclusão)

Tamanho de partículas, % <sup>5</sup>						
<1,18 mm	60,9	51,5	56,0	43,9	46,9	42,4
1,18 a 4,0 mm	38,6	43,0	36,2	40,6	34,25	40,3
4,0 a 8,0 mm	0	4,0	4,8	9,0	9,3	9,8
8,0 a 19,0 mm	0,25	1,5	2,5	5,5	8,6	6,3
>19,0 mm	0,25	0	0,5	1,0	1,0	1,25
Tam. médio part 1,18mm	2,15	2,16	2,23	2,4	2,6	2,57
Tam. Médio part 4mm	1,34	1,41	1,57	1,84	2,03	2,09

<sup>1</sup>Dietas contendo: 0, 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de FDN<sub>ref</sub>, % da MS.

<sup>2</sup>Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

<sup>3</sup>MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDN<sub>ref</sub>>1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem considerando partículas retidas em peneira acima de > 1,18 mm; FDN<sub>ref</sub>>4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem considerando partículas retidas em peneira acima de > 4 mm; FDN<sub>fed</sub>>1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total considerando partículas retidas em peneira acima de > 1,18 mm; FDN<sub>fed</sub>>4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total considerando partículas retidas em peneira acima de > 4 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral.

<sup>4</sup>EM, Mcal/kg: energia metabolizável, valor predito pelo SRNS a partir dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

<sup>5</sup>Tamanho de partículas: tamanho de partículas das dietas foram analisadas por meio do uso do Penn State Particle Separator (PSPS) conforme Heinrichs e Kononoff (2002).

**Tabela 7.** Composição química e FDN fisicamente efetiva do feno coastcross.

1	%MS	%PB	% EE	%FDN	%MM	%CNF	FDN <sub>fe</sub> 1,18mm	FDN <sub>fe</sub> 4 mm
Feno de "Coastcross"	87,93	14,42	2,00	76,35	6,33	0,90	68,24	59,20

<sup>1</sup>MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; MM: matéria mineral; CNF: carboidratos não fibrosos; FDN<sub>fe</sub>>1,18mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem, considerando partículas retidas em peneira acima de 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>>4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem, considerando partículas retidas em peneira acima de 4 mm.

Os animais de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo as respectivas dietas experimentais (ração total), considerando que os animais são provenientes de um sistema intensivo de produção, e desde a segunda semana de vida consumiram dieta de elevado teor de concentrado.

Ao final de cada período, as sobras de alimento de cada unidade experimental foram pesadas para o cálculo do consumo de matéria seca (CMS), amostradas (10%) e compostas por tratamento. A cada batida de ração uma amostra foi colhida e conservada a -20 °C para análise. O ganho médio diário de peso corporal (GMD) dos animais foi acompanhado por meio de pesagens realizadas no início do experimento e ao final de cada período experimental (dias 0, 28, 56 e 84) após jejum de sólidos de 16 horas. A partir dos dados de CMS e GMD, foi calculado a eficiência alimentar (EA, em que  $EA = \text{kg de GMD} / \text{kg de CMS}$ ).

### **4.2.3 Comportamento ingestivo**

Ao final de cada período experimental foi realizada a avaliação do comportamento ingestivo de cada animal, durante 24 horas, com observações realizadas a cada 5 minutos. Dois observadores devidamente treinados foram utilizados para cada turno de avaliação de 3 horas. Foram avaliados o tempo gasto com ingestão, ruminação, mastigação, ócio e água em min/dia. O tempo despendido em cada atividade (expresso em min/d) foi calculado por meio da multiplicação do número de observações por 5. O tempo total de mastigação foi considerado como a soma dos tempos de ingestão e ruminação (Weidner e Grant, 1994). Os tempos de ingestão, ruminação e mastigação foram também expressos em min/g de matéria seca consumidas, min/g de FDN consumidas e min/g de FDN<sub>ie</sub> consumida. Para isso, a sobra correspondente ao dia da observação do comportamento ingestivo foi coletada, amostrada (10%) por tratamento e conservadas a -20 °C para posterior análise.

### **4.2.4 Análises laboratoriais bromatológicas**

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Reprodução e Animal (LNRA) e no Laboratório de Bromatologia, ambos do Departamento de Zootecnia da ESALQ - USP. Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das rações ofertadas e das sobras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil), com peneiras com crivos de 1,0 mm. Para obtenção da MS, as amostras foram secas em estufa a 105 °C por 24 h (AOAC, 1990; #930.15). A matéria mineral (MM) foi obtida através da incineração das amostras em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990; #942.05). A concentração de N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac N

(Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1997), e posteriormente multiplicado com 6,25 para obtenção da proteína bruta das amostras. O teor de extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho extrator Ankon XT15 (Ankom Tech Corp., Macedon, NY, USA; AOAC, 1990; #920.39). A concentração de FDN foi determinada segundo Van Soest et al. (1991), utilizando  $\alpha$ -amilase termoestável e sulfito de sódio, e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990; #968.06). O amido foi determinado através da utilização de kit comercial da marca Megazyme (Total Starch Assay Kit, K-TSTA-100<sup>a</sup>; AOAC, 1995; #996.11). Foi avaliado o tamanho de partículas das dietas e dos ingredientes por meio do uso do Penn State Particle Separator (PSPS) conforme Heinrichs e Kononoff (2002), a FDN fisicamente efetiva foi calculada multiplicando a concentração de FDN pela porcentagem retida na peneira de 1,18 mm e 4 mm (Mertens, 1997).

#### **4.2.5 Colheita de sangue para análises**

Ao término de cada período experimental foi realizada colheita de sangue via punção da veia jugular de todos os animais (2 amostras por animal) quatro horas após a oferta de ração. As colheitas foram realizadas em tubos a vácuo contendo gel separador e acelerador de coágulo (VACUETTE®, Greiner Bio-One). As amostras de sangue coletadas por tubos com anti-coagulante (EDTA) e fluoreto de potássio foram direcionadas para a dosagem de ureia, lactato e glicose. As amostras de sangue dos tubos sem anti-coagulante foram analisadas a insulina, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT). Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas a  $3.000 \times g$  a  $20^{\circ}\text{C}$  por 15 minutos para separação do soro sanguíneo, uma alíquota correspondente a cada análise e animal foi identificada, armazenadas em minitubos Eppendorf, e congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para a posterior análise.

##### **4.2.5.1 Aspartato-aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT)**

A concentração sérica das enzimas aspartato-aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) foram determinadas segundo a metodologia descrita por Schmid e Fostner (1986), em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA –200 (CELM, Barueri, SP, Brasil), utilizando-se kit comercial da marca Labtest.

#### **4.2.5.2 Glicose e Ureia**

Para a determinação das concentrações de glicose utilizou-se o kit enzimático GLICOSE HK LIQUIFORM – Ref.: 85 (LABTEST Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, MG, Brasil) por espectrofotometria de ponto final, utilizando-se o filtro de absorvância de 505 nm em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA –200 (CELM, Barueri, SP, Brasil). Uma alíquota de 4 µL do plasma foi pipetada em cubetas de reação, acrescida de 400 µL de reagente, fornecido pelo kit. Após período de incubação de 10 minutos, foi realizada a leitura da absorvância para obtenção dos valores de glicose em mg/dL. Para calibração do equipamento, a solução padrão fornecida pelo kit enzimático, com concentração de 100 mg/dL de glicose, foi analisada a cada rodada. Já a concentração de ureia foi determinada com a utilização do kit comercial Labtest (Urea UV), para leitura em espectrofotometria de ponto final, utilizando-se o filtro de absorvância de 505 nm em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA –200 (CELM, Barueri, SP, Brasil).

#### **4.2.5.3 Insulina**

As dosagens hormonais de insulina foram realizadas utilizando o método de quimiluminescência automatizada (Immulite® 1000, Siemens Healthcare Diagnostics, Deerfield, IL, USA) através de Kit comercial do Immulite 1000 para determinação de insulina.

#### **4.2.5.4 Lactato**

A concentração de lactato foi determinada utilizando kit enzimático LACTATO LIQUIFORM – Ref.: 116 (LABTEST Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, MG, Brasil), por espectrofotometria de ponto final, utilizando-se filtro de absorvância de 550 nm em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA – 200 (CELM, Barueri, SP, Brasil). Foi utilizado para calibração do equipamento solução padrão fornecida com o kit com concentração de 40 mg/dL. Uma alíquota de 5 µL de reagente enzimático, e incubada por 7 minutos em 25°C, para posterior leitura.

### **4.2.6 Abate dos animais e características da carcaça**

Ao final do período de confinamento, 58 machos foram abatidos sem jejum para possibilitar a coleta de conteúdo ruminal e cecal dos animais. Imediatamente antes do abate os animais foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA).



Após o processo de evisceração dos animais, os órgãos foram separados em duas caixas e pesados, o trato gastrointestinal foi pesado cheio em uma caixa, e outra caixa continha as vísceras vermelhas (fígado, pulmão-traquéia, baço, coração), que foram pesadas individualmente.

