

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

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

**Evandro Maia Ferreira**

Texto sistematizado apresentado à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Livre Docente.

Especialidade/Disciplina: Ovinocultura e Caprinocultura

**Piracicaba – SP  
2021**



**Evandro Maia Ferreira**  
**Zootecnista**

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

Texto sistematizado apresentado à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Livre Docente.

Especialidade/Disciplina: Ovinocultura e Caprinocultura

**Piracicaba-SP**  
**2021**

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

Ferreira, Evandro Maia

Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ef}$ ) para terminação de cordeiros em confinamento/Evandro Maia Ferreira. - Piracicaba, 2021.  
256 p.

Texto sistematizado apresentado à ESALQ/LZT, na especialidade Ovinocultura e Caprinocultura, para o concurso de Livre-Docência.

1. Ovinos 2. FDN 3. Amido 4. Milho inteiro 5. Rúmen I. Título

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O auto

A minha amada esposa Janaina Socolovski Biava, pela  
inspiração, coragem e parceria.

Aos meus amados pais Sebastião Araújo Ferreira e Edlacyr Maia  
Ferreira, pelo incentivo, por acreditarem em meus sonhos e por  
trabalharem duro para que eles se tornassem realidade.

As minhas queridas irmãs Elaine, Eneila, Érica e Elinne, pelo  
carinho e apoio de sempre.

**DEDICO**



## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, pela minha família, pela coragem, pela proteção e por iluminar meus caminhos.

À professora Ivanete Susin, pela acolhida, amizade, parceria, ensinamentos na área de ovinocultura e pelo legado que deixou ao Departamento de Zootecnia da ESALQ, uma vez que foi uma das grandes responsáveis pelo desenvolvimento de pesquisas voltadas à produção intensiva de ovinos no Brasil e por construir o Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC), a mais completa estrutura para pesquisa com pequenos ruminantes do Brasil.

Ao professor Alexandre Vaz Pires, pelos ensinamentos, parceria, confiança e pelo brilhante trabalho dedicado ao Departamento de Zootecnia da ESALQ, especialmente pela participação na construção e estruturação do SIPOC em parceria com a professora Ivanete Susin.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio financeiro (FAPESP; 18/07749-0) para condução dos experimentos apresentados nesta tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo concedidas aos alunos envolvidos na condução dos experimentos.

Aos alunos envolvidos na execução dos experimentos apresentados nesta tese: Matheus S. P. Carlis; Nathalia R. Eckermann; Adrielly L. A. da Silva; Terezinha T. de Souza; Ana Carolina; Rhaíssa G. de Assis; Isabella J. dos Santos; Thamires U. Sturion; Ancelmo R. Cunha; Jamile H. Comelli; Gabriela B. Oliveira; Lairana A. Sardinha; José P. R. Barroso; André S. Martins; Arnaldo C. Limede; Francisco M. Neto; Marcelo Baggio; Letícia F. Pasqualino; Matheus F. Freitas; Paulo C. G. D. Júnior.

Ao Dr. Daniel Montanher Polizel pelo auxílio na condução dos experimentos e análise estatística dos dados.

À Dra. Janaina Socolovski Biava pelo seu entusiasmo e dedicação ao SIPOC e auxílio na condução dos experimentos durante seu pós-doutoramento.

À todos os professores do Departamento de Zootecnia pela convivência agradável e produtiva.

Aos funcionários do LZT pela sempre disponibilidade, em especial, aos funcionários que trabalham no SIPOC pelo auxílio nas atividades do setor e cuidado com os animais.

Aos meus sobrinhos João Artur, José Henrique, Luiz Otávio, Rafaella Hornung, Pedro Birck, Vitor Birck e Lucas Birck por alegrarem nossas vidas.

Aos meus sogros Fiorindo Biava e Leoni Biava pela boa convivência e momentos felizes juntos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) pela brilhante oportunidade profissional.

**Muito Obrigado!**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>27</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>17</b>
1 INTRODUÇÃO.....	17
REFERÊNCIAS .....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>23</b>
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	23
2.1 CONFINAMENTO DE CORDEIROS .....	23
2.2 PH RUMINAL E ACIDOSE .....	28
2.3 FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO .....	31
2.4 DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO .....	35
REFERÊNCIAS .....	37
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>49</b>
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 <sup>2</sup> .....	49
RESUMO .....	49
ABSTRACT .....	50
3.1 INTRODUÇÃO .....	51
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	52
3.2.1 Local, animais e instalações experimentais.....	52
3.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar .....	53
3.2.3 Digestibilidade dos nutrientes .....	57
3.2.4 Características de fermentação ruminal.....	57
3.2.5 Balanço de nitrogênio.....	59
3.2.6 Análises laboratoriais bromatológicas e cálculos .....	59
3.2.7 Análise estatística .....	60
3.3 RESULTADOS.....	61
3.3.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes .....	61
3.3.2 Parâmetros de fermentação ruminal.....	63
3.3.3 Balanço de nitrogênio.....	65
3.4 DISCUSSÃO.....	67
3.4.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes .....	67
3.4.2 Parâmetros de fermentação ruminal.....	69
3.4.3 Balanço de nitrogênio.....	70
3.5 CONCLUSÃO .....	71
REFERÊNCIAS .....	71
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>77</b>
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 <sup>3</sup> .....	77
RESUMO .....	77
ABSTRACT .....	78
4.1 INTRODUÇÃO .....	79
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
4.2.1 Local, animais e instalações experimentais.....	80
4.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar .....	80
4.2.3 Comportamento ingestivo.....	85
4.2.4 Análises laboratoriais bromatológicas .....	85

4.2.5 Colheita de sangue para análises .....	86
4.2.6 Abate dos animais e características da carcaça .....	88
4.2.7 Análise estatística .....	89
4.3 RESULTADOS .....	89
4.3.1 Desempenho .....	89
4.3.2 Comportamento ingestivo .....	92
4.3.3 Parâmetros sanguíneos .....	96
4.3.4 Abate, carcaça, cortes e componentes não carcaça .....	98
4.4 DISCUSSÃO .....	108
4.4.1 Desempenho .....	108
4.4.2 Comportamento ingestivo .....	109
4.4.3 Parâmetros sanguíneos .....	110
4.4.4 Abate, carcaça, cortes e componentes não carcaça .....	111
4.5 CONCLUSÃO .....	113
REFERÊNCIAS .....	113

## **CAPÍTULO V .....** 121

5 EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM ( $FDN_{FEF}$ ) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E FERMENTAÇÃO RUMINAL <sup>4</sup> .....	121
RESUMO .....	121
ABSTRACT .....	122
5.1 INTRODUÇÃO .....	123
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	124
5.2.1 Local, animais e instalações experimentais .....	124
5.2.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	125
5.2.3 Digestibilidade dos nutrientes .....	129
5.2.4 Balanço de nitrogênio .....	129
5.2.5 Características de fermentação ruminal .....	129
5.2.6 Análises laboratoriais e cálculos .....	130
5.2.7 Análise estatística .....	131
5.3 RESULTADOS .....	132
5.3.1 Consumo e digestibilidade .....	132
5.3.2 Fermentação ruminal .....	136
5.3.3 Balanço de nitrogênio .....	139
5.4 DISCUSSÃO .....	141
5.4.1 Consumo e digestibilidade .....	141
5.4.2 Fermentação ruminal .....	142
5.4.3 Balanço de nitrogênio .....	143
5.5 CONCLUSÕES .....	143
REFERÊNCIAS .....	144

## **CAPÍTULO VI .....** 151

6 EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM ( $FDN_{FEF}$ ) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DESEMPENHO, METABOLITOS SANGUÍNEOS, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E COMPORTAMENTO INGESTIVO <sup>5</sup> .....	151
RESUMO .....	151
ABSTRACT .....	152
6.1 INTRODUÇÃO .....	153
6.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	155
6.2.1 Local, animais e instalações experimentais .....	155
6.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar .....	155
6.2.3 Comportamento ingestivo .....	160
6.2.4 Análises laboratoriais e cálculos .....	160
6.2.5 Escore de consistência fecal .....	161
6.2.6 Abate dos animais e características da carcaça .....	162
6.2.7 Avaliação da morfologia ruminal .....	163

6.2.8 Lesões sugestivas de ruminite.....	164
6.2.9 Abscesso hepático.....	165
6.2.10. Colheita de sangue para análises sanguíneas.....	165
6.2.10.1 Aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT).....	165
6.2.11 Análise estatística.....	166
6.3 Resultados.....	167
6.3.1 Desempenho.....	167
6.3.2 Metabólitos sanguíneos.....	171
6.3.3 Comportamento Ingestivo.....	173
6.3.4 Carcaças.....	177
6.3.5 Desenvolvimento do trato gastrintestinal.....	182
6.4 DISCUSSÃO.....	185
6.4.1 Desempenho.....	185
6.4.2 Metabólitos sanguíneos.....	186
6.4.3 Comportamento ingestivo.....	187
6.4.4 Carcaças.....	187
6.4.5 Desenvolvimento do trato gastrintestinal.....	188
6.5 CONCLUSÕES.....	189
REFERÊNCIAS.....	190

## **CAPÍTULO VII..... 199**

7 DIETAS SEM FORRAGEM PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO.....	199
RESUMO.....	199
ABSTRACT.....	200
7.1 INTRODUÇÃO.....	201
7.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	203
7.2.1 Local, animais e instalações experimentais.....	203
7.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar.....	203
7.2.3 Comportamento ingestivo.....	209
7.2.4 Análises laboratoriais e cálculos.....	209
7.2.5 Colheita de sangue para análises.....	210
7.2.6 Escore de consistência fecal.....	211
7.2.7 Abate dos animais e características da carcaça.....	212
7.2.8 Avaliação da morfologia ruminal.....	213
7.2.9 Lesões sugestivas de ruminite.....	213
7.2.10 Abscesso hepático.....	214
7.2.11 Análise estatística.....	214
7.3 RESULTADOS.....	215
7.3.1 Desempenho.....	215
7.3.2 Metabólitos sanguíneos.....	219
7.3.4 Escore de fezes.....	222
7.3.5 Comportamento ingestivo.....	224
7.3.6 Características de carcaça.....	230
7.3.7 Avaliação do trato gastrintestinal e vísceras vermelhas.....	234
7.4 DISCUSSÃO.....	239
7.4.1 Desempenho.....	239
7.4.2 Metabólitos sanguíneos.....	240
7.4.3 Escore de fezes.....	241
7.4.4 Comportamento ingestivo.....	242
7.4.5 Carcaças.....	243
7.4.6 Avaliação do trato gastrintestinal.....	244
7.5 CONCLUSÕES.....	245
REFERÊNCIAS.....	246

## **CAPÍTULO VIII..... 255**

8 PLANOS PARA O FUTURO.....	255
-----------------------------	-----



## RESUMO

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

Foram realizados cinco experimentos com cordeiros recebendo dietas contendo alto teor de concentrado, dois experimentos para definir a exigência mínima de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho moídos (**Experimentos 1 e 2, Capítulos III e IV**), dois experimentos para definir a exigência mínima de  $FDN_{fef}$  em dietas à base de grãos de milho inteiros (**Experimentos 3 e 4, Capítulos V e VI**) e um experimento para avaliar o efeito do fornecimento de dietas sem forragem à base de milho inteiro ou moído grosso associado a duas formas de processamento do núcleo proteico (peletizado ou farelado) sobre o desempenho, metabólitos sanguíneos, morfologia da mucosa ruminal, características de carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros confinados (**Experimento 5, Capítulo VII**). No **Experimento 1**, os tratamentos experimentais consistiram na inclusão de 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 e 13,0% de  $FDN_{fef}$  (% da MS) em dietas à base de grãos de milho moídos. Foram utilizados cinco borregos Dorper × Santa Inês, com idade de  $209 \pm 10,44$  dias, canulados no rúmen, distribuídos em delineamento experimental quadrado latino  $5 \times 5$ . Houve efeito quadrático dos teores de  $FDN_{fef}$  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 ( $P < 0,01$ ) diminuiu linearmente com o aumento nos teores de  $FDN_{fef}$ . A proporção molar de acetato apresentou resposta quadrática ( $P = 0,02$ ), com maior valor observado para dieta contendo 10,4% de  $FDN_{fef}$ . Por sua vez, a proporção molar de propionato diminuiu linearmente ( $P < 0,001$ ) em resposta aos teores crescentes de  $FDN_{fef}$ . No **Experimento 2**, as dietas experimentais consistiram na inclusão de 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 e 13,0% de  $FDN_{fef}$  (% da MS) em dietas à base de grãos de milho moídos. Foram utilizados 60 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, distribuídos em delineamento experimental de blocos completos casualizados. Os teores crescentes de  $FDN_{fef}$  afetaram de forma quadrática o CMS (kg/d;  $P = 0,03$ ) e o GMD ( $P < 0,01$ ), cujos maiores valores foram verificados no teor de 7,8% de  $FDN_{fef}$ . Por sua vez, a EA diminuiu linearmente ( $P = 0,03$ ). Na avaliação do comportamento ingestivo, o tempo de ingestão aumentou linearmente ( $P < 0,001$ ), porém os tempos de ruminação ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P < 0,001$ ) apresentaram efeito quadrático, cujos maiores valores foram observados no teor de 7,8% de  $FDN_{fef}$ . O maior peso corporal ao abate (PCA) também foi observado para os animais da dieta com 7,8% de  $FDN_{fef}$  (efeito quadrático;  $P < 0,01$ ), entretanto, os maiores pesos de carcaça quente (PCQ) e peso de carcaça fria (PCF) foram observados para os animais da dieta com 5,2% de  $FDN_{fef}$  (efeito quadrático;  $P < 0,01$ ). Os rendimentos de carcaça quente (RCQ;  $P < 0,0001$ ) e carcaça fria (RCF;  $P < 0,0001$ ) e espessura de parede corporal (EPC;  $P < 0,01$ ) diminuíram linearmente em resposta aos teores crescentes de  $FDN_{fef}$ . Em conclusão, o teor de 5,2% de  $FDN_{fef}$  combinou os melhores resultados de consumo, digestibilidade, pH, desempenho e características de carcaça, sendo o teor mínimo indicado para formulação de dietas à base de grãos de milho moídos para terminação de cordeiros em confinamento. Nos **Experimentos 3 e 4**, as dietas experimentais foram: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $0FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem;  $3,6FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de  $FDN_{fef}$ ;  $7,2FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $10,8FDN_{fef}$  – dieta

à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de FDN<sub>ref</sub>. No **Experimento 3**, foram utilizados 30 borregos mestiços (Dorper x Santa Inês), castrados, com peso médio inicial de 30,14 ± 3,01 kg e aproximadamente 3 meses de idade, cânulados no rúmen. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados (5 tratamentos e 6 blocos), definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. Não houve efeito dos tratamentos sobre o CMS. O aumento nos teores de FDN<sub>ref</sub> reduziu a digestibilidade da MS, MO (P = 0,04) e NDT (P < 0,001). As dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não a FDN<sub>ref</sub> apresentaram maior digestibilidade da MS e MO (P < 0,001) em relação a dieta CONT. Por sua vez, a dieta 0FDN<sub>ref</sub> apresentou maior digestibilidade de PB (P = 0,01), NDT (P = 0,001) e EM (P = 0,001) em relação a dieta CONT. O pH ruminal aumentou linearmente (P < 0,001) em resposta aos teores crescentes de FDN<sub>ref</sub>. A concentração ruminal de propionato foi inferior (P = 0,03) para os animais que receberam a dieta CONT quando comparados aos que receberam a dieta 0FDN<sub>ref</sub>. No **Experimento 4**, foram utilizados 45 cordeiros não castrados mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de 22,6 ± 5,3 kg e idade média de 88 ± 10 dias. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 9 blocos. A adição de FDN<sub>ref</sub> nas dietas à base de grãos de milho inteiros diminuiu o CMS (P < 0,0001), GMD, EA, peso final (P < 0,01), PCA (P < 0,001), PCQ (P < 0,001), PCF (P < 0,001), RCF (P < 0,01), EPC (P < 0,001), escore de adiposidade (P < 0,01), gordura peri-renal (P < 0,0001) e a AOL (P = 0,001). Os tempos de ruminação e mastigação (min/d) apresentaram resposta quadrática, cujo maior tempo de ruminação (P = 0,001) foi observado com o teor de 7,2% de FDN<sub>ref</sub> e o maior tempo de mastigação (P = 0,006) com o teor de 10,8% de FDN<sub>ref</sub>. Nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de ruminite. O uso de grãos de milho inteiros em dietas para cordeiros dispensa totalmente a inclusão de forragem. O milho inteiro mostrou ser uma excelente opção para terminação de cordeiros, porque melhora em muito o desempenho dos animais e as características quantitativas das carcaças, com destaque para o aumento no GMD, na EA, no rendimento de carcaça fria e no peso dos cortes principais. No **Experimento 5**, foram utilizados 35 cordeiros não castrados mestiços Dorper x Santa Inês, com peso médio inicial 23,85 ± 3,88 kg e idade média de 88 ± 9 dias, distribuídos em delineamento experimental em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 7 blocos. Os tratamentos experimentais foram: CONT (controle) - dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P - dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F - dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P - dieta a base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F - dieta a base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado. Não houve efeito dos tratamentos sobre o CMS (kg/d), GMD e peso dos cordeiros ao final do experimento. Na comparação com a dieta CONT, o fornecimento das dietas sem forragem independentemente da forma de processamento do milho ou do núcleo proteico diminuiu (P ≤ 0,01) o tempo de ingestão (min/d) e de ruminação e mastigação (min/d e min/g de MS). Mas, isso não comprometeu a integridade do epitélio ruminal, uma vez que não houve efeito dos tratamentos sobre as papilas ruminais e nenhuma lesão sugestiva de ruminite foi verificada. Dietas sem forragem à base de grãos de milho inteiros ou moídos associados ao núcleo peletizado ou farelado podem ser utilizadas com sucesso na terminação de cordeiros, visto que possibilitaram ótimos resultados de desempenho e características de carcaça, sem prejuízos a saúde dos animais.

Palavras-chave: Ovinos, FDN, Amido, Milho inteiro, Rúmen.



## ABSTRACT

### Requirement of physically effective neutral detergent fiber of forage ( $\text{pefNDF}$ ) for finishing feedlot lambs

Five experiments were carried out with lambs receiving high concentrate diets, two experiments to define the minimum requirement of physically effective NDF of forage ( $\text{pefNDF}$ ) in diets based on ground corn (**Experiments 1 and 2, Chapters III and IV**), two experiments to define the minimum requirement of  $\text{pefNDF}$  in diets based on whole corn (**Experiments 3 and 4, Chapters V and VI**) and one experiment to evaluate the effect of providing diets without forage based on whole or coarse ground corn associated with two ways of processing the protein supplement (pelleted or ground) on performance, blood metabolites, ruminal mucosa morphology, carcass characteristics and ingestive behavior of feedlot lambs (**Experiments 5, Chapter VII**). In **Experiment 1**, the dietary treatments consisted of 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 or 13.0% of  $\text{pefNDF}$  (% DM) in diets based on ground corn. Five Dorper  $\times$  Santa Inês lambs, aged 209 days ( $\pm 10.44$ ) days old, cannulated in the rumen, were distributed in a  $5 \times 5$  Latin square design. There was a quadratic effect of  $\text{NDF}_{\text{pef}}$  levels on nutrient intake (DM, OM, CP, EE, NDF, ADF, NFC and starch). The digestibility of DM ( $P < 0.0001$ ), OM ( $P < 0.0001$ ), NFC ( $P < 0.01$ ) and starch ( $P < 0.01$ ) decreased linearly with the increase in the contents of  $\text{pefNDF}$ . The molar proportion of acetate showed a quadratic response ( $P = 0.02$ ), with the highest value observed for diet containing 10.4% of  $\text{pefNDF}$ . The molar proportion of propionate decreased linearly ( $P < 0.001$ ) in response to increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . In **Experiment 2**, the dietary treatments consisted of 0; 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 or 13.0% of  $\text{pefNDF}$  (% DM) in diets based on ground corn. 60 Dorper  $\times$  Santa Inês ram lambs, with an initial BW of  $22.3 \pm 5.95$  kg and  $74.0 \pm 15.52$  days old were assigned in a randomized complete block design. The increasing levels of  $\text{pefNDF}$  affected quadratically the DMI (kg/d;  $P = 0.03$ ) and the ADG ( $P < 0.01$ ), whose highest values were verified in the content of 7.8% of  $\text{pefNDF}$ . The FE decreased linearly ( $P = 0.03$ ). In the assessment of ingestive behavior, the time of ingestion increased linearly ( $P < 0.001$ ), however the rumination time ( $P < 0.0001$ ) and chewing time ( $P < 0.001$ ) showed a quadratic effect, with the highest values observed in the content of 7.8%  $\text{pefNDF}$ . The highest BW at slaughter was also observed for animals on the diet with 7.8% of  $\text{pefNDF}$  (quadratic effect;  $P < 0.01$ ), however, the highest hot carcass weight (HCW) and chilled carcass weight (CCW) was observed for animals on the diet with 5.2% of  $\text{pefNDF}$  (quadratic effect;  $P < 0.01$ ). The yields of hot carcass (HCY;  $P < 0.0001$ ) and cold carcass (CCY;  $P < 0.0001$ ) and body wall thickness ( $P < 0.01$ ) decreased linearly in response to increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . In conclusion, the diet with 5.2% of  $\text{pefNDF}$  combined the best results of intake, digestibility, pH and carcass characteristics, being indicated as the minimum fiber content to formulate high concentrate diets for feedlot lambs. In **Experiments 3 and 4**, the dietary treatments were: CONT (positive control) – ground corn-based diet with 7.2%  $\text{pefNDF}$ ;  $0_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet without forage;  $3.6_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 3.6%  $\text{pefNDF}$ ;  $7.2_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 7.2%  $\text{pefNDF}$ ;  $10.8_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 10.8%  $\text{pefNDF}$ . In **Experiment 3**, 30 crossbred ram lambs (Dorper  $\times$  Santa Inês), with an initial BW of  $30.14 \pm 3.01$  kg and approximately 3 months of age, cannulated in the rumen, were used. The experimental design was in a randomized complete block (5 treatments and 6 blocks), defined by BW and age at the beginning of the experiment. There was no effect of treatments on DMI. The increase in  $\text{pefNDF}$  levels reduced the digestibility of DM, OM ( $P = 0.04$ ) and