O rúmen-retículo teve seu volume mensurado através de enchimento por água após seu esvaziamento, e a quantidade de água que encheu por completo o rúmen-retículo foi pesada, seguindo a metodologia descrita por (Toledo et al., 2020), portanto a densidade da água foi considerada igual ao seu peso (kg=litro). Em seguida os componentes do trato gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso, ceco, intestino grosso e intestino delgado) foram limpos e pesados individualmente.

As carcaças foram quentes pesadas (PCQ), e permaneceram em câmara de refrigeração a 4 °C por 24 horas, sendo novamente pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ), rendimento da carcaça fria (RCF) e a perda por resfriamento (PR) foram calculados pelas fórmulas:  $RCQ = (PCQ/PCA) \times 100$ ;  $RCF = (PCF/PCA) \times 100$  e  $PR = [(PCQ - PCF)/PCQ] \times 100$ .

Após 24 h de refrigeração, o músculo *Longissimus dorsi* foi seccionado de maneira transversal entre a 12<sup>o</sup> e 13<sup>o</sup> costelas, a EGS determinada dos dois lados da carcaça utilizando-se um paquímetro digital graduado em mm. A face exposta do músculo *Longissimus dorsi* foi desenhada em papel vegetal, posteriormente a área mensurada com auxílio de um planímetro graduado em cm<sup>2</sup> para obtenção da área de olho de lombo (AOL). A partir dos valores obtidos do lado direito e esquerdo da carcaça, foi calculada a média aritmética da EGS e AOL por carcaça. Também foram medidas a espessura de parede corporal (EPC), escore de marmoreio, comprimento interno e externo de carcaça, comprimento externo e interno de tórax, perímetro de pernil, comprimento de pernil e perímetro de garupa (Cezar e Sousa, 2007). A partir dos valores coletados de comprimento interno da carcaça, foi calculado o índice de compacidade da carcaça, que é a relação entre o comprimento interno da carcaça e o peso de carcaça fria. Em seguida, a carcaça foi separada em cortes (paleta, matambre, costela, pescoço, pernil, rabo e lombo) e pesados, e além de serem pesados também a gordura perirenal e os rins.

#### 4.2.7 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (1999). As variáveis de desempenho, comportamento ingestivo e parâmetros sanguíneos foram avaliadas como medida repetida no tempo de acordo com o modelo estatístico que segue:  $Y = \mu + B_i + T_j + E_{ij} + P_k + (TP)_{jk} + E_{ijk}$ , em que:  $\mu$  = média geral;  $B_i$  = efeito aleatório de bloco;  $T_j$

= efeito fixo de tratamento;  $E_{ij}$  = erro residual A;  $P_k$  = efeito fixo de período;  $(TP)_{jk}$  = efeito fixo da interação entre tratamento e período experimental;  $E_{ijk}$  = erro residual B.

Para avaliação dos parâmetros de carcaça foi utilizado o seguinte modelo estatístico:  $Y = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$ , em que:  $\mu$  = média geral;  $B_i$  = efeito aleatório de bloco;  $T_j$  = efeito fixo de tratamento;  $E_{ij}$  = erro residual. Para todas as variáveis avaliadas os efeitos dos teores de FDN<sub>fe</sub> de forragem foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. O efeito de período e interação entre tratamentos e períodos foi determinado pelo teste F de variância. As médias dos tratamentos foram obtidas pelo comando LSMEANS. Os efeitos foram declarados significativos quando  $P < 0,05$ .

## 4.3 Resultados

### 4.3.1 Desempenho

Não houve interação entre dieta experimental e período para as variáveis relacionadas a desempenho (Tabela 8). Houve efeito quadrático para o CMS (kg/d;  $P = 0,03$ ) e GMD ( $P < 0,01$ ) sendo observado os maiores valores para os cordeiros alimentados com 7,8% de FDN<sub>fe</sub>, enquanto que o menor ganho ocorreu para o tratamento com maior inclusão de FDN<sub>fe</sub> (13%). Não houve efeito para o CMS quando avaliado em relação a porcentagem do PC ou peso metabólico (PM). A inclusão de níveis crescentes de FDN<sub>fe</sub> diminuiu linearmente a EA dos cordeiros ( $P = 0,03$ ).

Em relação ao peso corporal dos cordeiros houve efeito quadrático nos dias D28 ( $P < 0,01$ ), D56 ( $P < 0,01$ ) e D84 ( $P < 0,01$ ). A inclusão de 2,6% de FDN<sub>fe</sub> resultou em maior PC ao final do primeiro período, quanto que a inclusão de 7,8% apresentou os maiores valores de PC nos períodos subsequentes. Em contrapartida, a inclusão de 13% de FDN<sub>fe</sub> apresentou os menores valores para peso corporal ao final dos períodos experimentais.

**Tabela 8.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) no desempenho de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>			
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q	P	D*P
Idade inicial	80,6	73,1	74,4	78,9	75,6	81,3	3,60	-	-	-	-
CMS, kg/d	0,941	0,987	1,041	1,049	1,039	0,906	0,07	0,98	0,03	<0,0001	0,26
CMS, %PC	2,97	3,05	3,11	3,12	3,13	2,97	0,12	0,82	0,20	0,81	0,06
CMS, PM	70,65	71,95	74,38	74,61	74,58	69,84	2,85	0,86	0,13	<0,0001	0,13
GMD, kg	0,263	0,270	0,279	0,293	0,270	0,210	0,02	0,10	<0,01	<0,01	0,07
EA	0,284	0,276	0,279	0,291	0,271	0,249	0,01	0,03	0,07	<0,0001	0,15
Peso, kg											
D0	21,60	21,56	21,04	21,15	21,12	21,50	1,68	0,69	0,48	-	-
D28	28,37	30,23	29,81	29,91	29,50	25,96	1,92	0,06	<0,01	-	-
D56	35,31	36,28	37,06	37,09	35,48	31,93	1,95	0,02	<0,001	-	-
D84	44,08	45,76	47,00	47,36	45,43	40,66	2,15	0,14	<0,01	-	-

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{ref}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: Erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático; P: efeito de período; D\*P: efeito de interação entre dietas e períodos.

<sup>4</sup>CMS, kg/d: consumo de matéria seca em kg por dia; CMS, %PC: consumo de matéria seca em porcentagem do peso corporal; CMS, PM: consumo de matéria seca em peso metabólico (elevado à 0,75); GMD: ganho médio diário de peso corporal; EA: eficiência alimentar; dias experimentais: 0 (D0), 28 (D28), 56 (D56) e 84 (D84).

### 4.3.2 Comportamento ingestivo

Não houve efeito de interação entre dieta e período experimental para as variáveis quando analisadas em min/d. O tempo gasto com a ingestão de alimento aumentou linearmente ( $P < 0,001$ ) com o aumento de  $FDN_{\text{ref}}$  nas dietas experimentais (min/d). Os tempos de ruminação e mastigação (min/d) apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,0001$  e  $P < 0,001$ , respectivamente), em que o maior tempo despendido nessas atividades correspondeu a dieta contendo 7,8% de  $FDN_{\text{ref}}$ . Houve efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) para o tempo em ócio (min/d), sendo observado que os cordeiros que passaram mais tempo mastigando, permaneceram menor tempo em ócio. Não houve efeito para o tempo gasto com consumo de água (Tabela 9).

Quando o comportamento ingestivo dos animais foi expresso em min/g de MS consumida, foi possível observar efeito linear crescente para ruminação ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P < 0,0001$ ) em resposta ao aumento na inclusão de  $FDN_{\text{ref}}$  nas dietas experimentais (Tabela 9). Além de ter sido observado aumento linear no tempo despendido em ruminação e mastigação, com o aumento dos teores de  $FDN_{\text{ref}}$  nos diferentes períodos de observação (Figura 1).

Para as três atividades avaliadas (ingestão, ruminação e mastigação) expressas em minutos por grama de FDN, o tempo de ingestão apresentou efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) e o tempo de ruminação efeito linear crescente ( $P = 0,01$ ) com a inclusão de  $FDN_{\text{ref}}$ . Para as atividades expressas em min por grama de  $FDN_{\text{fe}}$  da dieta total consumida, houve efeito quadrático para o tempo de ingestão ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P = 0,02$ ), cujo menores valores foram observados nas dietas contendo 10,4% de  $FDN_{\text{ref}}$  (Tabela 9). Houve interação entre os períodos e os tratamentos, e seus desdobramentos para as variáveis expressas em gramas consumidas de FDN e  $FDN_{\text{fe}}$  (Figuras 2 e 3).

**Tabela 9.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fed}$ ) no comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento.

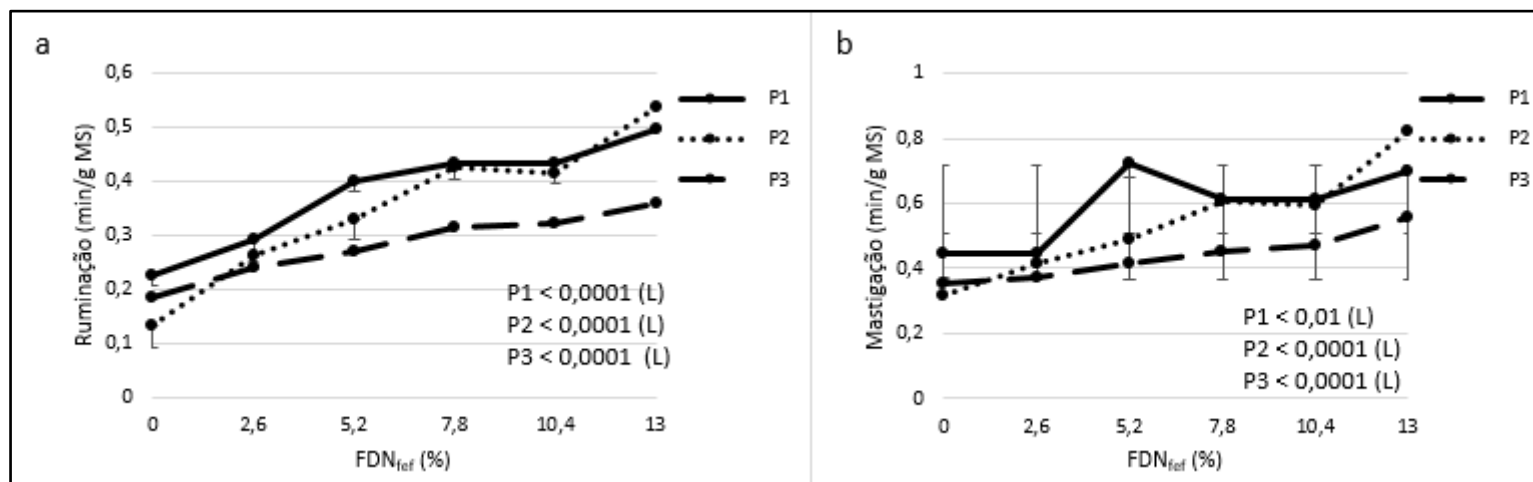
Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>			
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q	P	D*P
Min/d											
Ingestão	174,6	164,7	187,5	194,5	197,9	220,2	13,45	0,001	0,43	<0,0001	0,45
Ruminação	167,0	288,8	379,9	460,2	453,5	473,7	18,18	<0,0001	<0,0001	<0,01	0,06
Mastigação	346,1	453,5	565,1	654,7	647,7	700,8	21,11	<0,0001	<0,001	<0,0001	0,18
Ócio	1085,4	973,5	867,6	778,3	784,3	731,3	21,36	<0,0001	<0,001	<0,0001	0,20
Água	7,45	12,81	6,12	7,17	8,00	7,67	1,63	0,32	0,90	0,01	0,40
Min/g MS											
Ingestão	0,178	0,149	0,246	0,165	0,169	0,224	0,04	0,52	0,89	<0,0001	0,37
Ruminação	0,181	0,264	0,335	0,390	0,389	0,465	0,02	<0,0001	0,06	<0,0001	0,01
Mastigação	0,366	0,413	0,565	0,555	0,559	0,689	0,04	<0,0001	0,62	<0,0001	0,0001
Min/g FDN											
Ingestão	1,526	1,073	0,926	0,886	0,727	0,897	0,11	<0,0001	<0,001	<0,0001	0,02
Ruminação	1,548	1,892	1,655	2,092	1,673	2,343	0,18	0,01	0,58	<0,0001	<0,001
Mastigação	3,087	2,965	2,640	2,978	2,400	2,989	0,18	0,21	0,11	<0,0001	<0,001
Min/g $FDN_{fed<1,18mm}$											
Ingestão	3,427	1,962	1,850	1,527	1,342	1,578	0,21	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01
Ruminação	3,397	3,547	3,621	3,612	3,091	3,476	0,21	0,59	0,54	<0,0001	<0,0001
Mastigação	6,722	5,546	5,441	5,139	4,432	5,126	0,34	0,0001	0,02	<0,0001	0,001

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fed}$ , % da MS.

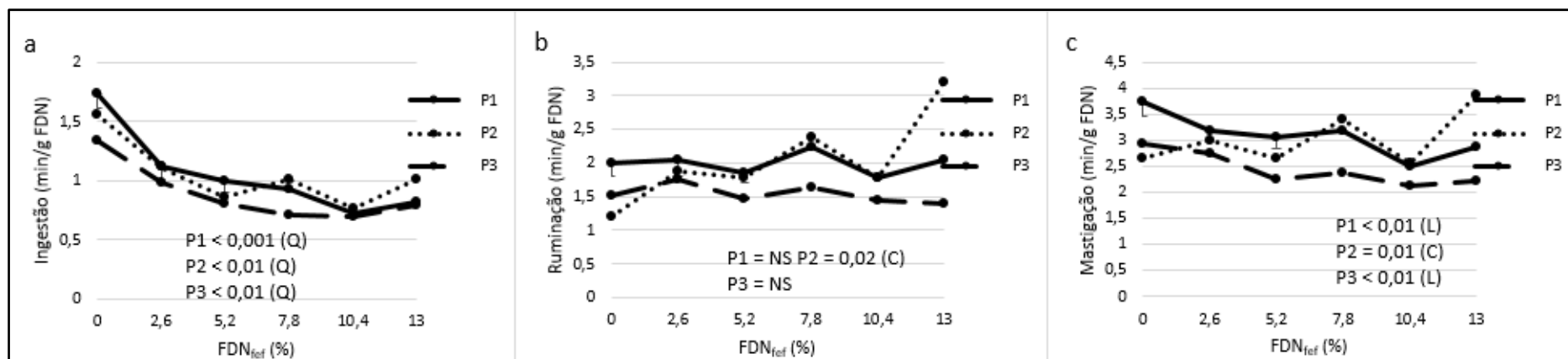
<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático; P: efeito do período; D\*P: efeito de interação entre dietas e períodos.

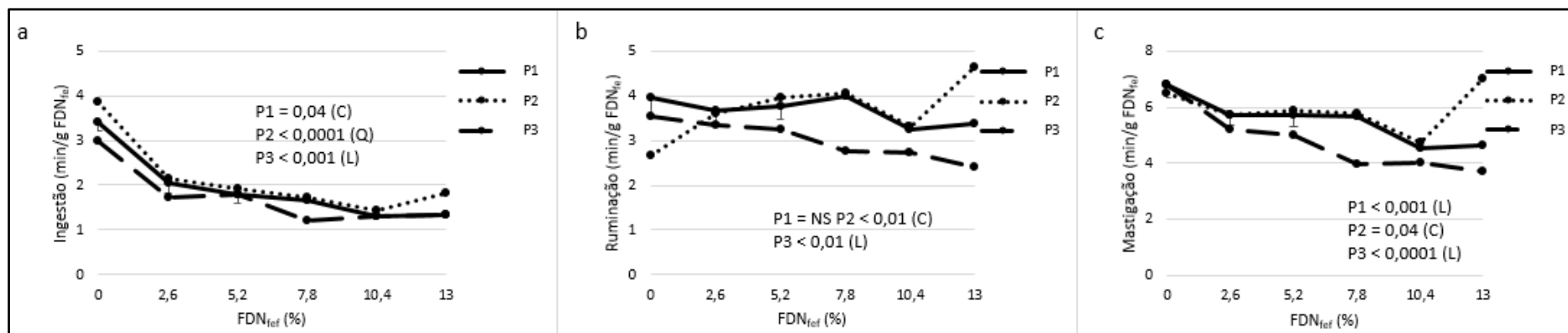
<sup>4</sup>Min/d: minutos por dia gasto em cada atividade; Min/g MS: minutos de cada atividade em relação a cada grama de matéria seca consumida; Min/g FDN: minutos de cada atividade em relação a cada grama de FDN consumida; Min/g  $FDN_{fed<1,18mm}$ : minutos de cada atividade em relação a cada grama de  $FDN_{fe}$  da dieta total consumida.



**Figura 1.** Minutos em atividade de ruminação (a) e mastigação (b) por grama de matéria seca consumida de cordeiros em terminação alimentados com teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> em diferentes períodos (P1, P2 e P3).



**Figura 2.** Minutos despendidos ingestão (a), ruminação (b) e mastigação (c) por grama de FDN consumida de cordeiros em terminação alimentados com teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> em diferentes períodos (P1, P2 e P3).



**Figura 3.** Minutos despendidos ingestão (a), ruminação (b) e mastigação (c) por grama de FDN<sub>ref</sub> consumida de cordeiros em terminação alimentados com teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> em diferentes períodos (P1, P2 e P3).

### 4.3.3 Parâmetros sanguíneos

Não houve diferença para os parâmetros sanguíneos e os teores de inclusão de  $FDN_{fef}$  (Tabela 10). Porém houve efeito significativo entre os períodos experimentais das enzimas hepáticas, alanina aminotransferase (ALT) e aspartato- aminotransferase (AST), e ureia, porém, não houve efeito de interação tratamento e período para essas variáveis.