TDN ( $P = 0.0006$ ). Diets based on whole corn, associated or not with  $\text{pefNDF}$ , presented higher digestibility of DM and OM ( $P < 0.001$ ) in relation to CONT. In turn, the  $0_{\text{pefNDF}}$  diet showed greater digestibility of CP ( $P = 0.01$ ), TDN ( $P = 0.001$ ) and ME ( $P = 0.001$ ) in relation to CONT. Ruminal pH increased linearly ( $P < 0.001$ ) in response to increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . The ruminal concentration of propionate was lower ( $P = 0.03$ ) for the animals that received the CONT diet when compared to those that received the  $0_{\text{pefNDF}}$  diet. In **Experiment 4**, 45 crossbred ram lambs (Dorper  $\times$  Santa Inês) were used, with an initial BW of  $22.6 \pm 5.3$  kg and age of  $88 \pm 10$  days old. The experimental design was in a randomized complete block with 5 treatments and 9 blocks. The addition of  $\text{pefNDF}$  in whole corn grain-based diets decreased DMI ( $P < 0.0001$ ), ADG, FE, final BW ( $P < 0.01$ ), BW at slaughter ( $P < 0.001$ ), HCW ( $P < 0.001$ ), CCW ( $P < 0.001$ ), CCY ( $P < 0.01$ ), body wall thickness ( $P < 0.001$ ), adiposity score ( $P < 0.01$ ), peri-renal fat ( $P < 0.0001$ ) and LM area ( $P = 0.001$ ). The rumination and chewing times (min/d) showed a quadratic response, whose longer rumination time ( $P = 0.001$ ) was observed with the content of 7.2% of  $\text{pefNDF}$  and the longer time of chewing ( $P = 0.006$ ) with the content of 10.8% of  $\text{pefNDF}$ . None of the diets caused any type of lesion suggestive of ruminitis. The use of whole corn in lamb's diet eliminates the inclusion of forage entirely. Whole corn proved to be an excellent option for finishing lambs, because it improves the performance and the quantitative characteristics of the carcasses, with emphasis on the increase in ADG, FE, CCY and weight of main carcass cuts. In **Experiment 5**, 35 Dorper  $\times$  Santa Inês crossbred ram lambs were used, with  $23.85 \pm 3.88$  kg of initial BW and  $88 \pm 9$  days old. The experimental design was in a randomized complete block with 5 treatments and 7 blocks. The experimental diets were: CONT (control) - diet containing 90% concentrate and 10% forage (coastcross hay); WC + P - whole corn-based diet with pelleted protein supplement; WC + M - whole corn-based diet with ground protein supplement; CGC + P - diet based on coarse ground corn with pelleted protein supplement; CGC + M - diet based on coarse ground corn with ground protein supplement. There was no effect of experimental diets on DMI (kg/d), ADG and final BW. In comparison with the CONT, the supply of diets without forage regardless of the way in which corn or protein supplement were processed decreased ( $P \leq 0.01$ ) the time of ingestion (min/d) and rumination and chewing (min/d and min/g of DM). However, this did not compromise the integrity of the ruminal mucosa, since there was no effect of the treatments on the ruminal papillae and no lesion suggestive of ruminitis was verified. Diets without forage, with whole or coarse ground corn associated with pelleted or ground protein supplement can be successfully used in finishing lambs, as they have provided excellent performance results and carcass characteristics, without detrimental effect on animal's health.

Keywords: Sheep, NDF, Starch, Whole corn grain, Rumen.



## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

Dentre as categorias de ovinos, a carne de cordeiros é a que apresenta maior aceitação pelos consumidores. Neste sentido, a prática de confinamento e o uso de dietas com elevado teor de concentrado tem se consolidado como sistema padrão para produção de cordeiros para abate precoce no Brasil (FERREIRA et al., 2011a; FERREIRA et al., 2014; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008).

Pesquisas brasileiras têm demonstrado o potencial do uso de dietas com alto teor de concentrado para terminação de cordeiros (FERREIRA et al., 2011a; FERREIRA et al., 2014; ROCHA et al., 2004; TURINO et al., 2007; URANO et al., 2006). Cordeiros da raça Santa Inês apresentaram GMD de 287 g/d e eficiência alimentar de 252 g quando receberam dieta contendo 90% de concentrado. Estes animais foram abatidos com 4 meses de idade com peso corporal de 34,3 kg (FERREIRA et al., 2011a). Outros autores também reportaram elevados GMD (280 a 330 g/d) por cordeiros recebendo dietas contendo 90% de concentrado (GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008). Desta maneira, fica claro que quando o objetivo é produzir animais para abate precoce o uso de dietas com elevado teor de concentrado é uma excelente opção. A elevada concentração energética das dietas com alto teor de concentrado justifica os altos GMD observados pelos autores supracitados, o que é coerente com o preconizado pelo NRC (2007) de que o GMD se correlaciona positivamente com a ingestão de energia. Neste sentido, com vistas a maximizar o consumo de energia pelos animais, facilitar o manejo de cocho, reduzir os custos com energia elétrica e com mão de obra tem crescido nos últimos anos no Brasil o uso de dietas contendo de 80 a 100% de concentrado para terminação de cordeiros. Normalmente, em dietas com até 90% de concentrado se utiliza milho moído fino (FERREIRA et al., 2011a; BERTOLONI et al., 2020) e em dietas com 100% de concentrado se utiliza milho moído grosso (TURINO et al., 2007) ou milho inteiro (GALLO et al., 2014).

No que se refere ao uso de milho inteiro, as pesquisas com cordeiros ainda são limitadas no Brasil. Contudo, a pesquisa de Gallo et al. (2014) claramente indicou a possibilidade de uso desta estratégia nutricional no confinamento de cordeiros, tendo

em vista que o GMD dos cordeiros recebendo dieta contendo 80% de grãos de milho inteiros (GMD = 0,294 kg/d) foi similar ao de cordeiros recebendo dieta convencional contendo 70% de concentrado com grãos moídos (GMD = 0,275 kg/d). Mas, estes autores não forneceram informações a cerca do CMS, eficiência alimentar, digestibilidade dos nutrientes e metabolismo ruminal, portanto, tais variáveis devem ser estudadas. Pesquisas nos Estados Unidos apresentaram valores de eficiência alimentar de cordeiros recebendo dietas com grãos de milho inteiros (STEVEN, 2009), contudo, vale lembrar que o milho utilizado na América do Norte é do tipo dentado ou macio (predomina o endosperma farináceo), que por sua vez apresenta digestibilidade superior ao milho tipo *flint* (predomina endosperma vítreo ou duro) comumente utilizado no Brasil (SANTOS, 2011), além disso, os referidos autores utilizaram cordeiros com peso superior a 30 kg ao início do experimento. Então, é importante mensurar a eficiência alimentar de cordeiros jovens recebendo grãos de milho inteiros nas condições brasileiras. Esta informação é importante para auxiliar o confinador no cálculo da viabilidade do uso de grãos de milho inteiros frente às dietas convencionais.

Comumente, forragem não é adicionada em dietas à base de grãos inteiros. Tem sido convencionalizado que a inclusão de forragem juntamente com os grãos inteiros aumenta o arraste dos grãos para o trato digestório inferior, com efeito negativo sobre o aproveitamento do amido, principal componente energético das dietas nos confinamentos brasileiros. Entretanto, apesar de muitas suposições a este respeito, são limitadas as pesquisas que estudaram este conceito.

É importante mencionar que o fornecimento de dietas com alto teor de CNF aumenta os riscos de desordens metabólicas, tal como a acidose (KRAUSE; OETZEL, 2006). Ferreira et al. (2011b) verificaram que cordeiros recebendo dieta com 90% de concentrado apresentaram 5,8 de pH ruminal. Então, é iminente a necessidade de estudos com ovinos que visem definir ajustes nutricionais que garantam elevado desempenho, contudo, que minimizem os riscos de acidose.

A exigência de fibra varia conforme o animal o que muitas vezes está relacionado com a capacidade de consumo de matéria seca (CMS), eficiência de mastigação e estado fisiológico. O NRC (2001) recomenda um mínimo de 25% de FDN em dietas para bovinos leiteiros, dos quais 75% devem ser supridos por fontes de forragem com partículas longas. O teor mínimo de NDF<sub>fe</sub> em dietas com alta concentração de energia para bovinos de corte em confinamento é 7% da MS (FOX; TEDESCHI, 2002), que é o teor necessário para manter o pH ruminal acima de 5,7 (PITT et al., 1996), abaixo

do qual os animais reduzem drasticamente o CMS. Tedeschi et al. (2008) já advertia para a necessidade de pesquisas para determinar as exigências de  $FDN_{fe}$  dos pequenos ruminantes, os quais são mais eficientes na seleção das partes mais nutritivas do alimento (HOFFMANN, 1989). Portanto, é provável que nas mesmas condições alimentares, especialmente quando alimentados com dietas à base de forragem o pH ruminal dos ovinos se mantenha mais baixo que o dos bovinos.

O NRC (2007) para pequenos ruminantes não apresenta exigência nutricional de fibra para ovinos. Além disso, a maior parte dos trabalhos que avaliaram diferentes relações volumosos:concentrado para cordeiros, utilizou dietas de baixo teor de energia (% de volumoso  $\geq$  40% da MS) (BASSO et al., 2018; KUMARI et al., 2013; MALISETTY et al., 2014) e tratamentos experimentais sem delineamento específico para definição da exigência de fibra. O conhecimento da exigência mínima de fibra é, sobretudo importante em dietas com alto teor de concentrado, que são as mais utilizadas nos sistemas profissionais de produção de cordeiros em confinamento ao redor do mundo, especialmente no Brasil devido a grande disponibilidade de grãos e de coprodutos da indústria.

Em vista do exposto, no decorrer do texto sistematizado, serão apresentados um conjunto de estudos que tiveram como finalidade definir a exigência de fibra em dietas com alto teor de concentrado à base de grãos de milho inteiros ou moídos para terminação de cordeiros em confinamento.

## Referências

BASSO, F.C.; RABELO, C.H.S.; LARA, E.C.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Effects of *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 and forage: Concentrate ratio on the growth performance of finishing feedlot lambs fed maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 244, p. 104-115, 2018.

BERTOLONI, A.V.; POLIZEL, D.M.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; OLIVEIRA, G.B.; MISZURA, A.A.; BARROSO, J.P.R.; MARTINS, A.S.; SARDINHA, L.A.; LIMEDE, A.C.; FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V. Brazilian red pepper leaves essential oil (*Schinus terebinthifolius*) in diets for feedlot lambs. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, v. 57, p. e157580, 2020.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v.187, p. 9-18, 2014.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011a.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; QUEIROZ, M.A.A.; ARAUJO, R.C.; GENTIL, R.S.; LOERCH, S.C. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4127-4133, 2011b.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. **Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. Proceedings of the Plains Nutrition Council Spring Conference.** Pp. 67-81. April 25-26, 2002. San Antonio, TX. Publication AREC 02-20, Amarillo: Texas A&M Reserch and Extension Center.

GALLO, S.B.; MERLIN, F.A.; MACEDO, C.M.; SILVEIRA, R.D.O. Whole grain diet for feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 120, p. 185-188, 2014.

GASTALDELLO JR., L.A.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556-562, 2010.

HOFFMANN, R.R. Evolutionary steps of ecophysiological view of their digestive system. **Oecologia**, v. 78, p. 443-457, 1989.

KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, p. 215-236, 2006.

KUMARI, N.N.; REDDY, Y.R.; BLUMMEL, M.; NAGALAKSHMI, D.; MONIKA, T.; REDDY, B.V.; REDDY, C.R. Growth performance and carcass characteristics of growing ram lambs fed sweet sorghum bagasse-to-concentrate rations. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 649-655, 2013.

MALISSETTY, V.; YERRADODDI, R.R.; DEVANABOINA, N.; MALLAM, M.; MITTA, P. Effect of feeding sorghum straw based complete rations with different roughage to concentrate ration on dry matter intake, nutrient utilization, and nitrogen balance in Nellore ram lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, p. 759-764, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, Washington: National Academy Press, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academy Press, 2007.

PITT, R.E.; VAN KESSEL, J.S.; FOX, D.G.; PELL, A.M.; BARRY, M.C.; VAN SOEST, P.J. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 226-244, 1996.

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. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193–1200, 2008.

ROCHA, M.H.M.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; FERNANDES Jr., J.S.; MENDES, C.Q. Performance of Santa Inês lambs fed diets of variable crude protein levels. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 141-145, 2004.

SANTOS, J.E.P. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. 2. ed. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011. 616p.

STEVEN, H. **Whole-grain diets for finishing lambs**. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication 410-024, 2009.

TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A.; FOX, D.G. A nutritional mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant System. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial, p. 178-190, 2008.

TURINO, V.F.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; MORAIS, J.B.; OLIVEIRA Jr., R.C. Casca de soja na alimentação de cordeiros confinados: Desempenho e características da carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 495-503, 2007.

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAUJO, R.C.; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1525-1530, 2006.

## CAPÍTULO II

### 2 Revisão de literatura

#### 2.1 Confinamento de cordeiros

Os consumidores de carne de cordeiros têm expectativa de consumir carne de alta qualidade ao longo do ano. O novo mercado de cordeiros no Brasil requer animais jovens e carcaças pesadas. Para atender a estas demandas, o confinamento e o uso de dietas com alto teor de concentrado são ferramentas essenciais.

O sistema de produção em confinamento, apesar de possuir maior custo, proporciona vantagens econômicas (BERNARDES et al., 2015), como aumento na taxa de crescimento dos cordeiros, abate de animais jovens, e consequentemente a oferta de carcaças mais padronizadas e com melhor qualidade (FERREIRA et al., 2011a), isso garante ao produtor preços diferenciados na comercialização.

O GMD de animais em confinamento (dietas com 80% ou mais de concentrado na MS) é de 226 a 330% superior (QUEIROZ et al., 2008; RODRIGUES et al., 2011) ao GMD de animais a pasto (0,100 kg/dia) (CARNEVALLI et al., 2001; MACEDO et al., 1999; PELLEGRINI et al., 2010; POLI et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009).

A função primária do volumoso em dietas com alto teor de concentrado é a de fornecer fibra fisicamente efetiva ( $FDN_{fe}$ ). Contudo, em dietas com o mesmo teor de concentrado, o GMD de cordeiros recebendo feno como fonte de forragem é superior ao de cordeiros recebendo bagaço de cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 1). Cordeiros da raça Santa Inês alimentados com dietas contendo 10% de bagaço de cana-de-açúcar ganharam 0,225 kg/dia (FERREIRA et al., 2014a; TURINO et al., 2007) enquanto que o GMD de cordeiros da mesma raça recebendo ração com 10% de feno de *coastcross* foi de 0,289 kg/dia (FERREIRA et al., 2011a; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008; RODRIGUES et al., 2008; URANO et al., 2006). Com base nos dados de Turino et al. (2007) e Ferreira et al. (2014a), em média, o CMS dos cordeiros que receberam as dietas com 10% de bagaço de cana-de-açúcar (0,084 kg/kg de  $PC^{0,75}$ ) foi idêntico ao dos que receberam as dietas com 10% de feno de *coastcross* (0,084 kg/kg de  $PC^{0,75}$ ), mas a eficiência alimentar dos animais que receberam as dietas com 10% de bagaço de cana-de-açúcar (0,253) foi inferior a dos animais que recebem as dietas com 10% de feno de *coastcross* (0,282). Em conjunto,

estes resultados demonstram que o bagaço de cana-de-açúcar apresenta aceitação tão boa quanto o feno de *coastcross*, contudo, sua menor concentração energética resulta em menor GMD (NRC, 2007). Em dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar como volumoso, o teor de 5% de inclusão proporcionou ganho de peso superior (GMD = 0,237 kg/dia) ao teor de 10% (GMD = 0,202 kg/dia) (TURINO et al., 2007). Então, quando a opção for pelo bagaço de cana-de-açúcar recomenda-se a inclusão de apenas 5% na MS (Tabela 1).

O uso de dietas sem forragem para terminação de cordeiros é possível. Contudo, dietas sem forragem à base de grãos de milho moídos promoveram menor GMD (0,220 kg/dia) que dietas contendo 5% de bagaço de cana-de-açúcar (0,237 kg/dia) ou 11,9% (0,258 kg/dia) de casca de soja (TURINO et al., 2007), indicando que a carência de  $FDN_{re}$  é um limitante para o uso mais eficiente de dietas sem forragem à base de milho moído. As melhores opções para formulação de dietas sem forragem são o uso de coprodutos fibrosos em substituição a fonte de forragem ou a utilização dos grãos energéticos na forma inteira (milho, aveia, etc.). A casca de soja quando substitui o milho moído em dietas de terminação de cordeiros altera a fermentação ruminal e diminui os riscos de acidose (FERREIRA et al., 2011b), sendo uma boa opção para uso em dietas sem forragem (ZARPELON et al., 2015).

No Brasil, devido a grande disponibilidade de milho, seu uso na forma inteira associado a um suplemento proteico na forma peletizada tem sido frequente nos confinamentos comerciais de bovinos. Para cordeiros em terminação também existe a possibilidade de uso desta tecnologia (GALLO et al., 2014). Devido à falta de *pellets* proteicos específicos para ovinos, muitos confinadores de cordeiros utilizam *pellets* formulados para bovinos, incorrendo em erro nutricional grave, tendo em vista que as exigências nutricionais dos bovinos (NASEM, 2016) são diferentes das exigências nutricionais dos ovinos (NRC, 2007). O principal componente dos *pellets* são os ingredientes proteicos e a exigência nutricional de proteína de cordeiros em crescimento é pelo menos 2,0% superior à de bovinos na mesma fase (NRC, 2007; NASEM, 2016). O segundo maior componente do *pellet* são os minerais, cujas exigências dos ovinos são similares a dos bovinos, contudo, existe grande diferença no teor máximo de tolerância de cobre, que é de 25 mg/kg de MS para os ovinos e de 100 mg/kg de MS para os bovinos (NRC, 1985; NRC, 1996).

Tabela 1 – Desempenho de cordeiros em confinamento recebendo dietas com teores variados de concentrado.

Raça	II (dias)	DC	PI (kg)	PF (kg)	Dieta	GMD (kg)	Volumoso	EA	Referência
Sta. Inês	75	56	20,0	38,5	90% conc.	0,330	FCC <sup>1</sup>	0,282	Queiroz et al. (2008)
Sta. Inês	69	56	18,0	33,5	90% conc.	0,276	FCC	0,286	Ferreira et al. (2011a)
Sta. Inês	88	56	21,1	37,6	90% conc.	0,290	FCC	0,299	Gastaldello Jr. et al. (2010)
Sta. Inês	71	56	18,0	32,1	90% conc.	0,252	FCC	0,269	Rodrigues et al. (2008)
Sta. Inês	75	56	17,6	30,8	85% conc.	0,226	BCA <sup>2</sup>	0,235	Rodrigues et al. (2011)
Sta. Inês	151	84	26,0	42,3	50% conc.	0,194	BCA	0,135	Mendes et al. (2008)
Sta. Inês	67	84	16,5	36,4	95% conc.	0,237	BCA	0,272	Turino et al. (2007)
Sta. Inês	75	56	19,4	36,2	90% conc.	0,298	FCC	0,271	Urano et al. (2006)
Sta. Inês	66	84	17,1	37,3	90% conc.	0,247	BCA	0,247	Ferreira et al. (2014a)
Sta. Inês	86	56	18,0	30,8	80% conc.	0,228	BCA	0,220	Rocha et al. (2004)
Dorper x Sta. Inês	72	-	21,5	36,7	90% conc.	0,315	FCC	0,335	Maia (2011)
Dorper x Sta. Inês	150	84	31,0	36,0	20% conc.	0,060	FCC	0,060	Ribeiro et al. (2019)
Dorper x Sta. Inês	103	119	25,1	36,3	20% conc.	0,095	FCC	0,105	Ferreira et al. (2019)

II: idade inicial; DC: dias de confinamento; PI: peso inicial; PF: peso final; GPD: ganho de peso médio diário; EA: eficiência alimentar.

<sup>1</sup>FCC: Feno de *coastcross*.

<sup>2</sup>BCA: bagaço de cana-de-açúcar *in natura*.