**Tabela 10.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) nos parâmetros sanguíneos de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>			
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q	P	D*P
Lactato, mL/dL	23,44	21,92	21,53	18,06	21,72	21,72	2,78	0,51	0,26	0,36	0,97
Glicose, mL/dL	88,71	84,29	87,07	88,11	85,90	84,74	2,39	0,45	0,85	0,26	0,96
Ureia, mL/dL	30,88	33,66	34,02	33,28	31,94	32,26	1,58	0,93	0,17	<0,001	0,87
Insulina, uIU/mL	39,78	44,86	39,54	52,83	41,27	35,82	13,86	0,86	0,48	-	-
ALT, U/L	10,54	11,57	11,52	12,33	14,37	13,09	1,56	0,05	0,79	<0,0001	0,53
AST, U/L	102,03	96,98	123,3	106,0	104,2	105,40	11,11	0,83	0,40	<0,0001	0,18

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático; P: efeito do período; D\*P: efeito de interação entre dietas e períodos.

<sup>4</sup>ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato-aminotransferase.

#### **4.3.4 Abate, carcaça, cortes e componentes não carcáceos**

Não houve efeito dos tratamentos sobre os pesos do abomaso, intestino delgado (ID), intestino grosso (IG) e ceco, assim como sobre as proporções destes componentes em relação ao trato gastrointestinal (% do TGIV; Tabela 11). Contudo, o peso e a proporção (% do TGIV) do rúmen diminuiu linearmente com o aumento no teor de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  da dieta. Por sua vez, os maiores pesos e proporções (% do TGIV) do retículo e do obaso foram observados para os animais que receberam a dieta contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (efeito quadrático), e o maior volume ruminal ( $P = 0,02$ ) e peso do TGI cheio ( $P = 0,03$ ) foram observados para os animais alimentados com a dieta contendo 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ .

**Tabela 11.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{ref}}$ ) no peso e proporção do trato gastrintestinal de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$\text{FDN}_{\text{fe}}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>		
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q	C
Volume ruminal, L	13,37	13,64	15,49	17,55	17,92	16,82	0,80	<0,01	0,03	0,01
Peso TGI										
TGI cheio, kg	10,14	10,48	11,30	12,69	12,73	11,97	0,57	<0,0001	0,02	0,03
TGI vazio, kg	2,58	2,59	2,48	2,70	2,61	2,40	0,12	0,46	0,27	0,14
Rúmen, g	1110,9	1008,5	949,1	1017,6	961,5	881,0	56,79	<0,01	0,79	0,10
Retículo, g	89,58	94,70	113,48	116,14	110,90	110,20	5,68	<0,001	<0,01	0,73
Omaso, g	72,45	92,50	98,28	113,45	97,50	101,20	7,68	<0,01	0,01	0,62
Abomaso, g	166,74	198,49	158,87	197,08	178,30	164,40	14,88	0,74	0,22	0,89
ID, g	566,44	652,70	605,63	685,89	702,80	634,40	38,35	0,07	0,14	0,51
IG, g	523,47	513,20	510,79	532,58	536,80	483,80	45,48	0,75	0,61	0,40
Ceco, g	36,27	33,80	26,27	33,33	31,57	29,00	4,96	0,32	0,59	0,42
% TGI										
Rúmen	56,91	51,67	48,62	52,13	49,26	45,13	2,77	<0,01	0,79	0,10
Retículo	4,59	4,85	5,81	5,95	5,68	5,65	0,29	<0,001	<0,01	0,73
Omaso	3,71	4,74	5,04	5,81	5,00	5,19	0,39	<0,01	0,01	0,62
Abomaso	8,54	10,17	8,14	10,10	9,13	8,42	0,80	0,74	0,22	0,89
ID	29,02	33,44	31,03	35,14	36,00	32,50	1,86	0,07	0,14	0,51
IG	26,82	26,29	26,17	27,29	27,50	24,79	2,22	0,75	0,61	0,40
Ceco	1,86	1,73	1,34	1,71	1,62	1,48	0,24	0,32	0,60	0,42

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático; C: efeito cúbico.

<sup>4</sup>TGI: Trato gastrointestinal; ID: intestino delgado; IG: intestino grosso.

O fígado ( $P = 0,03$ ), omento ( $P < 0,01$ ) e coração ( $P < 0,01$ ) apresentaram efeito quadrático. O fígado obteve o maior peso no tratamento com 7,8% de inclusão de  $FDN_{fef}$ , já o coração e o omento obtiveram maiores pesos no tratamento com 5,2% de  $FDN_{fef}$ . O rim apresentou efeito linear decrescente ( $P = 0,04$ ) com a inclusão de  $FDN_{fef}$  (Tabela 12).

**Tabela 12.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) no peso das vísceras de cordeiros em confinamento.

Variáveis	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>	
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q
Peso, g									
Fígado	961,73	982,00	967,57	974,70	948,70	936,00	62,92	0,01	0,03
Pulmão e traquéia	576,01	552,80	530,44	612,90	575,30	544,30	29,65	0,97	0,70
Rim	125,92	129,70	120,20	124,20	112,40	117,20	5,98	0,04	0,93
Omento	910,85	861,60	1042,40	927,40	742,40	510,70	103,97	<0,01	<0,01
Baço	85,15	90,50	82,05	79,80	75,90	64,90	5,14	<0,01	0,20
Coração	196,81	197,90	210,96	194,00	195,40	169,10	7,76	<0,01	<0,01

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

O peso corporal ao abate (PCA) foi superior para os animais que receberam a dieta contendo 7,8% de  $FDN_{\text{fef}}$  (efeito quadrático;  $P < 0,01$ ) (Tabela 13). Contudo, o maior PCQ e PCF foi observado para os animais alimentados com a dieta contendo 5,2% de  $FDN_{\text{fef}}$  (efeito quadrático;  $P < 0,01$ ), enquanto que os maiores rendimentos de carcaça quente (RCQ) e carcaça fria (RCF) foram apresentados pelos animais que receberam a dieta sem forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ ), cujos valores diminuíram linearmente ( $P < 0,0001$ ) em resposta aos teores crescentes de  $FDN_{\text{fef}}$  na dieta.

A EPC diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ), enquanto que o EM e o peso de GPR apresentaram resposta quadrática aos teores crescentes de  $FDN_{\text{fef}}$ , não havendo efeito dos tratamentos sobre a EGS. De forma coerente ao maior peso de carcaça, os animais que receberam a dieta com 5,2% de  $FDN_{\text{fef}}$  apresentaram maiores (efeito quadrático) EM ( $P = 0,04$ ), peso de GPR ( $P < 0,01$ ) e área de olho de lombo (AOL;  $P = 0,04$ ) (Tabela 13). De forma similar ao observado para EGS, não houve efeito dos tratamentos sobre as perdas por resfriamento (PPR).

**Tabela 13.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) no peso ao abate e características de carcaça de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>	
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q
PCA, kg	46,30	48,08	49,42	50,25	48,49	43,32	2,23	0,31	<0,01
PCQ, kg	24,78	25,61	25,99	25,68	24,29	21,79	1,34	0,01	<0,01
RCQ, %	52,98	53,27	52,52	50,94	50,08	50,18	0,72	<0,0001	0,81
PCF, kg	24,31	25,11	25,44	25,11	23,76	21,21	1,31	0,01	<0,01
RCF, %	52,00	52,22	51,39	49,79	49,01	48,87	0,68	<0,0001	0,78
PPR, %	1,85	1,96	2,13	2,28	2,14	1,91	0,20	0,54	0,11
EPC, mm	16,22	17,04	16,28	16,28	15,12	13,58	1,15	<0,01	0,07
EGS, cm	1,71	2,02	1,88	2,02	1,93	1,93	0,28	0,61	0,53
AOL, cm <sup>2</sup>	16,32	16,49	17,37	16,52	15,98	15,12	0,99	0,08	0,04
GPR, kg	0,66	0,67	0,79	0,68	0,48	0,44	0,09	<0,01	<0,01
EM	0,35	0,70	0,77	0,40	0,30	0,20	0,17	0,07	0,04

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>PCA: peso corporal ao abate; PCQ: peso de carcaça quente; RCQ: rendimento de carcaça quente; PCF: peso de carcaça fria; RCF: rendimento de carcaça resfriada; PPR: perda por resfriamento; EPC: espessura de parede corporal; EGS: espessura de gordura subcutânea; AOL: área de olho de lombo; GPR: gordura peri-renal; EM: escore de marmoreio (escala de 0: Ausente; 1: Traços finos; 2: traços e 3: abundante).

Houve efeito quadrático para o peso da costela, pernil e lombo ( $P = 0,01$ ;  $P < 0,01$ ;  $P = 0,01$  respectivamente) cujos maiores valores foram observados para os animais alimentados com a dieta contendo 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ . Por outro lado, a inclusão de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  reduziu linearmente o peso da paleta ( $P < 0,1$ ). Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso de pescoço, matambre e rabo (Tabela 14).