Por afetar o tamanho do trato gastrointestinal e a deposição de tecidos moles na carcaça, em média, o rendimento de carcaça fria de cordeiros recebendo dietas com alto teor de concentrado ( $\geq 90\%$  da MS; FERREIRA et al., 2011a; FERREIRA et al., 2014a; GASTALDELLO Jr, et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008; URANO et al., 2006) é 4,5% superior ao de animais alimentados com dietas com alto teor de volumoso ( $\geq 40\%$  da MS; BASSO et al., 2018; KELES et al., 2018; MANARELLI et al., 2019; MENDES et al., 2008; SUASSUNA et al., 2014) (Tabela 2). Esta diferença de rendimento pode significar o sucesso ou o fracasso na atividade de engorda de cordeiros. Utilizando como exemplo um cordeiro com peso corporal ao abate de 40 kg, se alimentado com dieta rica em concentrado irá produzir uma carcaça de 19,6 kg (40 kg x 49%) e se alimentado com dieta rica em volumoso irá produzir uma carcaça de apenas 17,9 kg (40 kg x 44,7%), se ambas as carcaças forem comercializadas por R\$ 20,00/kg, a receita originária da venda do primeiro animal será R\$ 392,00 (19,6 kg x 20,00) e da venda do segundo animal será R\$ 358,00 (17,9 kg x 20,00), diferença de R\$ 34,00, configurando-se como mais uma vantagem em favor do uso de dietas com alto teor de concentrado.

Tabela 2 – Características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento recebendo dietas com teores variados de concentrado.

Raça	PCA (kg)	PCF (kg)	RCF (%)	EGS (mm)	Dieta	Referência
<i>Dietas com alto teor de concentrado</i>						
Santa Inês	40,3	19,9	49,5	2,0	90% concentrado	Queiroz et al. (2008)
Santa Inês	38,2	18,6	48,7	1,9	90% concentrado	Ferreira et al. (2011a)
Santa Inês	41,0	20,1	49,1	1,8	90% concentrado	Gastaldello Jr. et al. (2010)
Santa Inês	38,3	18,5	48,4	1,5	90% concentrado	Urano et al. (2006)
Santa Inês	39,2	19,3	49,5	1,5	90% concentrado	Ferreira et al. (2014a)
<b>Média</b>	<b>39,4</b>	<b>19,3</b>	<b>49,0</b>	<b>1,7</b>		
<i>Dietas com alto teor de forragem</i>						
Santa Inês	43,9	20,4	46,5	2,5	50% concentrado	Mendes et al. (2008)
Dorper x Santa Inês	38,2	17,2	45,0	2,4	60% concentrado	Basso et al. (2018)
Suffolk	31,7	14,3	43,2	1,4	50% concentrado	Manarelli et al. (2019)
SRD <sup>1</sup>	25,7	11,1	43,2	1,2	55% concentrado	Suassuna et al. (2014)
Karya	32,9	14,7	44,7	-	50% concentrado	Keles et al. (2018)
<b>Média</b>	<b>34,1</b>	<b>15,5</b>	<b>44,5</b>	<b>1,9</b>		

PCA: peso corporal ao abate; PCF: peso de carcaça fria; RCF: rendimento de carcaça fria; EGS: espessura de gordura subcutânea.

<sup>1</sup>SRD: sem raça definida.

Muitos produtores são resistentes ao uso de dietas com alto teor de concentrado para terminação de cordeiros, sob a justificativa de que estas dietas promovem adiposidade excessiva na carcaça. Contudo, com base nos dados apresentados na Tabela 2, em média a espessura de gordura dos animais alimentados com dietas com alto teor de concentrado (1,7 mm) (FERREIRA et al., 2011a; FERREIRA et al., 2014a; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008; URANO et al., 2006) foi ligeiramente inferior a de animais confinados com dietas com alto teor de volumoso (1,9 mm) (BASSO et al., 2018; KELES et al., 2018; MANARELLI et al., 2019; MENDES et al., 2008; SUASSUNA et al., 2014). A deposição de gordura na carcaça aumenta com o avançar da idade (POLIDORI et al., 2017; PONNAMPALAM et al., 2008), em função do menor ganho de peso, normalmente animais alimentados com dietas com alto teor de volumoso são abatidos mais velhos, o que justifica a maior deposição de gordura na carcaça em comparação aos animais que recebem dietas com alto teor de concentrado (Tabela 2), que devido ao maior GMD são abatidos mais jovens. Normalmente, o uso de dietas com alto teor de concentrado para cordeiros com até 6 meses de idade resulta em deposição de gordura de cobertura na carcaça igual ou inferior a 2 mm (FERREIRA et al., 2011a; FERREIRA et al., 2014a; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008; URANO et al., 2006), quantidade mínima necessária para proteção da carcaça durante o resfriamento e para dar firmeza aos cortes carnes.

## 2.2 pH ruminal e acidose

A possibilidade de ocorrência de acidose ruminal é uma das principais preocupações quanto ao uso de dietas com alto teor de concentrado para terminação de cordeiros. A acidose é caracterizada pelo baixo pH ruminal (NAGARAJA; TITGEMEYER, 2007), normalmente provocado pelo consumo excessivo de carboidratos não fibrosos e/ou pela baixa inclusão de fibra fisicamente efetiva na dieta ( $FDN_{fe}$ ) (NOCEK, 1997).

A severidade da acidose depende da frequência e duração da alteração na dieta. O consumo excessivo de carboidratos não fibrosos aumenta a produção de AGCC e diminui o pH ruminal, o que impõe modificações no perfil microbiano ruminal. A população de *Streptococcus bovis* e a produção de ácido lático aumentam ao mesmo tempo em que as populações de *Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium*

diminuem. Então, o número de microrganismos que sintetizam ácido láctico torna-se maior que o número de microrganismos que utilizam ácido láctico (RUSSEL, 1982; STROBEL; RUSSEL, 1986). O acúmulo de ácido láctico e a diminuição no pH ruminal também impedem o crescimento de *Streptococcus bovis*. Contudo, os lactobacilos ocupam o nicho do *Streptococcus bovis* e continuam a produção de ácido láctico que progressivamente diminui o pH ruminal (NOCEK, 1997).

A acidose é classificada utilizando-se como indicador o pH ruminal em subaguda (subclínica) ou aguda (clínica) (NASEM, 2016). Valores de pH ruminal abaixo de 5,5 (HIBBARD et al., 1995; WIERENGA et al., 2010) são indicativos de acidose subaguda e abaixo de 5,0 (NAGARAJA; TITGEMEYER, 2007) são indicativos de acidose aguda. Conforme pesquisas mais recentes, na acidose subaguda o pH ruminal permanece na faixa entre 5,0 e 5,5 por 180 (CASTILLO-LOPEZ et al., 2014) a 240 min (PATON et al., 2006) no período de 24 horas. Durante a acidose subaguda, com o tempo após a alimentação, o pH ruminal retorna lentamente aos valores iniciais (antes da alimentação), enquanto nos quadros de acidose aguda, o pH ruminal permanece baixo (< 5,0) e o animal para de comer (NASEM, 2016).

O baixo pH (< 5,6; NASEM, 2016) diminui a motilidade ruminal e provoca ruminite e hiperqueratose (NOCEK et al., 1984; PLAIZIER et al., 2008). Estas mudanças permitem a penetração de bactérias como a *Fusobacterium necrophorum* através da parede ruminal indo para o fígado onde causam abscessos hepáticos. Outros eventos que ocorrem simultaneamente são associados com o aumento na pressão osmótica ruminal, decréscimo no volume extracelular com consequente desidratação, decréscimo no débito cardíaco, na perfusão periférica, no fluxo sanguíneo renal e morte do animal (HUNTINGTON, 1988). Com acidose aguda, o animal apresenta-se com perda de apetite, baixa taxa de ruminação, diarreia e desidratação (BOLTON; PASS, 1988; LASKOSKI et al., 2014).

A acidose ruminal é controlada por meio de mecanismos físicos e comportamentais. Como exemplo, em resposta ao abaixamento do pH ruminal o animal diminui o consumo e passa a selecionar as partículas mais longas (DEVRIES et al., 2008) e mais fibrosas da dieta. O padrão de consumo ao longo dos dias de confinamento é um dos mais importantes indicadores de acidose subclínica (STOCK; BRITTON, 1993). Animais bem adaptados à dieta apresentam consumo elevado e consistente, enquanto que em condição de acidose subclínica o consumo aumenta e abruptamente diminui, ficando baixo por alguns dias. O animal volta a comer quando

o pH ruminal atinge valores  $\geq 5,6$  (NOCEK, 1997). Para gado de corte, o pH ruminal deve ser mantido  $\geq 5,6$  para minimizar a variação no consumo associada a acidose subclínica (NOCEK, 1997).

Normalmente, o risco de acidose aumenta quando se utiliza dietas à base de carboidratos não fibrosos ( $> 90\%$  de concentrado) com alta taxa de fermentação ruminal (NASEM, 2016). Como referência, o pH ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo 90% de concentrado variou de 5,96 (FERREIRA et al., 2011a) a 6,03 (GASTALDELLO Jr. et al., 2013). Nos dois experimentos (FERREIRA et al., 2011a; GASTALDELLO Jr. et al., 2013) a fonte de volumoso foi o feno de *coastcross* e as dietas continham 25 mg/kg de MS de monensina sódica. A monensina sódica aumenta o pH ruminal (LODI et al., 2019), sendo indicada para minimizar os riscos de acidose em cordeiros confinados.

Outra medida essencial para prevenir acidose ruminal é a adaptação dos animais às dietas. A mudança de dietas com alto teor de forragem para dietas com alto teor de grãos moídos ou inteiros deve ser feita de maneira gradual. Normalmente um período de 2 a 3 semanas é necessário para adaptação dos microrganismos ruminais ao novo substrato. É possível realizar a adaptação com dieta única, restringindo o consumo nos primeiros, com aumentos progressivos nos dias seguintes até atingir o consumo *ad libitum* com aproximadamente 2 semanas. Outra opção é utilizar dietas com diferentes relações volumoso:concentrado, devendo-se iniciar com dietas com alto teor de volumoso e progressivamente realizar a substituição do volumoso pelo concentrado até atingir o teor final de concentrado em um período de aproximadamente 3 semanas.

Em sistemas intensivos de produção, normalmente os cordeiros começam a receber ração inicial a partir de 2 semanas de vida, ainda na fase de pré-ruminantes, então eles aumentam gradativamente o consumo até o momento do desmame (FERREIRA et al., 2014b), cordeiros oriundos deste sistema são desmamados e introduzidos diretamente nas dietas de terminação contendo alto teor de concentrado ( $> 90\%$  de concentrado) (FERREIRA et al., 2014a; FERREIRA et al., 2014b). Normalmente, para atender as altas exigências de cordeiros lactentes (NRC, 1985), as dietas iniciais apresentam 100% de concentrado (Tabela 3, FERREIRA et al., 2014b), o que torna possível realizar a transição da dieta de cria para a dieta de terminação sem necessidade de adaptação.

Os coprodutos fibrosos também são uma boa alternativa para minimizar o risco de acidose em cordeiros alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado. Como exemplo, o uso da casca de soja (30% da MS) em substituição ao milho moído aumenta o pH ruminal, além de diminuir sua variação ao longo do dia (FERREIRA et al., 2011b). O GMD de cordeiros recebendo dietas sem forragem contendo 7,8 (0,247 kg/dia) ou 11,9% (0,258 kg/dia) de casca de soja foi superior ao de animais que receberam dieta contendo 5 (0,237 kg/dia) ou 10% (0,202 kg/dia) de bagaço de cana-de-açúcar (TURINO et al., 2007). A possibilidade de terminar cordeiros com dietas sem forragem à base de milho moído grosso ( $\approx$  81,2% da MS) também foi demonstrada por Turino et al. (2007), tendo em vista que o GMD dos animais da dieta à base de milho sem forragem (0,220 kg/dia) foi similar ao dos animais das dietas contendo 5% ou 10% de bagaço de cana-de-açúcar.

Terminar cordeiros com dietas contendo alto teor de concentrado reduz o custo por animal e o tempo de confinamento, além de aumentar o GMD, o peso de abate e o rendimento de carcaça. Contudo, estas dietas aumentam a incidência de acidose, com isso, normalmente, uma mínima inclusão de forragem é necessária nas dietas de terminação.

### **2.3 Fibra em detergente neutro**

Do ponto de vista nutricional, os carboidratos são divididos em carboidratos fibrosos e carboidratos não fibrosos. Os sistemas modernos de avaliação de dietas para ruminantes assumem que carboidratos fibrosos são representados pela fração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (NASEM, 2016). Fibra em detergente neutro é a fração da parede celular que é insolúvel após refluxo em uma solução detergente neutro (pH 7,0) aquecida seguida de filtragem. O resíduo é composto dos três maiores componentes da parede celular: celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST et al., 1991). Ocorreram muitas modificações no método de análise de FDN para alimentos ricos em proteína ou amido (VAN SOEST et al., 1991). O uso de sulfito de sódio é importante para alimentos tratados em condições de alta temperatura e para alimentos proteicos. A amilase termoestável é utilizada para eliminar contaminação com amido, então sua ausência em análises de amostras contendo alto teor de amido resulta em superestimativa do valor de FDN.

Tabela 3 – Ração para cordeiros lactentes.

Itens	Ração inicial
Proporção dos ingredientes, % da MS	
Milho moído	70,0
Farelo de soja	23,8
Calcário	1,5
Mistura mineral <sup>1</sup>	1,0
Melaço de cana-de-açúcar	3,7
Composição química, % da MS	
MS, base de matéria natural	88,5
Proteína bruta	18,6
Fibra em detergente neutro	12,6
Cinzas	5,3

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

Fonte: Ferreira et al. (2014b).

Nutricionalmente, fibra pode ser definida como a fração de lenta digestão ou indigestível do alimento que ocupa espaço no trato gastrointestinal do animal (MERTENS, 1997). Para animais ruminantes em pastejo ou confinados com dietas contendo alto teor de volumoso a FDN é a principal fonte de energia digestível (ED). Contudo, em dietas com alto teor de concentrado, que atualmente predominam nos confinamentos, a função primária da FDN deixa de ser a de fornecimento de energia e passa a ser a de fornecimento de fibra fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>).

Vários termos têm sido utilizados para caracterização física da fibra, mas os mais utilizados são fibra efetiva (FDN<sub>e</sub>) e fibra fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>). O termo fibra efetiva ou FDN efetiva foi originalmente proposto para representar o potencial de um alimento substituir a fonte de forragem na dieta e manter o teor de gordura no leite (MERTENS, 1986). O valor de FDN<sub>e</sub> depende do seu tamanho de partículas, capacidade de tamponamento, taxa de fermentação e padrão fermentativo, além de outras características da dieta capazes de contribuir para manutenção do teor de gordura do leite. A FDN<sub>fe</sub> relaciona-se com as propriedades físicas da fibra (principalmente tamanho de partícula) que estimulam a atividade de mastigação e estabelecem a estratificação bifásica no rúmen (MERTENS, 2002). Como a FDN<sub>fe</sub> relaciona-se apenas com as características físicas da fibra, ela sempre será menor que a FDN. Enquanto que a FDN<sub>e</sub> pode ser menor ou maior que a FDN do alimento.

A  $FDN_{fe}$  de um alimento é o produto da concentração de FDN e do fator de efetividade física da fibra (pef). O pef varia de 0, quando a FDN não é fisicamente efetiva (ex. fibra de milho moído fino) a 1, quando a FDN é totalmente fisicamente efetiva em promover a estratificação da digesta ruminal, atividade de mastigação e tamponamento ruminal (ex. fibra de feno picado grosso) (ALLEN, 1997; MERTENS, 1997). Lammers et al. (1996) introduziram o “Penn State” Separador de Partículas (PSSP) como um método simples para o cálculo da  $FDN_{fe}$  com base na soma da proporção de matéria seca retida nas peneiras acima de 8 mm do PSSP multiplicado pelo teor de FDN da dieta ( $FDN_{fe} > 8$ ). Kononoff et al. (2003) introduziram uma peneira adicional de 1,18 mm e calcularam o teor de  $FDN_{fe}$  como a soma das partículas retidas nas peneiras superiores a 1,18 mm multiplicada pelo teor de FDN da dieta ( $FDN_{fe} > 1,18$ ). Contudo, nos dois casos considerou-se que o teor de FDN foi distribuído de forma uniforme nas frações com diferentes tamanhos de partículas. Na tentativa de solucionar esta última limitação, o teor de FDN foi determinado separadamente nas frações retidas na peneira de 8 mm ( $FDN_{>8-FDN}$ ) e 1,18 mm ( $FDN_{>1,18-NDF}$ ) do PSSP. Embora isso tenha aumentado a precisão na determinação do conteúdo de  $FDN_{fe}$ , muitos autores demonstraram que os dois métodos são similares na classificação da dieta quanto ao teor de  $FDN_{fe}$  (ALAMOUTI et al., 2009; ZEBELI et al., 2008). Então, devido a maior facilidade e menor custo, o método considerando o teor de FDN uniforme (independentemente do tamanho das partículas) tem maior aplicabilidade prática. De acordo com o NASEM (2016), o método PSSP atualmente (PSSP 2013) consiste em três peneiras, com poros de 19 mm, 8 mm e 4 mm, tendo sido incluída a peneira de 4 mm em substituição a peneira de 1,18 mm. Neste último método, o fator de efetividade física do ingrediente ou da dieta é normalmente calculado com base no total de partículas retidas nas peneiras acima de 4 mm ( $pef_{>4}$ ). Vale destacar que o  $pef_{>4}$  é similar ao  $pef_{>1,18}$ , entretanto, deve-se ter atenção quando do uso de dietas à base de grãos inteiros ou de rações peletizadas. Nestes casos o pef será superestimado, sendo recomendado considerar apenas as fontes de forragem da dieta para a segregação das partículas e cálculo do fator de efetividade física (NASEM, 2016).

A exigência de fibra varia conforme o animal o que muitas vezes está relacionado com a capacidade de consumo de matéria seca, eficiência de mastigação e estado fisiológico. Contudo, em termos gerais, ruminantes em lactação apresentam exigência de fibra superior ao de ruminantes para corte. O NRC (2001) recomenda um mínimo

de 25% de FDN em dietas para bovinos leiteiros, dos quais 75% devem ser supridos por fontes de forragem com partículas longas. Para pequenos ruminantes (ovinos e caprinos) não há clara definição das exigências de fibra fisicamente efetiva. Tedeschi et al. (2008) já advertiam para a necessidade de pesquisas para determinar as exigências de FDN<sub>fe</sub> dos pequenos ruminantes, uma vez que estes animais são mais eficientes na seleção das partes mais nutritivas do alimento (HOFFMANN, 1989). Então, é provável que nas mesmas condições alimentares, o pH ruminal dos ovinos e caprinos se mantenha mais baixo que o dos bovinos, o que pode afetar a digestibilidade da fibra. Em função da falta de informações específicas, o *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) utiliza dados de bovinos para calcular as exigências de FDN<sub>fe</sub> e a digestibilidade da fibra para cabras em lactação. O NRC (2007) para pequenos ruminantes não apresenta estimativa de exigência nutricional de fibra para ovinos e caprinos. Além disso, a maior parte dos trabalhos que avaliaram diferentes relações volumosos:concentrado para cordeiros, utilizou dietas de baixo teor de energia (% de volumoso  $\geq$  40% da MS) (BASSO et al., 2018; MALISETTY et al., 2014; KUMARI et al., 2013) e tratamentos experimentais sem delineamento específico para definição da exigência de fibra pelos animais. Soma-se ao fato da necessidade de conhecimento da exigência mínima de fibra em dietas com alto teor de concentrado, que é uma realidade nos sistemas profissionais de produção de cordeiros em confinamento ao redor no mundo, especialmente no Brasil devido a grande disponibilidade de grãos e de coprodutos da indústria.

O teor mínimo de FDN<sub>fe</sub> em dietas com alta concentração energética para bovinos de corte em confinamento é 7,0% da MS (FOX; TEDESCHI, 2002), que é o valor necessário para manter o pH ruminal acima de 5,7 (PITT et al., 1996). É possível que esta recomendação também se aplique para os ovinos, uma vez que Ferreira et al. (2011a) não verificaram diferença no GMD de cordeiros que receberam dieta contendo 4,95% de FDN<sub>fef</sub> e 8,5% de FDN<sub>fe</sub> à base de milho moído quando comparados aos que receberam dieta com 4,95% de FDN<sub>fef</sub> e 14,2% de FDN<sub>fe</sub> à base de milho moído e casca de soja, apesar do pH ruminal (5,96) dos cordeiros que receberam a dieta à base de milho ter sido inferior ao pH ruminal (6,13) dos cordeiros que receberam a dieta contendo casca de soja (FERREIRA et al., 2011b), ambas as dietas possuíam 90% de concentrado e 10% de feno de *coastcross*. Em conjunto os resultados indicam que o teor de FDN<sub>fe</sub> oriundos de forragem podem tão baixo quanto

4,95% da MS para bovinos (NASEM, 2016) e para ovinos (FERREIRA et al., 2011a; FERREIRA et al., 2011b).

## **2.4 Dietas à base de milho inteiro**

Do ponto de vista conceitual, as dietas à base de grãos inteiros devem ser isentas de forragem (STEVEN, 2009), como consequência, apresentam maior concentração energética que as dietas convencionais. Uma das características das dietas com grãos inteiros é a simplicidade da mistura, tendo em vista que em condições convencionais, a dieta total é composta de apenas dois ingredientes, um núcleo que tem como finalidade principal o suprimento de proteína, minerais e vitaminas e um ingrediente energético na forma integral, sendo o milho o principal ingrediente energético em dietas à base de grãos no Brasil (FERREIRA et al., 2014a; GALLO et al., 2014). A definição da proporção entre o núcleo proteico e os grãos inteiros deve levar em conta as exigências nutricionais da categoria animal em questão e a composição nutricional dos ingredientes. Gallo et al. (2014) utilizaram rações para cordeiros contendo 85% de grãos de milho inteiro e 15% de núcleo proteico (GALLO et al., 2014).

A composição do núcleo proteico-mineral varia conforme a categoria animal, contudo, para cordeiros em confinamento, os núcleos devem apresentar de 30 a 38% de PB (NRC, 2007). Devido aos baixos teores de cálcio em dietas a base de grãos, é indicado que o núcleo contenha uma fonte de cálcio. Existem muitas fontes de cálcio que podem ser utilizadas em dietas para cordeiros, sendo que o calcário calcítico, incluído na proporção de 2,0 a 3,0% da dieta total tem se mostrado uma excelente opção (GASTALDELLO Jr. et al., 2013). Vale lembrar que no mercado brasileiro não é permitido o uso de ingredientes de origem animal para formulação de dietas para ruminantes. Outro ponto que vale lembrar são os riscos de incidência de cálculo renal em cordeiros confinados, o que está relacionado com o desbalanceamento da dieta em cálcio e fósforo e aos elevados teores de proteína degradável no rúmen (PDR). Para minimizar os riscos de ocorrência de cálculo renal pode-se adicionar 0,5% de cloreto de amônia ao núcleo proteico (FERREIRA et al., 2014a). Aditivos alimentares, tais como os ionóforos também são frequentemente adicionados nas dietas à base de grãos, os quais têm como principais finalidades melhorar a eficiência alimentar

(GASTALDELLO Jr. et al., 2013) e prevenir desordens metabólicas de ordem nutricional, tal como acidose.

Devido à elevada concentração energética, em dietas com alto teor de concentrado, o CMS é limitado pela ingestão de energia (NRC, 2007). Neste sentido, a comparação de uma dieta contendo 85% de milho inteiro com dietas em que o milho inteiro foi substituído por 15 ou 30% de casca de soja, resultou em aumento linear no CMS, sugerindo que os animais aumentaram o CMS para contrabalancear o menor NDT das dietas contendo casca de soja. Adicionalmente, o GMD foi superior para os animais que receberam a dieta contendo 15% de casca de soja (GMD = 0,327 kg/d) em relação aos que receberam a dieta contendo apenas núcleo e milho inteiro (0,267 kg/d) (ZARPELON et al., 2015). Este fato permite sugerir que os teores demasiadamente baixos de FDN das dietas com milho inteiro limitam o desempenho de cordeiros confinados, o que pode estar relacionado com a incapacidade do milho inteiro em manter adequada atividade de ruminação e saúde ruminal, fato este que estimula a realização de estudos que avaliem a associação de uma fonte de fibra longa ao milho inteiro em dietas para terminação de cordeiros.

Aproximadamente um terço do milho inteiro é quebrado durante a ingestão, sendo o restante regurgitado e remastigado durante o processo de ruminação (STEVEN, 2009). Contudo, pequenas inclusões de fontes de fibra longa associadas aos grãos inteiros tem resultado em benefício adicional no ganho de peso de cordeiros (OLIVEIRA et al., 2015a).

Apesar da existência na literatura de um conjunto de dados sobre o desempenho de cordeiros recebendo dietas com grãos inteiros (GALLO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015a; ZARPELON et al., 2015), são escassas informações sobre o uso desta estratégia alimentar sobre o comportamento ingestivo e o metabolismo ruminal.

Quanto à forma de processamento do milho, uma comparação do milho inteiro com o milho moído ou na forma de silagem de grãos úmidos em dietas contendo 5% feno, demonstrou que o fornecimento de grãos inteiros possibilitou maior área de papilas ruminal (% da superfície de absorção) (OLIVEIRA et al., 2015b). Este estudo contrapõe-se a ideia de que em dietas com grãos inteiros não se “pode” adicionar fibra longa, sob pena de haver efeito negativo na digestibilidade do amido, conceito este que necessita ser melhor estudado.

Tem sido sugerido que devido a sua maior superfície para ataque enzimático no rúmen e pós-rúmen, a inclusão de milho moído na dieta resulta em maior

digestibilidade da matéria orgânica. Contudo, tal hipótese não se confirmou no estudo de Bolzan et al. (2007), os quais forneceram dietas contendo milho inteiro ou moído e não verificaram efeito sobre a digestibilidade da MS, MO, EE, FDN e carboidratos totais. Este resultado reafirma a ideia de que o processo de mastigação dos ovinos é muito eficiente em triturar os grãos de milho.

No trabalho de Oliveira et al. (2015a), apesar do maior ganho de peso dos animais que receberam grãos inteiros (0,36 kg/d) em relação aos que receberam grãos moído (0,34 kg/d) ou úmidos (0,30 kg/d), observou-se valor de pH ruminal demasiadamente baixo para os animais do tratamento com grãos inteiros (5,37) na comparação com os alimentados com grãos moídos (6,62) ou úmidos (6,63) (OLIVEIRA et al., 2015a). O pH ruminal de 5,37 (OLIVEIRA et al., 2015a) deve ser encarado como crítico, tendo em vista que valores abaixo de 5,5 são indicativos de acidose subclínica. Os resultados de Oliveira et al. (2015ab) indicam a necessidade de desenvolvimento de estratégias que possam dar maior segurança ao confinador na utilização de dietas com grãos inteiros para cordeiros.

Um aspecto relevante para o sucesso do confinamento com dietas à base de grãos inteiros é uma adequada adaptação dos animais. A exposição de cordeiros às dietas com alto teor de concentrado sem adaptação pode resultar em elevados índices de mortalidade, principalmente por acidose ruminal e outras doenças associadas à superalimentação. O período de adaptação deve ter duração de 10 a 21 dias, podendo ser realizado por meio do aumento gradativo da dieta com grãos inteiros em substituição a uma fonte de volumoso ou por meio de restrição alimentar, neste último caso deve-se iniciar com a dieta final, sendo fornecida em quantidade restrita, com aumento progressivo na quantidade ofertada a cada dois dias até o animal atingir consumo *ad libitum* (STEVEN, 2009).

## Referências

ALAMOUTI, A.A.; ALIKHANI, M.; GHORBANI, G.R.; ZEBELI, Q. Effects of inclusion of neutral detergent soluble fibre sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation Holstein cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, p. 9-23, 2009.

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

BASSO, F.C.; RABELO, C.H.S.; LARA, E.C.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Effects of *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 and forage: Concentrate ratio on the growth performance of finishing feedlot lambs fed maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 244, p. 104-115, 2018.

BERNARDES, G.M.; CARVALHO, S.; PIRES, C.C.; MOTTA, J.H.; TEIXEIRA, W.S.; BORGES, L.I.; FLEIG, M.; PILECCO, V.M.; FARINHA, E.T.; VENTURINI, R.S. Consumo, desempenho e análise econômica da alimentação de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 1684-1692, 2015.

BOLTON, J.; PASS, D. 1998. The alimentary tract. In: Robinson WF, Huxtable CRR (ed). **Clinic pathologic principles for veterinary medicine**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 99-121.

BOLZAN, I.T.; SANCHEZ, L.M.B.; CARVALHO, P.Q.; VELHO, J.P.; LIMA, L.D.; MORAIS, J.; CADORIN, Jr. R.L. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou tratado com ureia, com três níveis de concentrado. **Ciência Rural**, v. 37, p. 229-234, 2007.

CALHOUN, M.C.; CARROLL, L.H.; LIVINGSTON JR, C.W.; SHELTON, M. Effect of dietary monensin on coccidial oocyst numbers, feedlot performance and carcass characteristics of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 49, p. 10-19, 1979.

CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; FAGUNDES, J.L.; SBRISSIA, A.F.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M.; PEDREIRA, C.G.S. Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) sob lotação contínua. **Scientia Agrícola**, v. 85, p. 7-15, 2001.

CASTILLO-LOPEZ, E.; WIESE, B.I.; HENDRICK, S.; MCKINNON, T.A.; McALLISTER, K.A.; BEAUCHEMIN, K.A.; PENNER, G.B. Incidence, prevalence, severity, and risk factors for ruminal acidosis in feedlot steers during backgrounding, diet transition, and finishing. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 3035-3063, 2014.

DEVRIES, T.J.; DOHME, F.; BEAUCHEMIN, K.A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3958-3967, 2008.

FERREIRA, E.M.; FERRAZ Jr., M.V.C.; BIAVA, J.S.; ASSIS, R.G.; BARROSO, J.P.R.; POLIZEL, D.M.; ARAUJO, L.C; PIRES, A.V. Implications of carbohydrate sources and rate of body weight gain on puberty in ewe lambs in tropical climate conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 1-6, 2019.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEGHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9-18, 2014a.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; GILAVERTE, S.; PARENTE, M.O.M.; BIEHL, M.V.; RIBEIRO, C.V.M. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean of partially replaced by fish oil blend. **Livestock Science**, v. 163, p. 51-61, 2014b.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011a.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; QUEIROZ, M.A.A.; ARAUJO, R.C.; GENTIL, R.S.; LOERCH, S.C. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4127-4133, 2011b.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle, In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, San Antonio. **Proceedings** [...]. San Antonio: Texas A&M Reserch and Extension Center, 2002, p. 67-81.

GALLO, S.B.; MERLIN, F.A.; MACEDO, C.M.; SILVEIRA, R.D.O. Whole grain diet for feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 120, p. 185-188, 2014.

GASTALDELLO Jr., A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; QUEIROZ, M.A.A; AMARAL, R.C.; GENTIL, R.S.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B.; EASTRIDGE, M.L. Limestone with different particle size and sodium bicarbonate to feedlot lambs fed high grain diets with or without monensin. **Small Ruminant Research**, v. 114, p. 80-85, 2013.

GASTALDELLO Jr, A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados com rações de alta proporção de concentrado contendo monensina sódica, bicarbonato de sódio e fontes de calcário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556-562, 2010.

HIBBARD, B.; PETERS, J.P.; CHESTER, S.T.; ROBINSON, J.A.; KOTARSKI, S.F.; CROOM Jr., W.J.; HAGLER Jr., W.M. The effect of slaframine on salivary output and subacute and acute acidosis in growing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 516-525, 1995.

HOFFMANN, R.R. Evolutionary steps of ecophysiological view of their digestive system. **Oecologia**, v. 78, p. 443-457, 1989.

HUNTINGTON, G.B. Acidosis, 1988, Page 474. In: **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**, D.C. Church, ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ.

KELES, G.; KOCAMAN, V.; USTUNDAG, A.O.; ZUNGUR, A.; OZDOGAN.M. Growth rate, carcass characteristics and meat quality of growing lambs fed buckwheat or maize silage. **Asian-Autralas Journal of Animal Science**, v. 31, p. 522-528, 2018.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

KUMARI, N.N.; REDDY, Y.R.; BLUMMEL, M.; NAGALAKSHMI, D.; MONIKA, T.; REDDY, B.V.; REDDY, C.R. Growth performance and carcass characteristics of growing ram lambs fed sweet sorghum bagasse-to-concentrate rations. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 649-655, 2013.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 922-928, 1996.

LASKOSKI, L.M.; MURANO, L.S.; SANTANA Jr., M.S.; CARVALHO, M.B.; FREITAS, S.H.; DORIA, R.G.S.; SANTOS, M.D.; DITTRICH, R.L. Sodium bicarbonate as prevention of metabolic acidosis in sheep submitted to experimental ruminal acidosis. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, p. 822-826, 2014.

LODI, F.; FERREIRA, E.M.; BIAVA, J.S.; MARTINS, M.C.; ASSIS, R.G.; MOLETTA, J.L.; ARAUJO, L.C.; PEDROSA, V.B.; POLIZEL, D.M.; PIRES, A.V. Lemon grass essential oil (*Cymbopogum flexuosus*) in high-concentrate diets for lambs. **Archives of Veterinary Science**, v. 24, p. 33-47, 2019.

MACEDO, F.A.F.; SIQUEIRA, E.R.; MARTINS, E.N. Desempenho de cordeiros Corriedale, puros e mestiços, terminados em pastagem e em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, p. 583-587, 1999.

MAIA, M.O. **Efeito da adição de diferentes fontes de óleo vegetal na dieta de ovinos sobre o desempenho, composição e perfil de ácidos graxos na carne e no leite**. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MALISSETTY, V.; YERRADODDI, R.R.; DEVANABOINA, N.; MALLAM, M.; MITTA, P. Effect of feeding sorghum straw based complete rations with different roughage to

concentrate ration on dry matter intake, nutrient utilization, and nitrogen balance in Nellore ram lambs. **Tropical. Animal Health and Production**, v. 46, p. 759-764, 2014.

MANARELLI, D.M.; ORRICO Jr., M.A.P.; RETORE, M.; VARGAS Jr., F.M.; SILVA, M.S.J.; ORRICO, A.C.A.; BORQUIS, R.R.A.; CRONE, C.; NEVES, F.O. Productive performance and quantitative carcass traits of lambs fed saccharine sorghum silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, e00577, 2019.

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; NUSSIO, L.G.; ARAUJO, R.C.; RIBEIRO, M.F. Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com silagem de cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 733-740, 2008.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. Effect of physical characteristics, forage particle size and density on forage utilization. In: AFIA NUTRITION SYMPOSIUM, 1986, St Louis. **Proceedings** [...]. St Louis: 1986, p. 91-106.

MERTENS, D.R. Measuring fibre and its effectiveness in ruminant diets. In: Plains Nutrition Council Spring Conf., 2002. **Proceedings** [...], 2002. p. 40-66.

NAGARAJA, T.G.; TITGEMEYER, E.C. Ruminant acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. E17-E38, 2007.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 8<sup>th</sup> Rev. ed. Washington: The National Academies Press, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: The National Academies Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7<sup>th</sup> Rev. ed. Washington: The National Academies Press, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**, 7<sup>th</sup> ed. Washington: The National Academies Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Sheep**, 6<sup>th</sup> ed. Washington: The National Academies Press, 1985.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: Implications on laminitis. **Journal of Dairy science**, v. 80, p. 1005-1028, 1997.

NOCEK, J.E.; HEALD, C.W.; POLAN, C.E. Influence of ration of physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 334, 1984.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L.; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Effects of processing corn on the carcass traits and meat quality of feedlot lambs. **Tropical Animal Health Production**, v. 47, p. 883-887, 2015b.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L.S.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Processamento do milho sobre o desempenho e saúde ruminal de cordeiros. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1292-1298, 2015a.

PATON, L.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; VEIRA, D.M.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Use of sodium bicarbonate, offered free choice or blended into the ration, to reduce the risk of ruminal acidosis in cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 86, p. 429-437, 2006.

PELLEGRINI, L.G.; MONTEIRO, A.L.G.; NEUMANN, M.; MORAES, A.; BONA FILHO, A.; MOLENTO, M.B.; PELLEGRIN, A.C.R.S. Produção de cordeiros em pastejo

contínuo de azevém anual submetido à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1399-1404, 2010.

PITT, R.E.; VAN KESSEL, J.S.; FOX, D.G.; PELL, A.M.; BARRY, M.C.; VAN SOEST, P.J. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 226-244, 1996.

PLAIZIER, J.C.; KRAUSE, D.O.; GOZHO, G.N.; McBRIDE, B.W. Subcute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. **Veterinary Journal**, v. 176, p. 21-31, 2008.

POLI, C.H.E.C.; MONTEIRO, A.L.G.; BARROS, C.S.; MORAES, A.; FERNANDES, M.A.M.; PIAZZETTA, H.V.L. Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 666-673, 2008.

POLIDORI, P.; PUCCIARELLI, S.; NATALINA, C.; POLZANETTI, V.; VINCENZETTI, S. The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lambs. **Small Ruminant Research**, v. 155, p. 12-15, 2017.

PONNAMPALAM, E.N.; BUTLER, K.L.; HOPKINS, D.L.; KERR, M.G.; DUNSHEA, F.R.; WARNER, R.D. Genotype and age effects on sheep meat production. 5. Lean meat and fat content in the carcasses of Australian sheep genotypes at 20-, 30- and 40-kg carcass weights. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 893-897, 2008,

QUEIROZ, M.A.A.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ALMEIDA, O.C.; AMARAL, R.C.; MOURÃO, G.B. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes proteicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193-1200, 2008.

RIBEIRO, A.D.B.; FERRAZ Jr., M.V.C.; POLIZEL, D.M.; MISZURA, A.A.; GOBATO, L.G.M.; BARROSO, J.P.R.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Thyme essential oil for sheep: effect on rumen fermentation, nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and growth. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, p. 2065-2074, 2019.

RIBEIRO, T.M.D.; MONTEIRO, A.L.G.; POLI, C.H.E.; MORAES, A.; SILVA, A.L.P.; BARROS, C.S. Características da pastagem de azevém e produtividade de cordeiros em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 580-587, 2009.

ROCHA, M.H.M.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; FERNANDES Jr., J.S.; MENDES, C.Q. Performance of Santa Inês lambs fed diets of variable crude protein levels. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 141-145, 2004.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; ARAUJO, R.C.; PACKER, I.U.; RIBEIRO, M.F.; GERAGE, L.V. Substituição do milho por polpa cítrica em rações com alta proporção de concentrado para cordeiros confinados. **Ciência Rural**, v. 38, p. 789-794, 2008.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; NUSSIO, L.G.; GENTIL, R.S.; FERREIRA, E.M.; BIEHL, M.V.; RIBEIRO, M.F. Desempenho, características da carcaça, digestibilidade aparente dos nutrientes, metabolismo de nitrogênio e parâmetros ruminais de cordeiros alimentados com rações contendo polpa cítrica úmida semidespectinada e/ou polpa cítrica desidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2252-2261, 2011.

STEVEN, H. **Whole-grain diets for finishing lambs**. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication 410-024, 2009.

STOCK, R.; BRITTON, R.A, 1993. **Acidosis in feedlot cattle**. In Scientific Update on Rumensin/Tylan for the Professional Feedlot Consultant. Elanco Animal Health, Indianapolis, IN.

STROBEL, H.J.; RUSSELL, J.B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, v. 69, p. 2941, 1986.

SUASSUNA, J.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; AZEVEDO, P.S.; SOUSA, W.H.; PINHO, R.M.A.; RAMOS, J.P.F.; BEZERRA, H.F.C. Carcass characteristics of

lambs fed diets containing silage of diferente genotypes of sorghum. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 80-85, 2014.

TEDESCHI, L.O.; CANNAS, A.; FOX, D.G. A nutritional mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant System. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial, p. 178-190, 2008.

TURINO, V.F.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; MORAIS, J.B.; OLIVEIRA Jr., R.C. Casca de soja na alimentação de cordeiros confinados: Desempenho e características da carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 495-503, 2007.

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAUJO, R.C.; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1525-1530, 2006.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WIERENGA, K.T.; McALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; CHAVES, A.V.; OKINE, E.K.; BEAUCHEMIN, K.A.; OBA, M. Evaluation of triticale dried distillers' grain with solubles as a substitute for barley silage in feedlot finishing diets. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 3018-3029, 2010.

ZARPELON, T.G.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S.; SILVA, L.D.F.; PRADO-CALIXTO, O.P.; TARSITANO, M.A.; FÁVERO, R.; PIRES, K.A.; BORGES, C.A.A. Desempenho, características de carcaça e avaliação econômica da substituição do milho grão inteiro por casca de soja peletizada na alimentação de cordeiros em confinamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, p. 1111-1122, 2015.

ZEBELI, Q.; DIJKSTRA, J.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; AMETAJ, B.N.; DROCHNER, W. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the

responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 2046-2066, 2008.



## CAPÍTULO III

### 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<sup>2</sup>

#### Resumo

Cinco borregos Dorper x Santa Inês, com idade de  $209 \pm 10,44$  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 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN<sub>fef</sub> em dietas à base de grãos de milho moídos (% 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 (CMS), foram utilizados quatro dias para a colheita de amostras das sobras, fezes e urina para avaliar a ingestão e digestibilidade dos nutrientes, assim como o balanço de nitrogênio. No 20º dia foi realizada a colheita de fluido ruminal antes da oferta das dietas e 3, 6, 9 e 12 horas após o arraçoamento para determinação do perfil de AGCC, pH e nitrogênio amoniacal. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) 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 ( $P < 0,01$ ) diminuiu linearmente com o aumento nos teores de FDN<sub>fef</sub>. A proporção molar de acetato apresentou resposta quadrática ( $P = 0,02$ ), cujo maior valor foi observado com a inclusão de 10,4% de FDN<sub>fef</sub>. Por sua vez, a proporção molar de propionato diminuiu linearmente ( $P < 0,001$ ) e a relação C2:C3 ( $P < 0,001$ ) e o pH ruminal ( $P < 0,01$ ) aumentaram linearmente com o aumento nos teores de FDN<sub>fef</sub>. O teor de 5,2% de FDN<sub>fef</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.