**Tabela 14.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) no peso dos cortes de cordeiros em confinamento.

Variáveis	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>	
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q
Cortes, kg									
Pescoço	0,80	0,81	0,80	0,75	0,79	0,70	0,05	0,11	0,47
Paleta	2,34	2,27	2,30	2,25	2,21	1,97	0,10	<0,01	0,11
Matambre	0,68	0,64	0,69	0,69	0,67	0,63	0,05	0,57	0,37
Costela	3,31	3,34	3,43	3,35	3,20	2,79	0,21	<0,01	0,01
Pernil	3,43	3,55	3,62	3,55	3,45	3,13	0,18	0,04	<0,01
Rabo	0,11	0,13	0,12	0,14	0,13	0,10	0,02	0,84	0,07
Lombo	1,11	1,17	1,22	1,20	1,07	0,99	0,08	0,07	0,01

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

Não houve efeito dos tratamentos sobre o perímetro de pernil (PP), comprimento de pernil (CP) e comprimento externo da carcaça (CEC; Tabela 15). Entretanto, o comprimento interno de carcaça (CIC;  $P = 0,01$ ) apresentou resposta quadrática, cujos os maiores valores foram observados para as dietas contendo 7,8% de  $FDN_{ref}$ . Além dessas variáveis, o índice de compacidade da carcaça (ICC;  $P < 0,01$ ) e perímetro torácico (PT;  $P < 0,01$ ) também apresentaram efeito quadrático, em que o maior valor foi encontrado na inclusão de 5,2% de  $FDN_{ref}$ .

**Tabela 15.** Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fe}$ ) nos índices da carcaça de cordeiros em confinamento.

Variáveis <sup>4</sup>	$FDN_{fe}$ de forragem <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	Valor de P <sup>3</sup>	
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q
CEC, cm	63,86	65,50	64,20	64,40	65,90	65,05	1,51	0,55	0,92
CIC, cm	63,12	64,24	64,14	65,72	65,29	62,58	0,96	0,77	0,01
PT, cm	74,26	74,60	77,49	76,55	73,55	70,55	1,64	0,07	<0,01
CP, cm	39,23	40,17	39,78	40,35	40,15	39,47	1,05	0,67	0,10
PP, cm	50,07	51,04	50,05	51,90	50,50	49,40	1,53	0,66	0,14
ICC, kg/cm <sup>2</sup>	0,381	0,390	0,396	0,380	0,363	0,338	0,016	<0,001	<0,01

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de  $FDN_{fe}$ , % da MS.

<sup>2</sup>EPM: erro padrão da média.

<sup>3</sup>L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>CEC: comprimento externo da carcaça; CIC: comprimento interno da carcaça; PT: perímetro de tórax; CP: Comprimento do pernil; PP: perímetro de pernil; ICC: índice de compacidade de carcaça.

## 4.4 Discussão

### 4.4.1 Desempenho

Os ruminantes necessitam de uma quantidade mínima de fibra fisicamente efetiva ( $FDN_{fe}$ ) na dieta para evitar desordens metabólicas (Mertens, 1997). Estes valores são bem descritos para bovinos leiteiros (NRC, 2001) e para bovinos de corte (NASSEM, 2016). Contudo, o NRC (2007) não reporta as exigências de fibra para ovinos em crescimento. Neste sentido, os dados do presente experimento indicaram claramente que 7,8% de  $FDN_{fef}$  foi o teor que maximizou o CMS e o GMD dos cordeiros.

As características químicas e físicas do alimento e as interações entre esses fatores afetam o CMS. No caso dos ruminantes, normalmente a limitação física é causada pela distensão do rúmen-retículo e a limitação química é provocada pelo acúmulo de ácidos graxos de cadeia curta provenientes da fermentação (Allen, 2000). No presente estudo, o menor CMS dos animais alimentados com as dietas contendo 0 e 2,6% de  $FDN_{fef}$  deve ser atribuído a limitação química no consumo. Provavelmente, a alevada proporção molar de propionato, o aumento na pressão osmótica e o conseqüente baixo pH ruminal justificam os menores CMS. O máximo CMS observado com a inclusão de 7,8% de  $FDN_{fef}$  denota adequada condição ruminal e ausência de limitação física, a partir deste teor, claramente o enchimento ruminal provocou redução no consumo. Estes resultados caracterizam a típica resposta quadrática sugerida por Allen (2000) para caracterizar o CMS quando a FDN da dieta é aumentada em decorrência da substituição dos grãos por fontes de forragem. Os dados disponíveis na Tabela 9 demonstram que os animais dos tratamentos 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 e 13,0% de  $FDN_{fef}$  continham 7,56; 7,89; 8,82; 9,99; 10,12 e 9,57 kg de conteúdo no trato gastrointestinal, estes valores expressos em relação ao peso corporal no momento do abate (Tabela 13) corresponderam ao enchimento de 16,32; 16,41; 17,84; 19,88; 20,87 e 22,09% do trato gastrointestinal (TGI), respectivamente. Este aumento progressivo no enchimento do TGI indica que os animais buscaram contrabalancear a menor densidade energética das dietas com mais fibra aumentando o consumo, contudo a partir da inclusão de 7,8% de  $FDN_{fef}$  na dieta isso não foi possível por falta de espaço no TGI, o que é coerente com a pressuposição de ter havido limitação física de consumo a partir deste teor.

O maior GMD dos animais alimentados com a dieta contendo 7,8% de  $FDN_{fef}$  foi devido ao maior CMS. Normalmente existe alta correlação entre o CMS e o consumo de energia metabolizável, que por sua vez é o principal preditor da taxa de crescimento de cordeiros (NRC, 2007). São limitadas as informações na literatura a cerca do uso de dietas ricas em energia com diferentes teores de fibra para ovinos, contudo, os dados do presente

experimento são coerentes com a informações existentes, como exemplo, Turino et al. (2012) observaram que o CMS variou de 0,870 kg/dia para 0,780 kg/dia e o GMD de 0,237 kg/dia para 0,202 kg/dia em resposta ao aumento no teor de  $FDN_{fe}$  de 9,3% para 11,1% da MS.

Níveis mais altos de energia em uma dieta promovem redução na relação acetato:propionato e aumentam a disponibilidade de energia metabolizável para os animais. Isso ocorre devido a diminuição de perdas de energia na forma de gases de fermentação (principalmente metano) e da produção de calor dissipado pela fermentação de substratos fibrosos (Kozloski, 2019).

Esses pontos reforçam os resultados obtidos de GMD no presente estudo, em que os maiores valores foram encontrados com teor de inclusão de 7,8%  $FDN_{fef}$ , acompanhando o CMS. O histórico alimentar tem grande influência no desempenho dos animais no início do confinamento (Xie et al., 2020). Os cordeiros utilizados neste experimento foram oriundos de sistema intensivo de produção, onde foram criados confinados (sistema de mamada controlada) e receberam concentrado inicial com 100% de concentrado a partir de 2 semanas de vida até a data de início do confinamento (NRC, 1985). Cordeiros criados neste sistema aumentam gradativamente o consumo de concentrado com o avançar da idade podendo ser desmamados e introduzido diretamente nas dietas de terminação ricas em grãos (>90% de concentrado) (Ferreira et al., 2014). Este manejo permitiu o uso da dieta sem forragem à base de milho moído neste confinamento experimental, bem como justifica a ausência de um protocolo de adaptação específica no início do confinamento, o que é indispensável para animais oriundos de sistemas de cria utilizando dietas à base de alto teor de concentrado.

A diminuição linear na EA foi devido ao decréscimo na densidade energética da dieta com o aumento na inclusão de  $FDN_{fef}$ .

#### **4.4.2 Comportamento ingestivo**

O processo de alimentação e o destino dos alimentos ingeridos em ruminantes têm uma grande influência no equilíbrio ácido-básico do fluido ruminal (González et al., 2012). A redução no pH ruminal depende da quantidade de saliva adicionada ao alimento ingerido (González et al., 2012). O aumento do tempo dispendido em ingerir o alimento está relacionado ao teor de  $FDN_{fef}$  da dieta, uma vez que o animal demora mais tempo para apreender o alimento com partículas maiores e mastigá-las antes de deglutir.

Esse comportamento poder estar relacionado com o tempo que animal gasta para selecionar alimentos com altos teores de fibra, procurando preferencialmente as partículas de fácil ingestão, como milho moído. Vacas normalmente procuram concentrado, diminuindo a ingestão de  $FDN_{fe}$ , porém, seu comportamento alimentar altera, e ocorre seleção e

mastigação durante a acidose subclínica no sentido de uma maior classificação para partículas mais longas, entretanto, partículas mais curtas presentes na dieta são evitadas para mitigar curtos episódios de acidose (Kröger et al., 2019). No presente trabalho, não foi analisada as características da sobra diária, portanto não é possível afirmar que houve a seleção dos componentes da dieta, porém pode-se dizer que o maior tempo gasto na atividade de ingestão observado pelos animais do tratamento com as menores inclusões de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  pode estar relacionado ao comportamento de seleção, em busca de partículas que pudessem auxiliar na ruminação.