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

---

<sup>2</sup>Projeto de Auxílio à Pesquisa FAPESP (2018/07749), o qual resultou na dissertação de mestrado da Nathalia Rubio Eckermann, defendida em 02/12/2020 junto ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens – ESALQ/USP.

## Abstract

Five Dorper × Santa Inês lambs, with  $209 \pm 10.44$  days old, cannulated in the rumen, distributed in a  $5 \times 5$  Latin square design, were used to evaluate the effect of five levels of  $\text{pefNDF}$  on DMI, apparent digestibility of nutrients, nitrogen balance, and ruminal fermentation. The experimental diets were isonitrogenated ( $14.4 \pm 0.20\%$  of CP) and the treatments were defined by the inclusion of 2.6; 5.2; 7.8; 10.4 or 13.0% of  $\text{pefNDF}$  in a ground corn-based diet (% of DM). Amounts of feed offered to animals were calculated according to previous DMI, and adjustments were made when need so that refused feed did not exceed 10% of daily intake. After 15 days of adaptation and consequently stabilizing the DMI, four days were used to collect orts, feces and urine samples to assess nutrient intake and digestibility, as well as nitrogen balance. Ruminal fluid samples were obtained on day 20 of each experimental period. Samples were carried out at 0, 3, 6, 9 and 12 h after feeding to determine the SCFA profile, ruminal pH and ammonia nitrogen. There was a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) of  $\text{pefNDF}$  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 increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . The molar proportion of acetate showed a quadratic response ( $P = 0.02$ ), with the highest value observed with the inclusion of 10.4% of  $\text{pefNDF}$ . In turn, the molar proportion of propionate decreased linearly ( $P < 0.001$ ) and the acetate to propionate ratio and ruminal pH ( $P < 0.01$ ) increased linearly according to increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . In conclusion, the 5.2% content of  $\text{pefNDF}$  in TMR combined the best results of DMI, digestibility of nutrients, pH and ruminal SCFA profile, so this is the minimum content of  $\text{pefNDF}$  indicated for formulating diets based on ground corn for finishing lambs.

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 podem 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, que por sua vez 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 no consumo de matéria seca (CMS), 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 CMS, e principalmente à composição da dieta ingerida, já que o 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, cuja produção é estimulada pelo consumo de forragem (GALYEAN; 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 com alto teor de concentrado e/ou com pouca FDN<sub>fe</sub> resultam em acúmulo de AGCC, diminuindo o pH ruminal (YANG; 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 pH ruminal, menor proporção molar de propionato e maior proporção molar de acetato.

Sabendo da importância e dos impactos da fibra e suas frações na alimentação de bovinos leiteiros, a FDN<sub>fe</sub> foi amplamente estudada, e Holt et al. (2010) utilizando a abordagem da Penn State Particle Separator (PSPS), determinaram que a exigência de FDN<sub>fe</sub> de vacas leiteiras é de 22% da MS da ração para manter o pH ruminal médio de 6,0. Para bovinos de corte Fox e Tedeschi (2002) definiram que o teor mínimo de

$FDN_{fe}$  em dietas com alta concentração energética é 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 objetivo 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.

## **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.

Foram utilizados cinco borregos Dorper × Santa Inês castrados, canulados no rúmen, com  $209 \pm 10,44$  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 × 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% moxidectina (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 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) em dietas à base de grãos de milho moídos (% da MS). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada em todas as dietas na proporção de 16 mg/kg de MS. 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, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

(continua)

Ingredientes, % da MS	FDN <sub>fef</sub> (% da MS) <sup>1</sup>				
	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
Feno de <i>coastcross</i>	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
Grãos de milho moídos	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, % da 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>fef&gt;1,18 mm</sub>	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
FDN <sub>fef&gt;4 mm</sub>	2,2	4,5	6,8	9,0	11,3
FDN <sub>fed&gt;1,18 mm</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, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

Ingredientes	FDN <sub>fed</sub> (% da MS) <sup>1</sup>				
	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
(conclusão)					
<i>Penn State Particle Separator – Retido, %<sup>5</sup></i>					
< 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
TMP a 1,18 mm	2,16	2,23	2,4	2,6	2,57
TMP a 4 mm	1,41	1,57	1,84	2,03	2,09

<sup>1</sup>Dietas contendo 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>fed</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 em detergente neutro; FDN<sub>fed</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 1,18 mm; FDN<sub>fed</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da forragem a 4 mm; FDN<sub>fed</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total a 1,18 mm; FDN<sub>fed</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total a 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>TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm.

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

Item <sup>1</sup>	%MS	%PB	% EE	%FDN	%MM	%CNF	FDN <sub>fe</sub> 1,18 mm	FDN <sub>fe</sub> 4 mm
Feno de <i>coastcross</i>	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 em detergente neutro; MM: matéria mineral; CNF: carboidratos não fibrosos; FDN<sub>fe</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 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), provido de peneira com crivos de 10 mm. Posteriormente, o feno foi misturado ao milho moído, farelo de soja, ureia, calcário, mistura mineral, cloreto amônia e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato, Limeira, São Paulo 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 cordeiros de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo as respectivas dietas experimentais (ração total), considerando que foram provenientes de um sistema intensivo de produção, e desde a segunda semana de vida consumiram concentrado inicial com 100% de concentrado em alimentadores privativos, o que dispensou um período de adaptação às dietas experimentais. 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 os dias 16 e 19 de cada período experimental, às 07h00min da manhã a produção fecal total dos animais foi quantificada, e uma amostra representativa de 10% das fezes produzidas 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 os dias 16 e 19 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 20° 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 filtração 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, Santa Clara, CA, EUA) 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, EUA) 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 manter o pH da urina abaixo de 3,0. 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 e 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, São Paulo, 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, EUA), conforme a AOAC (1990; #968.06), e posteriormente multiplicado por 6,25 para obtenção da proteína bruta (PB) das amostras. O teor de extrato etéreo (EE) foi determinado utilizando um aparelho extrator Ankom XT15 (Ankom Tech Corp., Macedon, NY, EUA; 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 em detergente ácido (FDA), em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #968.06). O amido foi determinado utilizando 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, EUA), 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 nas peneiras de 1,18 mm ou 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 foi calculado conforme as fórmulas que seguem:

$$\text{Retenção de N (g/dia)} = (\text{N consumido} - \text{N fezes} - \text{N urina})$$

$$\text{Retenção de N (\% N consumido)} = [(\text{N consumido} - \text{N fezes} - \text{N urina})/\text{N consumido}]$$

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

### 3.2.7 Análise estatística

Todos os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do programa 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  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  resultou em efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) 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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  e 13,0%  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ , nos valores intermediários de fibra (de 5,2 a 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ ) o consumo dos nutrientes foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 3).

A digestibilidade da MS ( $P < 0,0001$ ), MO ( $P < 0,0001$ ), CNF ( $P < 0,01$ ) e amido ( $P < 0,01$ ) diminuiu linearmente com o aumento nos teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . 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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . 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 ( $FDN_{ref}$ ) nas dietas sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{ref}$ (% da MS) <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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, % da MS								
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 fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ; % 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 colheita para nenhuma das características de fermentação ruminal avaliadas. A inclusão de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  não afetou a concentração ruminal total dos AGCC, 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 observado para os cordeiros alimentados com a dieta contendo 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 proporção molar de isobutirato ( $P < 0,001$ ) e o pH ruminal ( $P < 0,01$ ) aumentaram linearmente em resposta ao aumento nos 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 a dieta contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ .

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

Itens	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
	2,6	5,2	7,8	10,4	13		L	Q	H	D*
AGCC, mM/100mM										
Acetato	40,7	45,0	47,8	51,7	49,0	2,09	<0,00	0,0	<0,01	0,8
Propionato	37,0	30,0	28,0	21,3	21,6	4,03	<0,00	0,3	0,01	0,2
Isobutirato	4,41	6,01	6,07	7,78	7,93	0,86	<0,00	0,6	0,18	0,7
Butirato	8,09	8,88	9,08	9,95	9,88	1,41	0,19	0,7	0,01	0,1
Isovalerato	5,44	4,70	3,45	2,54	4,78	1,01	0,30	0,1	0,32	0,7
Valerato	4,25	5,12	5,02	7,30	5,95	1,14	0,08	0,5	0,10	0,9
C2:C3 <sup>4</sup>	1,24	1,67	1,79	1,53	2,49	0,31	<0,00	0,7	<0,001	0,7
(Ac+but)/prop <sup>5</sup>	1,50	2,01	2,40	3,03	3,04	0,39	<0,00	0,8	<0,000	0,5
AGCC total, mM <sup>6</sup>	85,4	88,2	89,4	83,1	89,3	6,23	0,86	0,9	0,06	0,9
pH	5,72	5,88	6,05	6,13	6,16	0,18	<0,01	0,3	<0,000	0,2
Amônia, mg/dL	10,1	12,7	14,2	13,2	12,4	0,90	0,10	0,0	<0,000	0,7

<sup>1</sup>Dietas contendo 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ; % 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% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (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 ( $FDN_{fef}$ ) nas dietas sobre o consumo e balanço de nitrogênio de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>	
	2,6	5,2	7,8	10,4	13		L	Q
N ingerido, g/d	36,12	41,94	42,84	41,50	39,99	3,17	0,23	0,03
N fecal, g/d	6,26	8,19	8,99	9,73	8,37	1,15	<0,01	0,01
N absorvido, g/d	29,87	33,74	33,85	31,77	31,63	2,10	0,72	0,05
N urina, g/d	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  $FDN_{fef}$  fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ; % 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<sub>fef</sub> e a concentração 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<sub>fef</sub> foi devido a limitadores químicos e o menor CMS no teor de 13% de FDN<sub>fef</sub> 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<sub>fef</sub> permitido máximos CMS. A ideia de ter havido limitação física no CMS no teor de 13% de FDN<sub>fef</sub> é coerente com a menor digestibilidade da MS e MO observada nos animais deste tratamento (Tabela 3).

Do ponto de vista químico, as concentrações ruminiais de AGCC, acetato, propionato e o pH ruminal têm sido indicadas 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<sub>fef</sub> 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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  (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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  que devem conter as dietas com alta concentração de 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.

O 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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  foram inferiores a 6,2, o que poderia exercer efeito negativo sobre as atividades das bactérias celulolíticas 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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  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 à 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  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ , 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<sub>ref</sub>, os quais apresentaram maior digestibilidade da PB.

### 3.4.2 Parâmetros de fermentação ruminal

Os teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> 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<sub>ref</sub> das dietas, então a simples substituição do amido pela celulose explica a diminuição observada na proporção molar de propionato e o aumento na proporção molar 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 13,0% de FDN<sub>ref</sub> 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<sub>ref</sub>, 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<sub>ref</sub> da dieta não afetou a concentração total dos AGCC, mas aumentou o pH ruminal (Tabela 4), o que é coerente com o postulado por Allen (1997) que em muitos casos a concentração total dos 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 total dos 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; BEAUCHEMIN, 2007). No presente experimento, o aumento no teor de FDN<sub>ref</sub> das

dietas resultou em aumento na  $FDN_{fe} > 1,18$  mm,  $FDN_{fe} > 4,0$  mm e no 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 degradada (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 adequado crescimento microbiano (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.

As alterações ao longo das horas de colheita (Tabela 4) ocorreram porque o pH ruminal é influenciado pela ingestão de grãos, pela capacidade inerente ao 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 de hidrogênio (KRAUSE; OETZEL, 2006).

### **3.4.3 Balanço de nitrogênio**

O balanço de nitrogênio é um indicativo do metabolismo proteico e constitui importante parâmetro na avaliação dos alimentos (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 à resposta quadrática no CMS, como já discutido anteriormente. Como esperado, a maior excreção fecal de N pelos

animais que receberam as dietas contendo 5,2; 7,8 e 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  foi devido a menor digestibilidade da PB pelos animais destes tratamentos.

### 3.5 Conclusão

O teor de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  que impôs maior limitação ao CMS foi 13,0% da MS. Teores de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  a partir de 5,2% da MS podem ser considerados seguros para formulação de com alto teor de concentrado para terminação de cordeiros. As dietas com mais amido resultaram em maiores valores de digestibilidade e maior proporção molar de propionato, observando-se maior taxa de declínio na digestibilidade da MO nos teores de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  superiores a 5,2%. Com isso, o teor de 5,2%  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  que correspondeu à 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  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 grãos de milho moídos para terminação de cordeiros em confinamento.

### Referências

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.

ALLEN, M.S. Relationship between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447–1462, 1997.

ALMEIDA, J.C.S.; DE FIGUEIREDO, D.M.; DE AZEVEDO, K.K.; PAIXÃO, M.L.; RIBEIRO, E.G.; DALLAGO, G.M. Intake, digestibility, microbial protein production, and nitrogen balance of lambs fed with sorghum silage partially replaced with dehydrated fruit by-products. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 619–627, 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990, 1117p.

BANNINK, A.; FRANCE, J.; LOPEZ, S.; GERRITS, W.J.J.; KEBREAB, E.; TAMMINGA, S.; DIJKSTRA, J. Modelling the implications of feeding strategy on rumen fermentation and functioning of the rumen wall. **Animal Feed Science Technology**, v. 143, p. 3–26, 2008.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149–169, 2004.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, p. 130–132, 1962.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 2304–2323, 1992.

DIJKSTRA, J.; ELLIS, J.L.; KEBREAB, E.; STRATHE, A.B.; LÓPEZ, S.; FRANCE, J.; BANNINK, A. Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. **Animal Feed Science Technology**, v. 172, p. 22–33, 2012.

EMMANUEL, B.; LAWLOR, M.J.; MCALEESE, D. The effect of phosphate and carbonate-bicarbonate supplements on the rumen buffering systems of sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 24, p. 653–660, 1970.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120–4126, 2011a.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; QUEIROZ, M.A.A.; ARAUJO, R.C.; GENTIL, R.S.; LOERCH, S.C. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4127–4133, 2011b.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle, In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, San Antonio. **Proceedings** [...]. San Antonio: Texas A&M Reserch and Extension Center, 2002, p. 67-81.

GALYEAN, M.L.; HUBBERT, M.E. Review: Traditional and alternative sources of fiber-Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. **The Professional Animal Scientist**, v. 30, p. 571–584, 2011b.

HALL, M.B., 2000. **Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis**. University of Florida Extension – Institute of Food and Agricultural Sciences, Bulletin 339.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. **College of Agricultural Science**, v. DAS 02-42, p. 1–14, 2002.

HOLT, M.S.; WILLIAMS, C.M.; DSCHAAK, C.M.; EUN, J.S.; YOUNG, A.J. Effects of corn silage hybrids and dietary nonforage fiber sources on feed intake, digestibility, ruminal fermentation, and productive performance of lactating Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 5397-5407, 2010.

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. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1024–1032, 2002.

KLEEFISCH, M.T.; ZEBELI, Q.; HUMER, E.; KRÖGER, I.; ERTL, P.; KLEVENHUSEN, F. 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. **Archives of Animal Nutrition**, v. 71, p. 21–36, 2017.

KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, p. 215–236, 2006.

LANZAS, C.; SNIFFEN, C.J.; SEO, S.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 136, p. 167–190, 2007.

MERTENS, D.R., 2000. Physically effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2001, Lavras. **Anais [...]** Lavras: UFLA-FAEPE, 2001. p. 25-36.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463–1481, 1997.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In. FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION. FAHEY Jr., G.C ed. Am. Soc. Agron., Madison, WI, 1994, p. 450.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in Feedlot Cattle. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 23, p. 333–350, 2007.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1005–1028, 1997.

NOCEK, J.E.; HEALD, C.W.; POLAN, C.E. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 334–343, 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academy Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Predicting feed intake of food-producing** Washington: National Academy Press, 1987.

PITT, R.E.; VAN KESSEL, J.S.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; BARRY, M.C.; VAN SOEST, P.J. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 226–244, 1996.

PLAIZIER, J.C.; KRAUSE, D.O.; GOZHO, G.N.; MCBRIDE, B.W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. **The Veterinary Journal**, v. 176, p. 21–31, 2008.

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. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. **Scientia Agricola**, v. 78, e202000010, 2021.

SAS INSTITUTE. **SAS Systems for windows**, version 8.2 ed. SAS Inst., Cary, 1999.

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.S.; SOUZA, M.T.C.; VIEIRA, M.S.B.; PRAXEDES, R.F.; ALMEIDA, V.V.S.; OLIVEIRA, A.C.; RANGEL, A.H.N.; CARVALHO, F.F.R.; LIMA JÚNIOR, D.M. The replacement of grass hay by cassava foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1623-1639, 2019.

SUNG, H.G.; KOBAYASHI, Y.; CHANG, J.; HA, A.; HWANG, I.H.; HA, J.K. Low ruminal pH reduces dietary fiber digestion via reduced microbial attachment. **Asian-Australasian Journal of Anim Science**, v. 20, p. 200–207, 2007.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

WEIMER, P.J.; WAGHORN, G.C.; ODT, C.L.; MERTENS, D.R. Effect of diet on populations of three species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 122–134, 1999.

WEISS, C.P.; GENTRY, W.W.; MEREDITH, C.M.; MEYER, B.E.; COLE, N.A.; TEDESCHI, L.O.; MCCOLLUM, F.T.; JENNINGS, J.S. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 1707–1714, 2017.

XIE, B.; HUANG, W.; ZHANG, C.; DIAO, Q.; CUI, K.; CHAI, J.; WANG, S.; LV, X.; ZHANG, N. Influences of starter NDF level on growth performance and rumen development in lambs fed isocaloric and isonitrogenous diets. **Journal of Animal Science**, v. 98, skaa093, 2020.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Digestion and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 3410–3421, 2007.

YANG, W.Z.; Beauchemin, K.A. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 217–228, 2006.

## CAPÍTULO IV

### 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<sup>3</sup>

#### 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 para avaliar o efeito do fornecimento de seis teores de FDN fisicamente efetiva de forragem (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 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN<sub>fef</sub> em dietas à base de grãos de milho moídos (% da MS). O período experimental teve duração de 84 dias, sendo dividido em 3 subperíodos de 28 dias. Houve efeito quadrático para o CMS (kg/d;  $P = 0,03$ ) e GMD ( $P < 0,01$ ), cujos maiores valores foram encontrados no teor de 7,8% de FDN<sub>fef</sub>. Porém, a EA diminuiu linearmente ( $P = 0,03$ ). O tempo de ingestão aumentou linearmente ( $P < 0,001$ ) e o tempo de ruminação ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P < 0,001$ ) min/d apresentaram resposta quadrático, cujos maiores valores foram observados no teor de 7,8% de 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 o tempo de ingestão em min/g FDN apresentou efeito quadrático ( $P < 0,001$ ). Houve efeito quadrático para os tempos de ingestão ( $P < 0,0001$ ) e mastigação ( $P = 0,02$ ) expressos em min/g de FDN<sub>fef</sub>, em que os menores tempos foram observados nas dietas contendo de 5,2 a 10,4% FDN<sub>fef</sub>. O volume ruminal ( $P = 0,02$ ) e o peso do trato gastrointestinal cheio ( $P = 0,03$ ) apresentaram efeito quadrático, cujos maiores valores foram observados na inclusão de 10,4% de FDN<sub>fef</sub>. O peso corporal ao abate também foi afetado de forma quadrática ( $P < 0,01$ ), com os maiores valores observados para a dieta com 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;  $P < 0,01$ ). 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 o escore de marmoreio ( $P = 0,04$ ), peso de gordura peri-renal ( $P < 0,01$ ), AOL ( $P = 0,04$ ) e para o peso de costela ( $P = 0,01$ ), pernil ( $P < 0,01$ ) e lombo ( $P = 0,01$ ), comprimento interno de carcaça ( $P = 0,01$ ), índice de capacidade 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>. Em conclusão, o teor de 5,2% de FDN<sub>fef</sub> foi o mais vantajoso para formulação de dietas com alto teor de concentrado para cordeiros em confinamento.

Palavras-chave: Ovinos, Confinamento, Carcaça, Fibra, Exigência.

<sup>3</sup> Projeto de Auxílio à Pesquisa FAPESP (2018/07749), o qual resultou na dissertação de mestrado da Nathalia Rubio Eckermann, defendida em 02/12/2020 junto ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens – ESALQ/USP.