O tempo dispendido em ruminação está diretamente relacionado ao CMS, já que os animais necessitam de mais tempo para ruminar e diminuir as partículas dos alimentos, assim como o aumento de matéria fermentescível no rúmen pode causar queda de pH, e a ruminação auxilia na secreção de saliva, que tem o papel de neutralizar AGCC produzidos no rúmen.

Segundo Beauchemin e Yang (2005) embora o aumento do  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  tenha aumentado a ruminação, a capacidade tampão resultante do aumento da salivação não reduziu a incidência de acidose ruminal em vacas leiteiras alimentadas com dietas pobres em fibras. Por sua vez, Kröger et al. (2019) observaram que o comportamento ingestivo de vacas foi alterado, pois aumentaram a seleção das partículas médias e evitaram partículas longas e muito finas, o que se refletiu em diminuição no tempo de alimentação por refeição, mas aumentaram o número de refeições por dia, obviamente na tentativa de diminuir a quantidade de substrato fermentável por unidade de tempo, mantendo altos níveis de ingestão de nutrientes. Embora essas mudanças durante a ingestão de  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  resultaram em menor variação diurna do pH ruminal, a seleção das partículas não preveniu a queda do pH e aumentou o nível de todas as enzimas hepáticas, indicando danos ao tecido hepático (Kröger et al., 2019).

A quantidade e frequência de ingestão é influenciada pela proporção de forragem, comprimento de partícula e teor de umidade dos alimentos, mas também por outros fatores como fome e manejo alimentar (Beauchemin et al., 2008; Carter et al., 1990). Além disso, os períodos de tempo entre os eventos de alimentação permitem a metabolização oportuna de ácidos (por exemplo, oxidação no fígado) e eliminação pela urina de prótons absorvidos do rúmen (González et al., 2012).

No presente estudo foi exposto uma abordagem em que foi possível observar o tempo dispendido em cada atividade de forma relativa (min/g de MS, min/g de FDN e min/g de  $\text{FDN}_{\text{fe}}$ ), isso mostrou que os animais demoraram mais tempo para ingerir a dieta com o aumento de teor de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . Porém quando as frações dos alimentos foram levadas em consideração, a realidade se inverte, uma vez que o tempo de ingestão foi superior para

a dieta com menor teor de  $FDN_{ref}$ , indicando que os animais ingeriram lentamente a unidade de FDN e  $FDN_{fe}$ .

Quando as refeições ocorrem em períodos curtos resultam em maior produção de AGCC, sendo assim, não é possível neutralizar todos os ácidos produzidos no rúmen pela saliva em um pequeno espaço de tempo, além da eliminação desses pela absorção e passagem para o abomaso (González et al., 2012).

Contudo, ingredientes finamente moídos, altamente fermentáveis, são consumidos em uma taxa mais rápida e, portanto, são ensalivados em menor grau e levam ao curto tempo de mastigação, resultando em menor produção diária de saliva. Apesar da redução no teor de fibras melhorar a eficiência do uso de energia alimentar pelos ovinos, ingredientes devem ser misturados à ração para possibilitar o consumo mais lento da dieta ao longo do dia (Silva et al., 2019). O fracionamento da alimentação ao longo do dia pode também diminuir a seleção dos alimentos (González et al., 2012).

#### 4.4.3 Parâmetros sanguíneos

A alanina aminotransferase (ALT) é importante na avaliação de tecidos responsáveis pelo metabolismo de aminoácidos, como o fígado, é considerada hepato-específica porque um significativo aumento na atividade sérica somente é observado na degeneração ou necrose hepatocelular. Já a aspartato-aminotransferase (AST) é uma enzima que catalisa a transaminação de aspartato e  $\alpha$ -cetoglutarato em oxalacetato e glutamato. A AST, nos ruminantes, é um bom indicador de funcionamento hepático. Alguma estimulação de origem exógena, como alta concentração de alimentos e mudanças bruscas nas dietas, podem causar danos às células hepáticas e vazamento de enzimas no sangue, aumentando seus níveis. As concentrações de ALT e AST não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), porém é importante ressaltar que permaneceram dentro dos intervalos de referência estabelecidos por Kaneko et al. (2008) (AST: 60 a 280 U/L). Portanto, pode-se inferir que não houve disfunção hepática, além de demonstrar que a ausência de  $FDN_{ref}$  em dietas à base de milho moído não comprometeu o funcionamento saudável do fígado. Resultados semelhantes foram observados por Mello et al. (2020) (AST e ALT) e Vasconcelos et al. (2019) (AST), que utilizaram dietas de alto grão e não obtiveram diferenças significativas para estas enzimas entre seus tratamentos.

As concentrações encontradas para glicose e ureia também não apresentaram diferenças significativas, estando os valores dentro dos limites ideais para cordeiros (Glicose de 50 a 80 mg/dl e ureia 17,12 a 42,8 mg/dl), conforme estabelecido por Kaneko et al. (2008). A ureia é o metabólito que melhor reflete o status proteico em ruminantes, pois apresenta

relação com a digestão proteica e com o metabolismo dos microorganismos do rúmen. Níveis elevados de ureia no soro podem estar relacionados ao equilíbrio inadequado de proteína e energia na dieta, com captação excessiva de proteínas ou déficit de energia, o que não ocorreu no presente estudo, como mencionado anteriormente. Assim como Silva et al. (2019) e Vasconcelos et al. (2019), que encontraram valores semelhantes ao do presente estudo.

A glicemia em ruminantes em ótimo estado nutricional não diz muito, pois a glicose proveniente do trato gastrointestinal é mínima, sendo a síntese realizada pelo fígado, a partir de moléculas precursoras da via glicolítica, onde o ácido propiônico contribui com 60% dos requerimentos de glicose, aminoácidos e glicogênio com 25% e ácido láctico com 15% (González e Silva, 2006). Esse metabólito é de vital importância para as demandas energéticas, tais como metabolismo cerebral e lactação, com isso a mensuração se torna justificada no perfil metabólico, porém como os mecanismos homeostáticos do organismo são bastante eficientes, e seu nível apresenta pouca variação (Tabela 10).

A insulina é o principal hormônio controlador da utilização da glicose pelos tecidos extra-hepáticos em ruminantes, com influência também no metabolismo das proteínas e lipídeos. Fatores como resposta à alimentação, sinais nervosos, hormônios gastrintestinais, aminoácidos e ácidos graxos voláteis, particularmente o propiônico determinam as concentrações de insulina (Kaneko et al., 2008). A ausência de efeito dos tratamentos sobre a concentração de glicose justifica a similaridade na concentração de insulina entre os tratamentos avaliados no presente estudo.

Em ruminantes a dosagem plasmática de L-Lactato como bom indicador de desordens digestivas, doenças respiratórias e transtornos no abomaso (Karapinar et al., 2013) é altamente aplicável. Nos casos de acidose láctica ruminal, o ácido láctico pode ser diretamente absorvido pela parede ruminal ou passar junto com o fluido ruminal para abomaso e intestinos, para posterior absorção (Moller et al., 1997). O fígado e os rins são responsáveis pela maioria da depuração de lactato, metabolizando 50% e 25%, respectivamente (Allen e Holm, 2008). Levando essas informações em consideração, é possível concluir que no presente experimento não houve impacto dos tratamentos em possíveis comprometimentos digestivos, respiratórios e hepáticos.

Assim como no presente estudo, Gallo et al. (2019) não observou alterações dos parâmetros sanguíneos nos animais alimentados com dietas com baixos teores de fibra, como anemia, alterações no metabolismo energético como excesso de lactato na corrente sanguínea e as enzimas hepáticas.



#### 4.4.4 Abate, carcaça, cortes e componentes não carcáceos

O rendimento de carcaça é uma importante medida de produtividade, especialmente porque a principal renda do produtor de ovinos de corte advém da venda da carcaça. Considerando este aspecto, os resultados do presente experimento foram favoráveis às dietas com menores teores de  $FDN_{\text{ref}}$ , tendo em vista o decréscimo linear no rendimento de carcaça em resposta ao aumento no teor de  $FDN_{\text{ref}}$  das dietas. Em decorrência do maior peso final, os animais alimentados com a dieta contendo 5,2% de  $FDN_{\text{ref}}$  apresentassem os maiores pesos dos cortes nobres, costela, pernil e lombo, o que pode ser utilizado como referência para recomendar este teor de fibra mais adequado para formulação de dietas de terminação de cordeiros, mesmo tendo a dieta contendo 7,8% de  $FDN_{\text{ref}}$  proporcionado maior GMD.

Assim como Xie et al. (2020), que estudou o desenvolvimento do trato digestivo de cordeiros, o peso e porcentagem do rúmen, no presente estudo diminuiu com a inclusão de  $FDN_{\text{ref}}$  na dieta. A diminuição do peso do rúmen pode ser explicada pela diminuição do teor de carboidratos não fibrosos nas dietas com maiores teores de  $FDN_{\text{ref}}$ , os quais são consideradas promotores do desenvolvimento do epitélio ruminal a partir dos AGCC oriundos da sua fermentação no rúmen. Além disso, os animais com o rúmen mais pesado (de 0 a 5,2% de  $FDN_{\text{ref}}$ ) foram os que apresentaram menor volume ruminal, indicando que a espessura e/ou densidade da parede ruminal foi maior para os animais alimentados com as dietas mais ricas em grãos.

No presente experimento não houve relação direta entre o peso dos componentes do trato gastrointestinal com o rendimento de carcaça, uma vez que não houve efeito dos tratamentos sobre o peso do TGI vazio. Contudo, vale destacar que os animais que apresentaram maiores rendimentos de carcaça (de 0 a 5,2% de  $FDN_{\text{ref}}$ ) foram os que apresentaram menor volume ruminal e conseqüentemente menor peso de TGI cheio.

O peso do fígado e do coração acompanharam o observado para o ganho de peso e peso final dos animais, o que provavelmente esteve relacionado com a necessidade de atender a maior demanda metabólica dos animais de maior porte.

O peso corporal ao abate e conseqüentemente os pesos de carcaça fria e quente (Tabela 13) foram influenciadas pelo CMS (Tabela 8) e pela diminuição da densidade energética da dieta com inclusão de  $FDN_{\text{ref}}$ . Sob uma condição de aumento dos níveis de energia na dieta, o crescimento muscular e as taxas de deposição de gordura aceleram, resultando em uma diminuição no índice de vísceras (Wang et al., 2020). Segundo Nascimento et al. (2020), esse efeito está diretamente relacionado ao desempenho animal. Além disso, dietas com níveis mais altos de forragem reduzem a taxa de passagem da ração, conseqüentemente, o TGI fica mais cheio e mais pesado, o que contribui para reduzir o rendimento da carcaça. Gallo et al. (2019) observaram melhores características de carcaça e

desempenho com a diminuição do teor de FDN na dieta (15% FDN), uma vez que dietas com elevado teor de concentrado fornecem maior quantidade de energia metabolizável, melhorando assim o crescimento do tecido muscular e adiposo, que compõe a carcaça.

O efeito negativo da elevação no teor de fibra da dieta sobre o rendimento de carcaça pode ser visto comparando experimentos que forneceram dietas ricas em concentrado ( $\geq 90\%$  da MS) e observaram rendimento médio de carcaça de 49% (Ferreira et al., 2014, 2011a; Gastaldello et al., 2010; Queiroz et al., 2008) com experimentos que forneceram dietas com maiores teores de volumoso e observaram rendimento de carcaça médio de 44,5% (Keles et al., 2018; Manarelli et al., 2019; Mendes et al., 2008; Suassuna et al., 2014). Entretanto, os resultados do presente experimento claramente mostraram que o limite máximo de inclusão de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  na dieta para que não houvesse maior comprometimento no rendimento de carcaça foi 5,2% da MS.

A espessura de parede corporal, foi maior para os animais que receberam as dietas com maior densidade energética. Este fator pode estar relacionado ao maior depósito de músculo e gordura nessa região devido a elevada energia da dieta. A espessura de gordura subcutânea não apresentou diferenças nos tratamentos, o que é consistente com a ausência de efeito dos tratamentos sobre as perdas por resfriamento

A AOL, gordura peri renal e escore de marmoreio foram influenciadas pelo desempenho, e peso de carcaça. Da mesma maneira, Nascimento et al. (2020) encontraram maior área de olho de lombo nas dietas com maior proporção de concentrado (400: 600g / kg). A AOL tem sido utilizada tradicionalmente como uma boa estimativa da musculosidade de carcaças e o peso de abate é um fator de grande importância no peso dos cortes, pois quanto maior for o peso de abate, provavelmente maior será o peso dos cortes. Sendo o músculo o componente de maior importância na carcaça, pois este constitui a carne magra, comestível e disponível para venda (Cezar e Sousa, 2007). No presente estudo os cortes de maior valor agregado, costela, pernil e lombo obtiveram essas respostas relacionadas ao peso de abate (Tabela 14). Já a deposição de músculo da paleta acompanhou a densidade energética da dieta.

O comprimento interno de carcaça e perímetro torácico compreendem o espaço onde as vísceras se localizam, e conseqüentemente os resultados dessas medidas acompanharam os TGI cheio e seu conteúdo, em que os maiores valores ficaram entre os tratamentos de 7,8% e 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  respectivamente. O índice de compacidade da carcaça também foi de encontro com outros dados de carcaça, tornando o teor 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  mais adequando para formulação de dietas para cordeiros em terminação.

## 4.5 Conclusão

Apesar dos animais que receberam as dietas contendo 5,2% de FDN<sub>fef</sub> terem apresentado GMD ligeiramente inferior aos que receberam a dieta contendo 7,8%, devido ao maior rendimento de carcaça, o teor de 5,2% de FDN<sub>fef</sub> possibilitou maior peso de carcaça. Soma-se a isso o fato de que nenhum dos parâmetros sanguíneo indicou comprometimento na saúde dos animais. Portanto, é possível recomendar o teor de 5,2% de FDN<sub>fef</sub> como adequado para formulação de dietas ricas em energia para cordeiros em confinamento.

O GMD e a EA dos animais que receberam a dieta sem forragem, apesar de não ter sido o melhor resultado do experimento, foi superior ao dos animais alimentados com dietas contendo 13% de FDN<sub>fef</sub>. Além disso, os maiores rendimentos de carcaça foram observados para os animais deste tratamento. Portanto, é evidente a possibilidade de uso de dietas sem forragem à base de milho moído para terminação de cordeiros, sobretudo em condições específicas, em que não há disponibilidade de forragem, contudo vale lembrar que tal medida deve ser precedida do uso de dietas bem balanceadas e de um adequado período de adaptação.

## Referências

- Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83, 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Allen, S.E., Holm, J.L., 2008. Lactate: Physiology and clinical utility. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* 18, 123–132. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2008.00286.x>
- AOAC, 1997. Association of Official Analytical Chemists International.
- AOAC, 1995. AOAC Official Methods of Analysis.
- AOAC, 1990. AOAC Official Methods of Analysis, in: Helrich, K. (Ed.), AOAC Official Methods of Analysis. Arlington, Virginia, pp. 73–80. <https://doi.org/10.32741/fihb.3.honey>
- Beauchemin, K.A., Yang, W.Z., 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88, 2117–2129. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72888-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72888-5)
- Bernardes, G.M.C., Carvalho, S., Pires, C.C., Motta, J.H., Teixeira, W.S., Borges, L.I., Fleig, M., Pilecco, V.M., Farinha, E.T., Venturini, R.S., 2015. Consumption, performance and economic analysis of the feeding of lambs finished in feedlot as the use of high-grain diets. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 67, 1684–1692. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7934>
- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Soest, P.J. Van, Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci* 82, 149–169.

- Carter, R.R., Allen, O.B., Grovum, W.L., 1990. The effect of feeding frequency and meal size on amounts of total and parotid saliva secreted by sheep. *Br. J. Nutr.* 63, 305–318. <https://doi.org/10.1079/bjn19900117>
- Cezar, M.F., Sousa, W.H. de, 2007. *Carcças Ovinas e Caprinas - Obtenção - Avaliação - Tipificação*, 1st ed. Editora da UFCG, Campina Grande - PB.
- Ferreira, E.M., Pires, A.V., Susin, I., Gentil, R.S., Gilaverte, S., de Oliveira Maia Parente, M., Biehl, M.V., Di Mambro Ribeiro, C.V., 2014. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Livest. Sci.* 163, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>
- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4120–4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>
- Fox, D.G., Tedeschi, L.O., 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. *Proc. plains Nutr.* ....
- Gallo, S.B., Brochado, T., Ariboni Brandi, R., da Silva Bueno, I.C., Passareli, D., Birgel, D.B., Birgel Junior, E.H., 2019. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 767–773. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1750-0>
- Garcia, I.F.F., Costa, T.I.R., Almeida, A.K. de, Pereira, I.G., Alvarenga, F.A.P., Lima, N.L.L., 2010. Performance and carcass characteristics of Santa Inês pure lambs and crosses with Dorper e Texel at different management systems. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 1313–1321. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010000600021>
- Gastaldello, L.A., Junior, Pires, A.V., Susin, I., Quirino, C., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes Performance and carcass characteristics of feedlot lambs fed high grain diets with bu. *Rev. Bras. Zootec.* 556–562.
- González, F. H. D.; Silva, S.C., 2006. *Introdução à Bioquímica Veterinária*.
- González, L.A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Ferret, A., 2012. Ruminant acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Anim. Feed Sci. Technol.* 172, 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.009>
- Heinrichs, J., Kononoff, P., 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. *Coll. Agric. Sci. DAS 02-42*, 1–14.
- Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L., 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals.*, 6. ed. San. ed.