## Abstract

Sixty Dorper × Santa Inês ram 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 design to evaluate the effect of six levels of physically effective neutral detergent fiber of forage ( $\text{pefNDF}$ ) 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  $\text{pefNDF}$  in a ground corn-based diet (% of DM). The experimental period lasted 84 days, divided into 3 subperiods of 28 days. 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  $\text{pefNDF}$ . However, the FE linearly decreased ( $P = 0.03$ ). The time of ingestion increased linearly ( $P < 0.001$ ), but the times of rumination ( $P < 0.0001$ ) and chewing ( $P < 0.001$ ) min/d showed a quadratic effect, whose highest values were observed in the content of 7.8% of  $\text{pefNDF}$ . In min/g DM consumed, there was a linear effect for rumination ( $P < 0.0001$ ) and chewing ( $P < 0.0001$ ), while the time of ingestion in min/g NDF showed a quadratic effect ( $P < 0.001$ ). There was a quadratic effect for the times of ingestion ( $P < 0.0001$ ) and chewing ( $P = 0.02$ ) expressed in min/g of  $\text{pefNDF}$ , in which the shortest times were observed in diets containing 5.2 to 10.4 % of  $\text{pefNDF}$ . The ruminal volume ( $P = 0.02$ ) and the weight of the full gastrointestinal tract ( $P = 0.03$ ) showed a quadratic effect, whose highest values were observed with the inclusion of 10.4% of  $\text{pefNDF}$ . Slaughter BW also showed a quadratic effect ( $P < 0.01$ ), with the highest values observed for the diet with 7.8% of  $\text{pefNDF}$ . However, the highest HCW and CCW were observed for animals fed the diet containing 5.2% of  $\text{pefNDF}$  (quadratic effect;  $P < 0.01$ ). The HCY ( $P < 0.0001$ ) and CCY ( $P < 0.0001$ ) and body wall thickness ( $P < 0.01$ ) decreased linearly in response to increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . There was a quadratic response for marbling score ( $P = 0.04$ ), kidney fat weight ( $P < 0.01$ ), rib eye area ( $P = 0.04$ ) and for rib weight ( $P = 0.01$ ), 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 observed for diet with 5.2% of  $\text{pefNDF}$ . The 5.2% content of  $\text{pefNDF}$  was the most advantageous for formulating high-concentrate diets for feedlot lambs.

Keywords: Sheep, Feedlot, Carcass, Fiber, Requirement.

## 4.1 Introdução

Para terminação de cordeiros, com intuito de produzir 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 concentração 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  $FDN_{fe}$  de forragem ( $FDN_{fef}$ ).

Ao avaliar os efeitos de teores de FDN (15%, 20% e 25% de FDN) em dietas com alto teor de 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 e 21,70%, respectivamente), 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 (BERNARDES et al., 2015).

O teor de  $FDN_{fe}$  para manter o pH entre 5,7 e 6,0 (HOLT et al, 2010; PITT et al., 1996) foi definido como 22% de  $FDN_{fe}$  para bovinos leiteiros (HOLT et al., 2010) e 7,0% para bovinos de corte (FOX; TEDESCHI, 2002). Porém não existe um consenso sobre a exigência de FDN e  $FDN_{fe}$  para pequenos ruminantes. 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.

Com isso, o objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do fornecimento de dietas contendo teores crescentes de  $FDN_{fef}$  sobre o desempenho, características de

carcaça e comportamento ingestivo com intuito de definir a exigência mínima de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  para cordeiros em terminação recebendo dietas com alto teor de concentrado.

## **4.2 Material e Métodos**

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

O experimento foi conduzido nas instalações para confinamento de cordeiros 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.

Foram utilizados 60 cordeiros não castrados Dorper x 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 em baias cobertas (1 animal/baia) com piso de concreto e dimensões de 1,3 m x 3,5 m ao abrigo da chuva e luz solar direta, todas 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 subperíodos de 28 dias.

Os tratamentos experimentais foram definidos pela inclusão de 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13,0% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{ref}}$ ) em dietas à base de grãos de milho moídos (% da MS). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada em todas as dietas na proporção de 16 mg/kg de MS. As dietas 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. 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), provido de peneira com crivos de 10 mm. Posteriormente, o feno (excetuando a dieta ONDF<sub>ref</sub>) foi misturado ao milho moído, farelo de soja, ureia, calcário, mistura mineral, cloreto amônia e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato, Limeira, São Paulo, Brasil). Diariamente, as rações foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas *ad libitum*.

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

(continua)

Ingredientes, % da MS	FDN <sub>ref</sub> (% da MS) <sup>1</sup>					
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
Feno de <i>coastcross</i>	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, % da MS <sup>3</sup>						
MS	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5
MM	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1
PB	14,1	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7
EE	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8
FDN	10,0	13,3	16,6	19,9	23,2	26,5
FDN <sub>ref&gt;1,18 mm</sub>	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
FDN <sub>ref&gt;4 mm</sub>	0	2,2	4,5	6,8	9,0	11,3
FDN <sub>fed&gt;1,18 mm</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
Amido	57,7	56,0	52,2	48,2	37,6	29,1
EM, Mcal/kg <sup>4</sup>	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

(conclusão)

Ingredientes	FDN <sub>fed</sub> (% da MS) <sup>1</sup>					
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0
<i>Penn State Particle Separator – Retido, %<sup>5</sup></i>						
<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
TMP a 1,18 mm	2,15	2,16	2,23	2,40	2,60	2,57
TPM a 4 mm	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 fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>fed</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 em detergente neutro; FDN<sub>fed</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 1,18 mm; FDN<sub>fed</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 4 mm; FDN<sub>fed</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total a 1,18 mm; FDN<sub>fed</sub>>4mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da dieta total a 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>TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TPM a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm.

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

Item <sup>1</sup>	%MS	%PB	%EE	%FDN	%MM	%CNF	FDN <sub>fe</sub> 1,18 mm	FDN <sub>fe</sub> 4 mm
Feno de <i>coastcross</i>	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>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem a 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>> 4mm: fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva da foragem a 4 mm.

Os cordeiros de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo as respectivas dietas experimentais (ração total), considerando que foram provenientes de um sistema intensivo de produção, e desde a segunda semana de vida consumiram concentrado inicial com 100% de concentrado em alimentadores privativos, o que dispensou um período de adaptação às dietas experimentais.

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 posterior 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 calculada a eficiência alimentar (EA, em que  $EA = \text{kg de GMD/kg de CMS}$ ).

#### **4.2.3 Comportamento ingestivo**

Ao final de cada período experimental foi realizada 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; GRANT, 1994). Os tempos de ingestão, ruminação e mastigação foram também expressos em min/g de matéria seca consumida, min/g de FDN consumida e min/g de FDN<sub>fe</sub> consumida. Para isso, a sobra de cada animal correspondente ao dia da observação do comportamento ingestivo foi colhida, amostrada (10%) por tratamento e conservada a -20 °C para posterior análise.

#### **4.2.4 Análises laboratoriais bromatológicas**

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Reprodução 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, São Paulo, 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, EUA), conforme a AOAC (1997), e posteriormente multiplicada 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, EUA; 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, EUA; 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 ou 4,0 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 (Vacurette, Greiner Bio-One). As amostras de sangue colhidas em tubos com anti-coagulante (EDTA) e fluoreto de potássio foram direcionadas para a dosagem de ureia, lactato e glicose. As amostras de sangue nos tubos sem anti-coagulante foram utilizadas para determinação de insulina, aspartato-aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT). Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas a 3.000 × g a 20 °C por 15 minutos para separação do soro sanguíneo, uma alíquota correspondente a cada análise e animal foi identificada, armazenada em minitubos Eppendorf, e congeladas a -20 °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, São Paulo, Brasil), utilizando-se kit comercial (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

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

Para determinação das concentrações de glicose utilizou-se o kit enzimático GLICOSE HK LIQUIFORM – Ref.: 85 (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Minas Gerais, 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 e 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 (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, MG, Brasil), 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, São Paulo, Brasil).

#### **4.2.5.3 Insulina**

As dosagens hormonais de insulina foram realizadas utilizando o método de quimilumenescência automatizada (Immulate 1000, Siemens Healthcare Diagnostics, Deerfield, IL, EUA) através de Kit comercial do Immulate 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, Minas Gerais, Brasil), por espectrofotometria de ponto final, utilizando-se filtro de absorvância de 550 nm em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA – 200 (Celm, Barueri, São Paulo, 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 foi incubada por 7 minutos a 25 °C para posterior leitura.

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

Ao final do período de confinamento os animais foram abatidos. 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 e as vísceras vermelhas (fígado, pulmão-traqueia, baço, coração) foram pesadas individualmente.

O rúmen-retículo teve seu volume mensurado através do enchimento com 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), a densidade da água considerada foi 1 kg/litro. Em seguida os componentes do trato gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino grosso e intestino delgado) foram limpos e pesados individualmente.

As carcaças quentes foram 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) foi calculada 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 foi 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 foi 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 foi medida 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; SOUSA, 2007). O índice de compacidade da carcaça foi calculado por meio da relação entre o comprimento interno da carcaça e o peso de carcaça fria. Em seguida, a carcaça foi separada nos cortes principais (paleta, matambre, costela, pescoço, pernil, rabo e lombo), os quais foram pesados em balança de precisão.

#### 4.2.7 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do programa 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  $FDN_{ref}$  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 dietas x períodos experimentais para as variáveis relacionadas ao desempenho (Tabela 3). Houve efeito quadrático para o CMS (kg/d;  $P = 0,03$ ) e GMD ( $P < 0,01$ ) sendo os maiores valores observados para os cordeiros alimentados com a dieta contendo 7,8% de  $FDN_{ref}$ , enquanto que o menor ganho

ocorreu para o tratamento com maior inclusão de FDN<sub>ref</sub> (13,0%). Não houve efeito para o CMS quando avaliado em relação ao PC (% do PC ou g/kg de PC<sup>0,75</sup>). A inclusão dos teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> diminuiu linearmente (P = 0,03) a EA dos cordeiros.

Em relação ao peso corporal dos cordeiros houve efeito quadrático nos dias 28 (P < 0,01), 56 (P < 0,01) e 84 (P < 0,01). A inclusão de 2,6% de FDN<sub>ref</sub> resultou em maior PC ao final do primeiro período, enquanto que a inclusão de 7,8% de FDN<sub>ref</sub> promoveu os maiores PC nos períodos subsequentes.

Tabela 3 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{ref}}$ ) nas dietas sobre o desempenho de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{\text{ref}}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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, g/kg de PC <sup>0,75</sup>	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 fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{ref}}$ ; % 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, g/kg de PC<sup>0,75</sup>: consumo de matéria seca em relação ao peso metabólico; 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 de ingestão (min/d) aumentou linearmente ( $P < 0,001$ ) com o aumento no teor de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  nas dietas experimentais. Os tempos de ruminação e mastigação (min/d) apresentaram resposta quadrática ( $P < 0,0001$  e  $P < 0,001$ , respectivamente), em que o maior tempo despendido nessas atividades correspondeu a dieta contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . Houve efeito quadrático ( $P < 0,001$ ) para o tempo em ócio (min/d). O tempo gasto com consumo de água não foi afetado pelos tratamentos (Tabela 4).

Para os tempos de ruminação e mastigação expressos em min/g de MS e para os tempos de ingestão, ruminação e mastigação expressos em min/g de FDN e em min/g de  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  observou-se interação entre as dietas e os períodos experimentais ( $P < 0,05$ ), então para estas variáveis os dados foram desdobrados e apresentados nas Figuras 1, 2 e 3. Apesar da interação, nos três períodos experimentais houve aumento linear ( $P < 0,0001$ ) nos tempos de ruminação e mastigação expressos em min/g de MS em resposta aos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  (Figura 1ab). O tempo de ingestão em min/g de FDN apresentou resposta quadrática ( $P < 0,02$ ), sendo que nos três períodos experimentais os menores valores foram observados com a inclusão de 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  nas dietas (Figura 2a).

Nos períodos 1 e 3 não houve efeito dos tratamentos sobre o tempo de ruminação em min/g de FDN, contudo, no período 2 houve efeito cúbico ( $P = 0,02$ ) dos teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  sobre esta variável (Figura 2b). Nos períodos 1 e 3 o tempo de mastigação em min/g de FDN (Figura 2c) e em min/g de  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  (Figura 3c) diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ) e no período 2 apresentou resposta cúbica ( $P = 0,01$ ) em resposta aos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . O tempo de ingestão em min/g de  $\text{FDN}_{\text{fe}}$  apresentou resposta cúbica ( $P = 0,04$ ) no período 1, resposta quadrática ( $P < 0,0001$ ; menor valor na dieta com 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ ) no período 2 e decréscimo linear ( $P < 0,001$ ) no período 3 com o aumento nos teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  (Figura 3a). Por sua vez, o tempo de ruminação expresso em min/g de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  não foi afetado pelos tratamentos no período 1, contudo apresentou resposta cúbica ( $P < 0,01$ ) no período 2 e decréscimo linear ( $P < 0,01$ ) no período 3 conforme aumentou os teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  das dietas (Figura 3b).

Tabela 4 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) nas dietas sobre o comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$\text{FDN}_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q	P	D*P
Ingestão, min/d	174,6	164,7	187,5	194,5	197,9	220,2	13,45	0,001	0,43	<0,0001	0,45
Ruminação, min/d	167,0	288,8	379,9	460,2	453,5	473,7	18,18	<0,0001	<0,0001	<0,01	0,06
Mastigação, min/d	346,1	453,5	565,1	654,7	647,7	700,8	21,11	<0,0001	<0,001	<0,0001	0,18
Ócio, min/d	1085,4	973,5	867,6	778,3	784,3	731,3	21,36	<0,0001	<0,001	<0,0001	0,20
Água, min/d	7,45	12,81	6,12	7,17	8,00	7,67	1,63	0,32	0,90	0,01	0,40
Ingestão, min/g MS	0,178	0,149	0,246	0,165	0,169	0,224	0,04	0,52	0,89	<0,0001	0,37

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ; % 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.

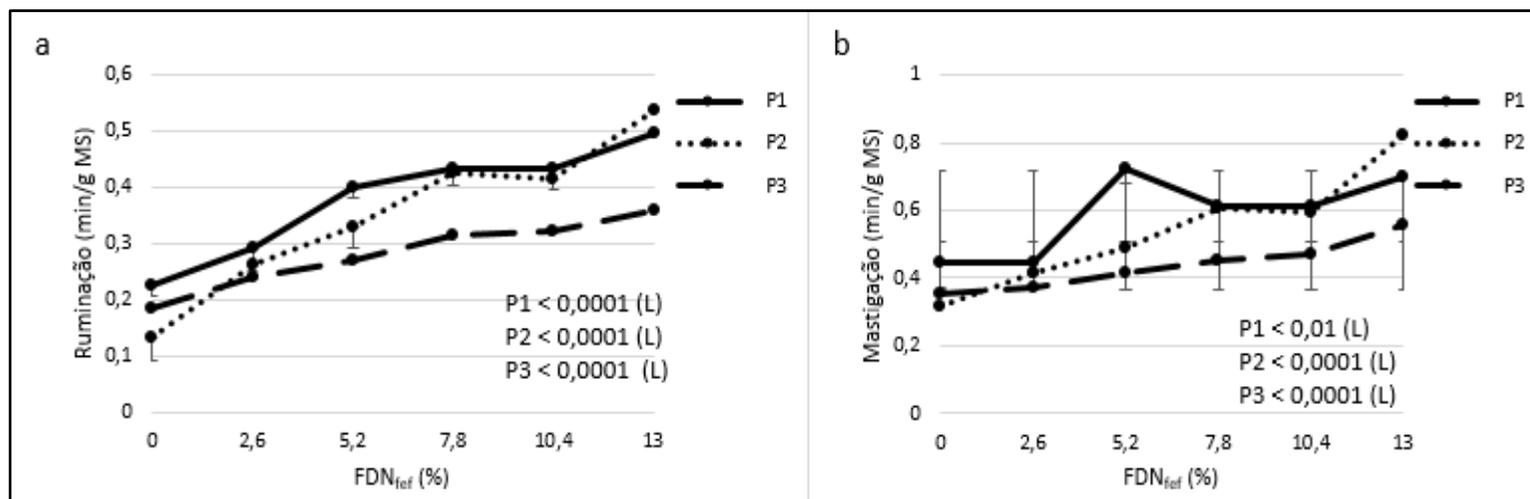


Figura 1 - Tempo de ruminação (a) e mastigação (b) em min/g de MS consumida por cordeiros em terminação alimentados com dietas contendo teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> nos períodos experimentais 1 (P1), 2 (P2) e 3 (P3).

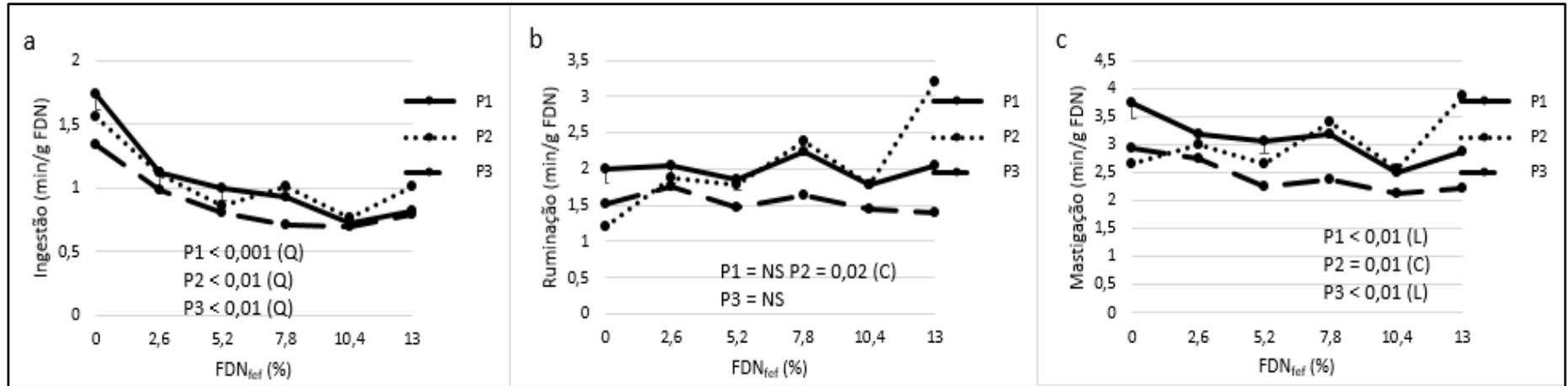


Figura 2 - Tempo de ingestão (a), ruminação (b) e mastigação (c) em min/g de FDN consumida por cordeiros em terminação alimentados com dietas contendo teores crescentes de FDN<sub>fef</sub> nos períodos experimentais 1 (P1), 2 (P2) e 3 (P3).

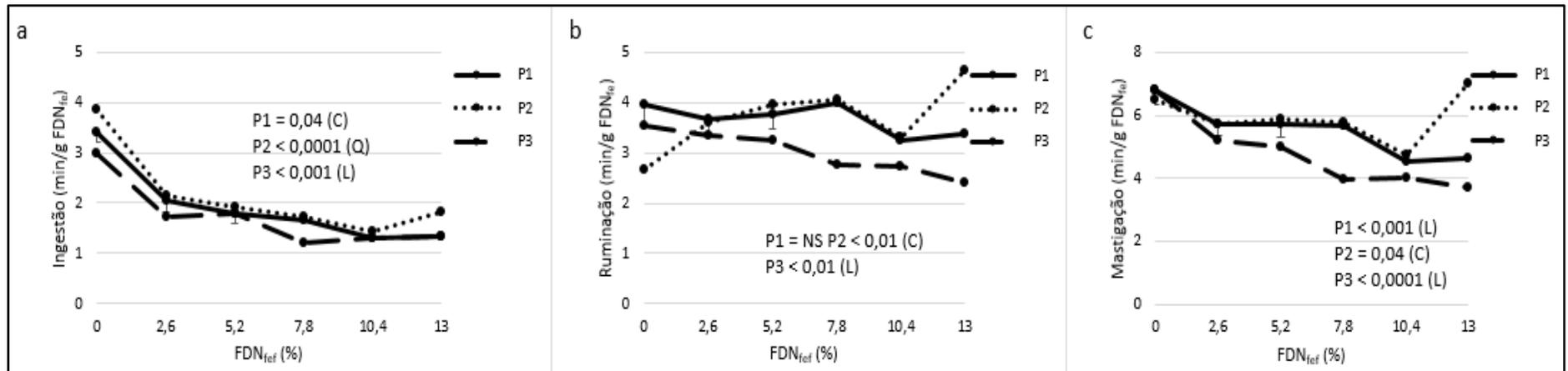


Figura 3 - Tempo de ingestão (a), ruminação (b) e mastigação (c) em min/g de FDN<sub>fe</sub> consumida por cordeiros em terminação alimentados com dietas contendo teores crescentes de FDN<sub>fef</sub> nos períodos experimentais 1 (P1), 2 (P2) e 3 (P3).

### 4.3.3 Parâmetros sanguíneos

Para os parâmetros sanguíneos não houve interação entre os tratamentos e os períodos experimentais, bem como não houve efeito dos tratamentos (Tabela 5). Contudo, houve tendência ( $P = 0,05$ ) de aumento linear na concentração de ALT em resposta aos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  nas dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) nas dietas sobre os parâmetros sanguíneos de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$\text{FDN}_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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 fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ; % 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 carcaça**

Não houve efeito dos tratamentos sobre os pesos do abomaso, intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), assim como sobre as proporções destes componentes em relação ao trato gastrointestinal (% do TGIV; Tabela 6). Contudo, o peso e a proporção (% do TGIV) do rúmen diminuiu linearmente com o aumento nos teores de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ . Por sua vez, os maiores pesos e proporções (% do TGIV) do retículo e do omaso 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 ( $P = 0,03$ ) foi observado para os animais alimentados com a dieta contendo 10,4% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ .

Tabela 6 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ ) nas dietas sobre o peso e proporção dos componentes do trato gastrintestinal de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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 dos componentes do trato gastrintestinal, kg										
TGI cheio	10,14	10,48	11,30	12,69	12,73	11,97	0,57	<0,0001	0,02	0,03
TGI vazio	2,58	2,59	2,48	2,70	2,61	2,40	0,12	0,46	0,27	0,14
Rúmen	1,11	1,01	0,95	1,02	0,96	0,88	0,06	<0,01	0,79	0,10
Retículo	0,09	0,09	0,11	0,12	0,11	0,11	0,01	<0,001	<0,01	0,73
Omaso	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,01	<0,01	0,01	0,62
Abomaso	0,17	0,20	0,16	0,20	0,18	0,16	0,01	0,74	0,22	0,89
ID	0,57	0,65	0,61	0,69	0,70	0,63	0,04	0,07	0,14	0,51
IG	0,52	0,51	0,51	0,53	0,54	0,48	0,05	0,75	0,61	0,40
Ceco	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	<0,01	0,32	0,59	0,42
Proporção dos componentes do trato gastrintestinal, %										
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 FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ ; % 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 gastrintestinal; ID: intestino delgado; IG: intestino grosso.

O peso do fígado ( $P = 0,03$ ), omento ( $P < 0,01$ ) e coração ( $P < 0,01$ ) foi afetado de forma quadrática pelos tratamentos. O maior peso do fígado foi observado para os animais que receberam a dieta com 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ , por sua vez, o coração e o omento foram mais pesados quando os animais foram alimentados com a dieta contendo 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ . O peso dos rins diminuiu linearmente ( $P = 0,04$ ) com o aumento nos teores de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (Tabela 7).

Tabela 7 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ ) nas dietas sobre o peso das vísceras de cordeiros em confinamento.

Itens	$FDN_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>	
	0	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0		L	Q
Peso, kg									
Fígado	0,97	0,98	0,97	0,97	0,95	0,94	0,06	0,01	0,03
Pulmão e traqueia	0,58	0,55	0,53	0,61	0,58	0,54	0,03	0,97	0,70
Rim	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,01	0,04	0,93
Omento	0,91	0,86	1,04	0,93	0,74	0,51	0,10	<0,01	<0,01
Baço	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,06	0,01	<0,01	0,20
Coração	0,20	0,20	0,21	0,19	0,20	0,17	0,01	<0,01	<0,01

<sup>1</sup>Dietas contendo 0; 2,6; 5,2; 7,8; 10,4 ou 13% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ , % 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  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (efeito quadrático;  $P < 0,01$ ) (Tabela 8). Contudo, o maior PCQ e PCF foi observado para os animais alimentados com a dieta contendo 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (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 ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ), cujos valores diminuíram linearmente ( $P < 0,0001$ ) em resposta aos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  nas dietas.

A espessura de parede corporal (EPC) diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ), enquanto que o escore de marmoreio (EM;  $P = 0,04$ ) e o peso da gordura peri-renal (GPR;  $P < 0,01$ ) apresentaram resposta quadrática aos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ , não havendo efeito dos tratamentos sobre a espessura de gordura subcutânea (EGS). De forma coerente ao maior peso de carcaça, os animais que receberam a dieta com 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  apresentaram maior (efeito quadrático) escore de marmoreio (EM;  $P = 0,04$ ), peso de gordura peri-renal (GPR;  $P < 0,01$ ) e área de olho de lombo (AOL;  $P = 0,04$ ) (Tabela 8). De forma similar ao observado para EGS, não houve efeito dos tratamentos sobre as perdas por resfriamento (PPR).

Tabela 8 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) nas dietas sobre o peso ao abate e características de carcaça de cordeiros em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{ref}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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 fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ , % 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 ( $P = 0,01$ ), pernil ( $P < 0,01$ ) e lombo ( $P = 0,01$ ), 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  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  nas dietas reduziu linearmente ( $P < 0,1$ ) o peso da paleta. Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso de pescoço, matambre e rabo (Tabela 9).

Tabela 9 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ ) nas dietas sobre o peso dos cortes das carcaças de cordeiros terminados em confinamento.

Itens	$FDN_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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 fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{fef}}$ , % 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 10). Entretanto, o comprimento interno de carcaça (CIC) apresentou resposta quadrática ( $P = 0,01$ ), cujos maiores valores foram observados para os animais alimentados com a dieta contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ . Além dessas variáveis, o índice de compactidade da carcaça (ICC;  $P < 0,01$ ) e o perímetro torácico (PT;  $P < 0,01$ ) também apresentaram efeito quadrático, em que o maior valor foi encontrado na inclusão de 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ .

Tabela 10 - Efeito do teor de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) nas dietas sobre as características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>						EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <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 fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ; % 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 compactidade 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 ruminal (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. 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 CMS. 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 6 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, respectivamente. Este aumento progressivo no enchimento do TGI indica que os animais buscaram contrabalancear a menor concentração 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 com alto teor de concentrado contendo diferentes teores de fibra para ovinos, contudo, os dados do presente experimento são coerentes com as 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. Concentrações mais elevadas de energia em uma dieta promovem redução na relação acetato:propionato e aumentam a disponibilidade de energia metabolizável para os animais. Isso ocorre devido à 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).

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. Cordeiros criados neste sistema aumentam gradativamente o consumo de concentrado com o avançar da idade podendo ser desmamados e submetidos diretamente à dieta de terminação rica em concentrado (>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 específico no início do confinamento, o que é indispensável para animais oriundos de sistemas de cria à base de forragem.

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

#### **4.4.2 Comportamento ingestivo**

O aumento do tempo de ingestão expresso em min/d em resposta ao aumento no teor de  $FDN_{fef}$  das dietas, pelo menos em parte, pode ser explicado pelo aumento no CMS (efeito quadrático,  $P = 0,03$ ; Tabela 1), um vez que o tempo de ingestão expresso em min/g de MS consumida não foi afetado pelos tratamentos (Tabela 4). Como esperado, o aumento no tempo de ruminação e mastigação expresso em min/d

teve relação direta com o aumento no teor de  $FDN_{fe}$  e  $FDN_{ref}$  das dietas (Tabela 1), o que reafirma a importância da fibra originária de forragem em estimular estas atividades, podendo ter reflexo direto na produção de saliva e manutenção do pH ruminal adequado. A diminuição no tempo de mastigação em min/g de FDN (Figura 2c) e em min/g de  $FDN_{fe}$  (Figura 3c) denota que quando expostos a dietas com teor limitado de fibra os animais potencializam a mastigação.

#### 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 mudanças bruscas na dieta, pode causar danos às células hepáticas e vazamento de enzimas no sangue, aumentando seus níveis. A concentração de ALT e AST não foi afetada pelos tratamentos e permaneceu dentro dos intervalos de referência estabelecidos por Kaneko et al. (2008). Portanto, pode-se inferir que não houve disfunção hepática, além de demonstrar que a ausência de  $FDN_{ref}$ , mesmo em dieta 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).

A concentração de glicose e ureia também não foi afetada pelos tratamentos, 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) (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 ruminal. 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 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.

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

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  $FDN_{fef}$ , tendo em vista o decréscimo linear no rendimento de carcaça em resposta ao aumento no teor de  $FDN_{fef}$  das dietas. Em decorrência do maior peso final, os animais alimentados com a dieta contendo 5,2% de  $FDN_{fef}$  apresentassem os maiores pesos dos cortes nobres, costela, pernil e lombo, o que pode ser utilizado como referência para recomendar este teor de fibra como mais adequado para formulação de dietas de terminação de cordeiros, mesmo tendo a dieta contendo 7,8% de  $FDN_{fef}$  proporcionado maior GMD.

Assim como observado por Xie et al. (2020), no presente estudo, o peso e a porcentagem do rúmen em relação ao trato digestivo total diminuiu com o aumento nos teores de  $FDN_{fef}$ . A diminuição do peso do rúmen pode ser explicada pela diminuição do teor de carboidratos não fibrosos nas dietas com maiores teores de  $FDN_{fef}$ , os quais são consideradas promotores do desenvolvimento do epitélio ruminal a partir dos AGCC. Além disso, os animais que apresentaram rúmen mais pesado (de 0 a 5,2% de  $FDN_{fef}$ ) 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 com maiores teores de concentrado.

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<sub>ref</sub>) foram os que apresentaram menor volume ruminal e conseqüentemente menor peso de TGI cheio.

O peso do fígado e do coração acompanhou o observado para o GMD 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 8) foram influenciadas pelo CMS (Tabela 3) e pela diminuição da concentração energética da dieta em resposta ao aumento no teor de FDN<sub>ref</sub>. Sob uma condição de aumento da concentração energética da dieta, o crescimento muscular e as taxas de deposição de gordura aceleram, resultando em diminuição no peso relativo das vísceras (WANG et al., 2020). Segundo Nascimento et al. (2020), esse efeito está diretamente relacionado ao desempenho animal. Além disso, dietas com maiores teores 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.

O efeito negativo da elevação no teor de fibra da dieta sobre o rendimento de carcaça pode ser visto comparando experimentos que forneceram dietas com alto teor de 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). Os resultados do presente experimento claramente indicaram que o limite máximo de inclusão de FDN<sub>ref</sub> na dieta para que não haja maior comprometimento do rendimento de carcaça é 5,2% da MS.

A espessura de parede corporal foi maior para os animais que receberam as dietas com maior concentração 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 foi afetada pelos tratamentos, o que é consistente com a ausência de efeito dos tratamentos sobre as perdas por resfriamento.

A AOL, gordura perirenal e escore de marmoreio foram influenciados 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. A AOL tem sido utilizada tradicionalmente como uma boa estimativa da musculabilidade, por sua vez 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; SOUSA, 2007). No presente estudo os cortes de maior valor agregado, costela, pernil e lombo obtiveram essas respostas relacionadas ao peso de abate (Tabela 9).

#### 4.5 Conclusão

Apesar dos animais que receberam as dietas contendo 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  terem apresentado GMD ligeiramente inferior aos que receberam a dieta contendo 7,8% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ , devido ao maior rendimento de carcaça, o teor de 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  possibilitou maior peso de carcaça. Soma-se a isso o fato de que nenhum dos parâmetros sanguíneos indicou comprometimento na saúde dos animais. Portanto, é possível recomendar o teor de 5,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  como adequado para formulação de dietas com alto teor de concentrado 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 13,0% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$ . 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. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2020.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990, 1117p.

BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 2117–2129, 2005.

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. Consumption, performance and economic analysis of the feeding of lambs finished in feedlot as the use of high-grain diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 1684–1692, 2015.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149–169, 2004.

CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. 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.; GILAVERTÉ, S., PARENTE, M.O.M.; BIEHL, M.V.; RIBEIRO, C.V.M. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Livestock Science**, v. 163, p. 51–61, 2014.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120–4126, 2011.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle, In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, San Antonio. **Proceedings** [...]. San Antonio: Texas A&M Reserch and Extension Center, 2002, p. 67-81.

GALLO, S.B.; BROCHADO, T.; ARIBONI BRANDI, R.; DA SILVA BUENO, I.C.; PASSARELI, D.; BIRGEL, D.B.; BIRGEL JUNIOR, E.H. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. **Tropical Animal Health and Productio**, v. 51, p. 767–773, 2019.

GARCIA, I.F.F.; COSTA, T.I.R.; ALMEIDA, A.K.; PEREIRA, I.G.; ALVARENGA, F.A.P.; LIMA, N.L.L. Performance and carcass characteristics of Santa Inês pure lambs and crosses with Dorper e Texel at different management systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1313–1321, 2010.

GASTALDELLO JR., L.A.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponeantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556–562, 2010.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. **College of Agricultural Science**. DAS 02-42, 1–14.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. Academic Press, 2008, 928 p.

KARAPINAR, T.; KAYNA, O.; HAYIRLI, A.; KOM, M. Evaluation of 4 point-of-care units for the determination of blood L-lactate concentration in cattle. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 42, p. 1, 2013.

KELES, G.; KOCAMAN, V.; USTUNDAG, A.O.; ZUNGUR, A.; OZDOGAN, M. Growth rate, carcass characteristics and meat quality of growing lambs fed buckwheat or

maize silage. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 31, p. 522–528, 2018.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**, 3rd ed. UFSM, 2019.

MANARELLI, D.M.; ORRICO, M.A.P.; RETORE, M.; VARGAS, F.M.; SILVA, M.S.J.; ORRICO, A.C.A.; BORQUIS, R.R.A.; CRONE, C.; OLIVEIRA NEVES, F. Productive performance and quantitative carcass traits of lambs fed saccharine sorghum silage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00577, 2019.

MELLO, R.R.C.; MOREIRA, E.M.; POLIZEL, D.M.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; BIAVA, J.S.; FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V. Wet citrus pulp in finishing diets for feedlot lambs : performance and hepatic enzyme concentration. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 57, e161434, 2020.

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; PIRES, A. V.; NUSSIO, L.G.; ARAUJO, R.C.; RIBEIRO, M.F. Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com cana-de-açúcar ensilada ou *in natura*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 733–740, 2008.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463–1481, 1997.

NASCIMENTO, C.O.; SANTOS, S.A.; PINA, D.S.; TOSTO, M.S.L.; PINTO, L.F.B.; EIRAS, D.N.; ASSIS, D.Y.C; PERAZZO, A.F.; ARAÚJO, M.L.M.L.; AZEVÊDO, J.A.G.; MOURÃO, G.B.; CARVALHO, G.G.P. Effect of roughage-to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance of feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 182, p. 15–21, 2020.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 8<sup>th</sup> Rev. Ed. Washington: National Academy Press, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academy Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nacional Research Council Nutrient requeriments of dairy cattle**. Washington: National Academy Press, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Sheep**. Washington: National Academy Press, 1985.

PITT, R.E.; VAN KESSEL, J.S.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; BARRY, M.C.; VAN SOEST, P.J. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 226–244, 1996.

POLIZEL, D.M.; MARTINS, A.S.; MISZURA, A.A.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; BERTOLONI, A.V.; OLIVEIRA, G.B.; BARROSO, J.P.R.; FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. **Scientia Agricola**, v. 78, e202000010, 2021.

QUEIROZ, M.A.Á.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ALMEIDA, O.C.; AMARAL, R.C.; MOURÃO, G.B. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193–1200, 2008.

SAS INSTITUTE, 1999. **SAS Systems for windows**, Version 8.2 ed. SAS Inst., Cary, NC.

SCHMID, M.; FOSTNER, L., 1986. Laboratorie testing in veterinary medicine diagnosis in the clinical monitoring. Mannheim Boehringer.

HOLT, M.S.; WILLIAMS, C.M.; DSCHAAK, C.M.; EUN, J.S.; YOUNG, A.J. Effects of corn silage hybrids and dietary nonforage fiber sources on feed intake, digestibility, ruminal fermentation, and productive performance of lactating Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 5397-5407, 2010.

SILVA, J.F.S.; SOUZA, M.T.C.; VIEIRA, M.S.B.; PRAXEDES, R.F.; ALMEIDA, V.V.S.; OLIVEIRA, A.C.; RANGEL, A.H.N.; CARVALHO, F.F.R.; LIMA JÚNIOR, D.M. The replacement of grass hay by cassava foliage hay or spineless cactus improves lamb performance. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1623-1630, 2020.

SUASSUNA, J.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; AZEVEDO, P.S.; SOUSA, W.H.; PINHO, R.M.A.; FARIAS RAMOS, J.P.; BEZERRA, H.F.C. Carcass characteristics of lambs fed diets containing silage of different genotypes of sorghum. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 80–85, 2014.

TOLEDO, A.F.; 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. Whole-flint corn grain or tropical grass hay free choice in the diet of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.103, p. 10083-10098, 2020.

TURINO, V.F.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; MORAIS, J.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. Casca de soja na alimentação de cordeiros confinados: desempenho e características da carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 495-504, 2012.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

VASCONCELOS, G.A.; VÉRAS, R.M.L.; VÉRAS, A.S.C.; CARVALHO, F.F.R.; SILVA, J.L.; CARDOSO, D.B.; SOUZA, E.J.O.; MACIEL, M.V. Replacement of corn by cassava dregs in lambs' diet. **Small Ruminant Research**, v. 181, p. 1–5, 2019.

WANG, Q.; WANG, Y.; HUSSAIN, T.; DAI, C.; LI, J.; HUANG, P.; LI, Y.; DING, X.; HUANG, J.; JI, F.; ZHOU, H.; YANG, H. Effects of dietary energy level on growth performance, blood parameters and meat quality in fattening male Hu lambs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, p. 418–430, 2020.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 513–521.

XIE, B.; HUANG, W.; ZHANG, C.; DIAO, Q.; CUI, K.; CHAI, J.; WANG, S.; LV, X.; ZHANG, N. Influences of starter NDF level on growth performance and rumen development in lambs fed isocaloric and isonitrogenous diets. **Journal of Animal Science**, v. 98, skaa093, 2020.



## CAPÍTULO V

### 5 EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM ( $FDN_{fef}$ ) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E FERMENTAÇÃO RUMINAL<sup>4</sup>

#### Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de teores crescentes de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a fermentação ruminal. Foram utilizados 30 borregos mestiços (Dorper x Santa Inês), castrados, com peso médio inicial de  $30,14 \pm 3,01$  kg e aproximadamente 3 meses de idade, canulados no rúmen. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados (5 tratamentos e 6 blocos), definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $0FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem;  $3,6FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de  $FDN_{fef}$ ;  $7,2FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $10,8FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de  $FDN_{fef}$ . Não houve efeito dos tratamentos sobre o CMS. O aumento no teor de  $FDN_{fef}$  reduziu a digestibilidade da MS, MO ( $P = 0,04$ ) e NDT ( $P = 0,0006$ ). As dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não à  $FDN_{fef}$  apresentaram maior digestibilidade da MS e MO ( $P < 0,001$ ) em relação a dieta CONT. Adicionalmente, a dieta  $0FDN_{fef}$  apresentou maior NDT ( $P < 0,001$ ) e EM ( $P < 0,001$ ) em relação a dieta CONT. Houve efeito quadrático ( $P = 0,04$ ) dos teores de  $FDN_{fef}$  na concentração total dos AGCC, cuja menor concentração foi observada para dieta  $3,6FDN_{fef}$ . Houve interação dietas x horas ( $P < 0,001$ ) para o pH ruminal, sendo que nas horas 9 ( $P = 0,04$ ) e 12 ( $P = 0,003$ ) após a alimentação os cordeiros que receberam a dieta CONT apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com a dieta  $0FDN_{fef}$ . Além disso, nas horas 9 ( $P = 0,0064$ ), 12 ( $P < 0,0001$ ) e 16 ( $P = 0,014$ ) os cordeiros da dieta CONT também apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a  $FDN_{fef}$ . Na hora 24, observou-se aumento linear ( $P = 0,02$ ) no pH ruminal em resposta ao aumento nos teores de  $FDN_{fef}$ . A concentração ruminal de propionato foi inferior ( $P = 0,04$ ) para os animais que receberam a dieta CONT quando comparados aos que receberam a dieta  $0FDN_{fef}$ . Nas dietas com milho inteiro não é recomendada adição de  $FDN_{fef}$ , tendo em vista que não foi observado benefício sobre a digestibilidade dos nutrientes, a fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio. A dieta com milho inteiro sem forragem mostrou-se muito adequada para uso na terminação de cordeiros, principalmente por ter potencializado a digestibilidade da MS e MO, sem indícios clínicos de acidose ruminal.

Palavras-chave: Ovinos, Confinamento, Rúmen, Dieta sem forragem.

<sup>4</sup> Projeto de Auxílio à Pesquisa FAPESP (2018/07749), o qual resultou na dissertação de mestrado do Matheus Sousa de Paula Carlis, defendida em 25/03/2021 junto ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens – ESALQ/USP.

## Abstract

The present study aimed to evaluate increasing levels of physically effective neutral detergent fiber of forage ( $\text{pefNDF}$ ) in a whole corn grain-based diet on DMI, apparent digestibility of nutrients, nitrogen balance, and ruminal fermentation. Thirty ruminally cannulated Dorper  $\times$  Santa Inês ram lambs, castrated, with  $30.14 \pm 3.01$  kg of initial BW and approximately 3 mo old were used. The experimental design was in a randomized complete block (5 treatments and 6 blocks), defined by BW and age at the beginning of the experiment. The experimental diets were: CONT (positive control) – ground corn-based diet with 7.2% of  $\text{pefNDF}$ ;  $0_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet without forage;  $3.6_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 3.6% of  $\text{pefNDF}$ ;  $7.2_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 7.2% of  $\text{pefNDF}$ ;  $10.8_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 10.8% of  $\text{pefNDF}$  (DM basis). There was no effect of treatments on DMI. The increasing levels of  $\text{pefNDF}$  decreased the digestibility of DM, OM ( $P = 0.03$ ) and TDN ( $P < 0.001$ ). Whole corn grain-based diets associated or not with  $\text{pefNDF}$  showed higher digestibility of DM and OM ( $P < 0.01$ ) than CONT. Additionally,  $0_{\text{pefNDF}}$  showed higher digestibility of TDN ( $P < 0.01$ ) and ME ( $P < 0.01$ ) than CONT. The propionate concentration of lambs fed CONT was lower than  $0_{\text{pefNDF}}$  ( $P = 0.04$ ), while the isobutyrate concentration was higher ( $P = 0.01$ ) for lambs on the CONT compared to lambs that received the other diets. Total SCFA concentration showed a quadratic ( $P = 0.05$ ) response, with the lowest value observed for the  $3.6_{\text{pefNDF}}$ . There were diets  $\times$  hour's interaction for ruminal pH, so it was observed that at hours 9 ( $P = 0.04$ ) and 12 ( $P < 0.01$ ) after feeding the lambs fed with the CONT had a lower ruminal pH than those fed  $0_{\text{pefNDF}}$ . Additionally, at hours 9 ( $P < 0.01$ ), 12 ( $P < 0.0001$ ) and 16 ( $P = 0.01$ ) the lambs on the CONT also had lower ruminal pH compared to lambs fed diets with whole corn associated with  $\text{pefNDF}$ . At hour 24, a linear ( $P = 0.02$ ) increase in ruminal pH was observed in response to increasing levels of  $\text{pefNDF}$ . In diets with whole corn, the addition of  $\text{pefNDF}$  is not recommended, considering that no benefits were observed on the digestibility of nutrient, ruminal fermentation and nitrogen balance. The diet with whole corn without forage proved to be very suitable for finishing lambs, mainly because it enhanced DM and OM digestibility, without clinical evidence of ruminal acidosis.