- Karapinar, T., Kayna, O., Hayirli, A., Kom, M., 2013. Evaluation of 4 Point-of-Care Units for the Determination of Blood L-Lactate Concentration in Cattle. *J Vet Intern Med* 42, 1. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Keles, G., Kocaman, V., Ustundag, A.O., Zungur, A., Ozdogan, M., 2018. Growth rate, carcass characteristics and meat quality of growing lambs fed buckwheat or maize silage. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31, 522–528. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0296>
- Kozloski, G.V., 2019. *Bioquímica dos Ruminantes*, 3rd ed. UFSM.
- Kröger, I., Humer, E., Neubauer, V., Reisinger, N., Zebeli, Q., 2019. Feeding diets moderate in physically effective fibre alters eating and feed sorting patterns without improving ruminal pH, but impaired liver health in dairy cows. *Animals* 9. <https://doi.org/10.3390/ani9040128>
- Manarelli, D.M., Orrico, M.A.P., Retore, M., de Vargas, F.M., da Silva, M.S.J., Orrico, A.C.A., Borquis, R.R.A., Crone, C., de Oliveira Neves, F., 2019. Productive performance and quantitative carcass traits of lambs fed saccharine sorghum silage. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00577>
- Mello, Vinícius, M., Ferraz, D.C., Biava, J.S., Ferreira, E.M., 2020. Wet citrus pulp in finishing diets for feedlot lambs : performance and hepatic enzyme concentration. *Braz J Vet Res Anim Sci* 57, 1–9.
- Mendes, C.Q., Susin, I., Pires, A. V., Nussio, L.G., Araujo, R.C., Ribeiro, M.F., 2008. Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com cana-de-açúcar ensilada ou in natura. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 60, 733–740. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000300031>
- Mertens, D.R., 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Moller, P.D., Diernæs, L., Sehested, J., Hyldgaard-Jensen, J., Skadhauge, E., 1997. Lactate Transport across the Bovine Rumen Epithelium in vitro. *J. Vet. Med. Ser. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* 44, 31–38. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1997.tb01084.x>
- Nascimento, C. de O., Santos, S.A., Pina, D. dos S., Tosto, M.S.L., Pinto, L.F.B., Eiras, D.N., Assis, D.Y.C. de, Perazzo, A.F., Araújo, M.L.M.L. de, Azevêdo, J.A.G., Mourão, G.B., Carvalho, G.G.P. de, 2020. Effect of roughage-to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance of feedlot lambs. *Small Rumin. Res.* 182, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.11.002>
- NASSEM, 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 8th Revise. ed. National Academies Press.
- NRC, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC, 2001. *Nacional Research Council Nutrient requeriments of dairy cattle*, 7.rev.ed. ed.

- NRC, 1985. Nutrient Requirements of Sheep, Sixth Revi. ed. Washington, D.C.
- Pitt, R.E., Van Kessel, J.S., Fox, D.G., Pell, A.N., Barry, M.C., Van Soest, P.J., 1996. Prediction of Ruminant Volatile Fatty Acids and pH Within the Net Carbohydrate and Protein System. *J. Anim. Sci.* 74, 226–244. <https://doi.org/10.2527/1996.741226x>
- Polizel, D.M., Martins, A.S., Miszura, A.A., Ferraz Júnior, M.V. de C., Bertoloni, A.V., Oliveira, G.B., Barroso, J.P.R., Ferreira, E.M., Pires, A.V., 2021. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. *Sci. Agric.* 78. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0263>
- Queiroz, M.A.Á., Susin, I., Pires, A.V., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Almeida, O.C., Do Amaral, R.C., Mourão, G.B., 2008. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 43, 1193–1200. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900014>
- SAS, I.I., 1999. Statistical analysis system.
- Schmid, M., Fostner, L., 1986. Laboratorie Testing in Veterinary Medicine Diagnosis in the Clinical Monitoring. Mannheim Boehringer.
- Shane, M.H., 2010. Effects of Corn Silage Hybrids and Dietary Nonforage Fiber Sources on Productive Performance in Early Lactating Dairy Cows Fed High Forage Diets.
- Silva, J.F. dos S., Souza, & M.T. de C., Vieira, & M.S.B., & Praxedes, R.F., Almeida, & V.V.S. de, Oliveira, & A.C., Rangel, & A.H. do N., Carvalho, & F.F.R. de, Lima Júnior, & D.M. de, 2019. The replacement of grass hay by cassava foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02171-y>
- Suassuna, J.M.A., Santos, E.M., de Oliveira, J.S., de Azevedo, P.S., de Sousa, W.H., Pinho, R.M.A., De Farias Ramos, J.P., Bezerra, H.F.C., 2014. Carcass characteristics of lambs fed diets containing silage of different genotypes of sorghum. *Rev. Bras. Zootec.* 43, 80–85. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000200005>
- Toledo, A.F., da Silva, A.P., Poczynek, M., Coelho, M.G., Silva, M.D., Polizel, D.M., Reis, M.E., Virgínio, G.F., Millen, D.D., Bittar, C.M.M., 2020. Whole-flint corn grain or tropical grass hay free choice in the diet of dairy calves. *J. Dairy Sci.* <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18514>
- Turino, Vicente De França Susin, I., Pires, A.V., Mendes, Clayton Quirino Morais, Janice Barreto De Oliveira Júnior, R.C. De, 2012. Casca de Mandioca na Dieta de Cordeiros Confinados: Desempenho e Composição da Carne. *Ciência Anim. Bras.* v. 8, pgs 495-503.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

- Vasconcelos, G.A. de, Vérias, R.M.L., Vérias, A.S.C., Carvalho, F.F.R. de, Silva, J. de L., Cardoso, D.B., Souza, E.J.O. de, Maciel, M. do V., 2019. Replacement of corn by cassava dregs in lambs' diet. *Small Rumin. Res.* 181, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.09.016>
- Wang, Q., Wang, Y., Hussain, T., Dai, C., Li, J., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Huang, J., Ji, F., Zhou, H., Yang, H., 2020. Effects of dietary energy level on growth performance, blood parameters and meat quality in fattening male Hu lambs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 104, 418–430. <https://doi.org/10.1111/jpn.13278>
- Weidner, S.J., Grant, R.J., 1994. Soyhulls as a Replacement for Forage Fiber in Diets for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 77, 513–521. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76979-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76979-4)
- Xie, B., Huang, W., Zhang, C., Diao, Q., Cui, K., Chai, J., Wang, S., Lv, X., Zhang, N., 2020. Influences of starter NDF level on growth performance and rumen development in lambs fed isocaloric and isonitrogenous diets. *J. Anim. Sci.* 1–8. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa093>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com os teores de inclusão de  $FDN_{ref}$  demonstraram o ponto de equilíbrio da regulação bifásica do consumo em cordeiros, sendo que houve limitação de consumo por estímulos químicos até o tratamento de 10,4 de  $FDN_{ref}$ , e a partir desse ponto foi observado que houve limitação por enchimento físico do retículo rúmen. Com isso a digestibilidade foi impactada, acompanhando o CMS e o pH ruminal, conseqüentemente elevando as proporções molares de acetato e diminuindo o propionato. As dietas com mais amido resultaram em maiores digestibilidade conforme a disponibilidade de material fermentescível conseqüente do consumo, maiores proporções molares de propionato e pH em valores que possibilitaram a colonização das bactérias amilolíticas. Com isso, os teores entre 5,2 %  $FDN_{ref}$  combinaram melhores resultados de consumo, digestibilidade, parâmetros fermentativos e balanço de nitrogênio para cordeiros em terminação.

A resposta quadrática para ganho de peso e peso final claramente indicou que 7,8% de  $FDN_{ref}$  deve ser o teor de predileção quando o objetivo é acelerar o GMD dos animais, contudo também definiu que teores a partir de 7,8% de  $FDN_{ref}$  acentuaram a taxa de declínio no rendimento de carcaça o que favoreceu o teor 5,2% de  $FDN_{ref}$  que produziu carcaças mais pesadas, com maior peso de cortes nobres (costela, pernil e lombo) e com maior área de olho de lombo que é um bom indicador de rendimento de carne a desossa. Soma-se a isso o fato de que nenhum dos parâmetros sanguíneo indicou comprometimento na saúde dos animais. Portanto, é possível recomendar o teor de 5,2% de  $FDN_{ref}$  de forragem como adequado para formulação de dietas ricas em energia para cordeiros em confinamento.

O GMD e a EA dos animais que receberam a dieta sem forragem, apesar de não ter sido o melhor resultado do experimento, foi superior ao dos animais alimentados com dietas contendo 13% de  $FDN_{ref}$ . Além disso, os maiores rendimentos de carcaça foram observados para os animais deste tratamento. Portanto, é evidente a possibilidade de uso de dietas sem forragem à base de milho moído para terminação de cordeiros, sobretudo em condições específicas de não disponibilidade de forragem e com animais bem adaptados.