Keywords: Sheep, Feedlot, NDF, Rumen, diet without forage.

## 5.1 Introdução

Em dietas à base de grãos inteiros, a atividade mastigatória é fundamental para o melhor aproveitamento do alimento pelo animal, tendo em vista que os grãos integrais que não forem fisicamente danificados terão sua digestão comprometida (OWENS et al., 1997). Contudo, é conhecido também que o uso de dietas com elevado teor de grãos requer o devido cuidado, pois podem causar reduções drásticas e prolongadas no pH ruminal, podendo levar a um quadro de acidose ruminal subaguda, o que é caracterizado quando o pH ruminal permanece abaixo de 5,5 por longo período (NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007). Dessa forma, o pH ruminal é correlacionado com a fibra fisicamente efetiva ( $FDN_{fe}$ ), uma vez que a  $FDN_{fe}$  está associada ao estímulo mastigatório e consequente produção de tampões salivares, que atuam na manutenção adequada do pH e favorece a microbiota ruminal (ALLEN, 1997; ZEBELI et al., 2012). Além disso, a  $FDN_{fe}$  é capaz de formar no rúmen um tapete fibroso, o *mat-ruminal*, que atua nos estímulos de contração, facilitando a mistura da digesta e absorção dos ácidos graxos produzidos durante a fermentação ruminal (TAF AJ et al., 2004; ZEBELI et al., 2018).

Desta forma, é recorrente o questionamento quanto à necessidade ou não de inclusão de fontes de  $FDN_{fe}$  em dietas à base de milho inteiro. Além disso, muitos nutricionistas utilizam as exigências nutricionais de  $FDN_{fe}$  de bovinos para formulação de dietas para cordeiros. Entretanto, a exigência de fibra de bovinos pode não ser a mesma dos ovinos, tendo em vista que os ovinos possuem menor tamanho corporal e capacidade ingestiva, fazendo com que, geralmente, dedique mais tempo em atividade de mastigação em relação aos bovinos (DeBOEVER et al., 1990). Neste sentido, a comparação de uma dieta contendo 85% de milho inteiro e 15% de núcleo proteico na forma peletizada com dietas contendo 15 ou 30% de casca de soja em substituição ao milho, resultou em aumento no consumo de MS e no GMD de cordeiros (ZARPELON et al., 2015). Este fato permite hipotetizar que os teores demasiadamente baixos de FDN das dietas à base de grãos inteiros podem limitar o desempenho de cordeiros confinados, o que poderia estar relacionado com a incapacidade do milho inteiro manter o pH ruminal estável em dietas sem forragem. Consistente com esta ideia, a inclusão de 5% de feno em dietas à base grãos de milho inteiros aumentou o GMD de cordeiros (OLIVEIRA et al., 2015a), contrapondo-se a estes achados, é recorrente entre os nutricionistas a ideia de que a adição de forragem

em dietas a base de grãos de milho inteiros diminui a digestibilidade do amido (PAULA, 2014) e compromete o GMD e a eficiência alimentar dos animais.

Frente ao apresentado, o objetivo deste trabalho foi definir o teor ideal de fibra fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros para terminação de cordeiros, para isso foi avaliado o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, características de fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas à base de grãos de milho inteiros contendo teores crescentes de  $FDN_{ref}$ .

## **5.2 Material e métodos**

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

O experimento foi conduzido nas instalações para estudos de metabolismo 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 7909050620.

Foram utilizados trinta cordeiros mestiços (Dorper × Santa Inês) castrados, com peso médio inicial de  $30,14 \pm 3,01$  kg e aproximadamente 3 meses de idade. Um mês antes do início do experimento os animais foram preparados cirurgicamente para colocação de cânula ruminal. 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.

### 5.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 6 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 31 dias, sendo 25 dias de adaptação às dietas, cinco dias para mensuração do CMS, colheita de fezes e urina e um dia para colheita de fluido ruminal. O protocolo de adaptação foi como segue:

- 1º ao 2º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do peso corporal em jejum (PCJ);
- 3º ao 4º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PCJ;
- 5º ao 6º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PCJ;
- 6º ao 8º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PCJ;
- 9º ao 10º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PCJ;
- A partir do 11º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $0FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem;  $3,6FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de  $FDN_{fef}$ ;  $7,2FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $10,8FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de  $FDN_{fef}$  (% da MS). A fonte de forragem utilizada foi o feno de *coastcross*. As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, 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, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

Ingredientes, % da MS	CONT	FDN <sub>ref</sub> (% da MS) <sup>1</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8
Feno de coastcross	10,00	0,00	5,00	10,00	15,00
<i>Pellet</i> proteico <sup>2</sup>	—	30,00	30,00	30,00	30,00
Grão de milho inteiro	—	70,00	65,00	60,00	55,00
Grão de milho moído	73,00	—	—	—	—
Farelo de soja	13,00	—	—	—	—
Ureia	0,50	—	—	—	—
Cloreto amônia	0,50	—	—	—	—
Calcário	1,50	—	—	—	—
Mistura mineral <sup>3</sup>	1,50	—	—	—	—
Composição química, % da MS <sup>4</sup>					
MS, % da matéria natural	89,90	88,20	88,50	88,90	89,20
MO	93,90	95,10	94,70	94,40	94,00
PB	16,10	15,60	15,50	15,50	15,40
EE	3,80	2,90	2,80	2,80	2,70
FDN	20,00	10,16	13,08	16,00	18,92
FDN <sub>fe&gt;1,18 mm</sub>	10,29	10,16	12,72	15,80	18,78
FDN <sub>fe&gt;4,00 mm</sub>	2,48	10,16	12,14	15,29	18,36
FDN <sub>ref&gt;1,18 mm</sub>	7,23	0,00	3,60	7,20	10,80
FDN <sub>ref&gt;4,00 mm</sub>	6,10	0,00	3,05	6,10	9,15
FDA	7,19	3,76	5,31	6,86	8,41
CNF	54,00	65,00	61,70	58,40	55,10
Amido	55,40	42,60	40,40	38,20	36,10

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

Ingredientes, % da MS	CONT	FDN <sub>ref</sub> (% da MS) <sup>1</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8
(conclusão)					
<i>Penn State Particle Separator – Retido (%)</i>					
19 mm	0,00	0,50	0,50	0,25	0,99
8 mm	6,71	58,21	52,36	44,31	47,89
4,00 mm	5,71	41,29	44,16	48,27	46,66
1,18 mm	39,05	0,00	2,23	4,45	3,22
>1,18 mm	48,53	0,00	0,74	2,72	1,24
TMP a 1,18 mm	1,93	7,50	6,91	6,56	6,07
TMP a 4,00 mm	2,40	8,98	8,32	7,98	7,46

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>ref</sub>) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN<sub>ref</sub>); 3,6 (3,6FDN<sub>ref</sub>); 7,2 (7,2FDN<sub>ref</sub>) e 10,8% (10,8FDN<sub>ref</sub>) de FDN<sub>ref</sub> (% da MS).

<sup>2</sup>Proporção dos ingredientes do *pellet* proteico: 43,3% grãos de milho moídos; 43,3% farelo de soja; 1,7% ureia; 1,7%, cloreto de amônia; 5,0% calcário; 5,0% mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN<sub>ref</sub>; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

<sup>3</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>4</sup>MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN<sub>ref</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da ração total a 1,18 mm; FDN<sub>ref</sub>>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva da ração total a 4,00 mm; FDN<sub>ref</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 1,18 mm; FDN<sub>ref</sub>>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 4,00 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral, EM: energia metabolizável; TMP 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm.

O feno de *costcross* foi moído utilizando-se um moedor (Nogueira DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil) equipado com peneira de crivos de 20 mm (Tabela 2). Para a dieta CONT o feno foi misturado ao milho moído, farelo de soja, ureia, calcário, mistura mineral, cloreto amônia e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato, Limeira, São Paulo, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 16 mg/kg de MS. Os grãos de milho inteiros, o *pellet* proteico e o feno foram pesados em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte, LC 100, São Paulo, Brasil) e misturados imediatamente antes do fornecimento, sendo em seguida ofertados *ad libitum* às 08h00min da manhã. No dia seguinte, anteriormente a pesagem das dietas experimentais, foram realizadas as leituras de cocho para

definir a quantidade a ser ofertada, cujas sobras foram mantidas abaixo de 10% da quantidade ofertada.

Tabela 2 - Composição química e tamanho de partículas dos ingredientes das dietas experimentais.

Itens, % da MS <sup>1</sup>	Ingredientes		
	Feno	Milho	<i>Pellet</i> proteico <sup>2</sup>
MS, % da matéria natural	94,80	87,71	89,34
MO	89,67	96,94	88,67
MM	10,33	3,06	11,33
PB	11,02	9,23	32,92
EE	2,11	3,60	2,57
FDN	72,49	11,72	11,06
FDN <sub>fe</sub> >1,18 mm	72,32	11,55	8,96
FDN <sub>fe</sub> >4,00 mm	61,03	11,50	8,37
FDA	36,55	4,16	4,52
CNF	0,05	70,67	40,69
Amido	5,18	56,33	32,09
<i>Penn State Particle Separator – Retido, %<sup>3</sup></i>			
19 mm	47,06	0,00	0,00
8 mm	18,33	79,15	2,64
4,00 mm	18,82	18,96	73,06
1,18 mm	15,55	0,47	5,32
>1,18 mm	0,24	1,42	18,98
TMP a 1,8 mm	12,46	9,37	2,85
TMP a 4,00 mm	12,14	10,28	4,49

<sup>1</sup>MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN<sub>fe</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 4 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; EM: energia metabolizável; TMP 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4 mm: tamanho médio de partículas a 4 mm.

<sup>2</sup>Proporção dos ingredientes do *pellet* proteico: 43,3% grãos de milho moídos; 43,3% farelo de soja; 1,7% ureia; 1,7%, cloreto de amônia; 5,0% calcário; 5,0% mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN<sub>fe</sub>; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

<sup>3</sup>TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm (HEINRICHS; KONONOFF, 2002).

### **5.2.3 Digestibilidade dos nutrientes**

Entre o 25º e 30º dia, anteriormente a oferta das dietas experimentais de cada subperíodo experimental, às 07h00min da manhã a produção fecal total dos animais foi quantificada através da pesagem das fezes presentes nas bolsas coletoras paralelamente com a pesagem das sobras de ração, e uma amostra representativa de 10% da produção fecal diária e das sobras foi colhida e armazenada a -20 °C. Ao término do experimento as amostras de fezes e das sobras foram compostas por animal e por período experimental antes de serem analisadas.

### **5.2.4 Balanço de nitrogênio**

Entre o 25º e 30º dia de cada subperíodo 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 60 mL de ácido clorídrico 6 N, o volume de ácido foi suficiente para manter o pH da urina abaixo de 3,0. Logo após a colheita, o volume de urina foi mensurado e uma amostra de 10% do volume total foi colhida e armazenada a -20 °C para posterior análise.

### **5.2.5 Características de fermentação ruminal**

Amostras do fluido ruminal foram colhidas no 31º dia de cada período experimental. As colheitas foram realizadas na hora 0 (anteriormente a oferta das dietas experimentais) e 3, 6, 9, 12, 16, 20 e 24 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 a medição imediata do 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 retiradas 3 alíquotas do fluido ruminal que foram armazenadas em micro tubos (Eppendorf, São Paulo, Brasil) a -20°C para posterior determinação da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta total – AGCC (acetato, propionato, butirato, isobutirato e isovalerato) e N amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).

### 5.2.6 Análises laboratoriais e cálculos

Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das dietas experimentais ofertadas, das sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Em seguida todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. O teor de matéria seca (MS) foi determinado por meio da secagem em estufa a 105°C por 24 horas, a matéria orgânica (MO) foi obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990; #930.15#942.05). A concentração de nitrogênio total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA), conforme a AOAC (1997; #990.03). O extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho Ankom XT15 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #920.39). A concentração de FDN e FDA foi determinada em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #968.06) segundo Van Soest et al. (1991), utilizou-se  $\alpha$ -amilase termoestável e sulfito de sódio, e posteriormente as amostras foram incineradas em mufla a 550 °C por 4 h para determinação da FDN e FDA livre de cinzas. O amido foi determinado conforme metodologia proposta por Bach Knudsen (1997), com adaptações sugeridas por Caetano (2008) utilizando o kit Megazyme (AOAC, 1995; #996.11).

O tamanho médio de partículas (TMP) dos ingredientes, das dietas e das sobras, foi determinado por meio do uso do *Penn State Particle Separator* (PSPS) projetado por Lammers et al. (1996). O tamanho de partículas foi determinado como a soma das proporções da amostra retida na peneira de 1,18 mm (>1,18 mm) e 4,00 mm (>4,00 mm). Assim, os valores foram determinados para TMP (> 1,18 mm) e TMP (>4,00 mm) de cada ingrediente e dieta experimental, além da determinação do percentual retido em cada peneira. Posteriormente, a determinação da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>) da ração total e dos ingredientes foi determinada conforme Heinrichs e Kononoff (2002) adaptado por Mari (2003). A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>ref</sub>) foi determinada pela multiplicação da FDN<sub>fe</sub> da forragem (feno de *coastcross*) pelo teor de inclusão de forragem nas dietas experimentais.

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

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{ FDN} + \% \text{ CP} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

O NDT foi calculado de acordo com Weiss et al. (1992) por meio da equação:

$$NDT (\%) = \% PB_{digestível} + (\% EE_{digestíveis} \times 2,25) + \% FDN_{digestível} + \% CNF_{digestível}$$

As estimativas de energia metabolizável (EM) seguiram as recomendações do NRC (1984):

$$EM (Mcal/kg.dia) = NDT(kg) * 4,4 * 0,82$$

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 e 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; 2min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de N-NH<sub>3</sub> foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em leitor de microplacas (Bio-Rad, Hercules, CA, EUA), utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm.

A digestibilidade dos nutrientes foi calculada pela diferença entre cada nutriente consumido (MS, MO, PB, EE, FDN, CNF, amido) e sua excreção fecal. O balanço de nitrogênio foi calculado conforme as fórmulas que seguem: Retenção de N (g/dia) = (N<sub>consumido</sub> - N<sub>fezes</sub> - N<sub>urina</sub>); Retenção de N (%N consumido) = [(N<sub>consumido</sub> - N<sub>fezes</sub> - N<sub>urina</sub>) / N<sub>consumido</sub>]; Retenção de N (%N absorvido) = [(N<sub>consumido</sub> - N<sub>fezes</sub> - N<sub>urina</sub>) / (N<sub>consumido</sub> X Absorvido de N)].

### 5.2.7 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do programa SAS (2018), de acordo com o modelo estatístico que segue para medidas repetidas no

tempo:  $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + H_l + (TH)_{kl} + E_{ijkl}$ , em que:  $\mu$  =média geral,  $A_i$  =efeito de animal ( $i = 1$  a 30)  $B_j$  =efeito de bloco ( $j = 1$  a 6),  $T_k$  =efeito de tratamento ( $k = 1$  a 5),  $H_l$  =efeito de horário de coleta ( $l = 1$  a 8),  $(TH)_{kl}$  =interação entre tratamento e horário de colheita,  $E_{ijkl}$  =erro residual.

Para medidas únicas, foi utilizado o seguinte modelo:  $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + E_{ijk}$ , em que:  $\mu$  =média geral,  $A_i$  =efeito de animal ( $i = 1$  a 30)  $B_j$  =efeito de bloco ( $j = 1$  a 6),  $T_k$  =efeito de tratamento ( $k = 1$  a 5),  $E_{ijk}$  =erro residual.

A matriz de covariância que melhor se ajustou aos conjuntos de dados foi a “autoregressive” (AR [1]). As médias de cada tratamento foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos teores de  $FDN_{fef}$  nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Foram realizados dois contrastes: 1 – CONT vs 0 $FDN_{fef}$ ; 2 – CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados com  $FDN_{fef}$ . Os efeitos das horas colheita e da interação entre tratamentos x horas foram determinados pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando  $P \leq 0,05$ .

## 5.3 Resultados

### 5.3.1 Consumo e digestibilidade

Não houve efeito do aumento no teor de  $FDN_{fef}$  sobre o consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de extrato etéreo (CEE), consumo de proteína bruta (CPB) e consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) ( $P \geq 0,05$ ). Entretanto, os teores crescentes de  $FDN_{fef}$  aumentaram linearmente o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN;  $P = 0,03$ ) e fibra em detergente ácido (CFDA;  $0,04$ ). O consumo de amido apresentou resposta quadrática (CAM;  $P = 0,04$ ), cujo menor valor foi observado para dieta contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ . O CEE ( $P = 0,01$ ), CFDN ( $P < 0,0001$ ), CFDA ( $P < 0,0001$ ) e CAM ( $P = 0,005$ ) foi maior para os animais que receberam a dieta controle na comparação com os que receberam a dieta 0 $FDN_{fef}$ . Além disso, os animais da dieta CONT apresentaram maiores CEE ( $P < 0,0001$ ), CPB ( $P = 0,04$ ), CFDN ( $P < 0,0001$ ), CFDA ( $P = 0,0001$ ) e CAM ( $P < 0,0001$ ) que os animais das dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$ .

O aumento nos teores de  $FDN_{fef}$  diminuiu linearmente a digestibilidade da matéria seca (MS) ( $P = 0,04$ ), matéria orgânica (MO) ( $P = 0,03$ ) e NDT ( $P = 0,0006$ ).

As dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não à  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  apresentaram maior digestibilidade da MS e MO ( $P < 0,001$ ) em relação a dieta CONT. Entretanto, apenas a dieta  $0\text{FDN}_{\text{fef}}$  apresentou maiores valores de digestibilidade de EE ( $P = 0,01$ ), NDT ( $P = 0,001$ ) e energia metabolizável (EM;  $P = 0,001$ ) em relação a dieta CONT. Não houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade da PB, FDN, FDA, CNF e amido (Tabela 4).

Tabela 3 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o consumo de nutrientes.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{ref}$ (% de MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT* $0FDN_{ref}$	CONT* $FDN_{ref}$	L	Q
Peso inicial, kg	29,33	29,79	30,25	30,50	30,82	0,59	—	—	—	—
Peso final, kg	36,17	35,39	35,67	34,60	34,33	0,68	0,41	0,08	0,14	0,70
Consumo, kg/d										
MS	1,175	1,139	1,094	1,037	1,114	0,03	0,69	0,19	0,64	0,33
MO	0,975	0,927	0,893	0,848	0,908	26,2	0,54	0,13	0,67	0,38
EE	0,043	0,032	0,029	0,029	0,031	1,51	0,006	<0,0001	0,72	0,28
PB	0,191	0,176	0,163	0,154	0,177	5,69	0,33	0,037	0,94	0,10
FDN	0,243	0,109	0,143	0,142	0,155	9,86	<0,0001	<0,0001	0,03	0,41
FDA	0,091	0,042	0,060	0,060	0,061	3,91	<0,0001	0,0001	0,04	0,17
AMIDO	0,660	0,519	0,477	0,420	0,431	22,66	0,005	<0,0001	0,03	0,04
CNF	0,573	0,725	0,667	0,612	0,641	20,63	0,014	0,14	0,10	0,28

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 ( $0FDN_{ref}$ ), 3,6 ( $3,6FDN_{ref}$ ), 7,2 ( $7,2FDN_{ref}$ ) e 10,8% ( $10,8FDN_{ref}$ ) de  $FDN_{ref}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\* $0FDN_{ref}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{ref}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{ref}$  (CONT vs  $3,6FDN_{ref}$ ,  $7,2FDN_{ref}$  e  $10,8FDN_{ref}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

Tabela 4 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes em cordeiros.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q
Digestibilidade aparente, %										
MS	78,61	86,89	84,33	84,85	82,84	0,72	<0,001	<0,001	0,04	0,81
MO	77,88	86,98	83,80	84,42	82,03	0,79	<0,0001	0,0013	0,03	0,77
PB	76,20	83,20	78,64	79,91	79,12	0,82	0,01	0,14	0,18	0,29
EE	76,96	77,39	79,02	74,91	75,83	1,43	0,93	0,92	0,56	0,91
FDN	47,70	45,62	43,01	47,22	47,07	2,32	0,80	0,76	0,75	0,83
FDA	48,12	59,14	58,07	57,52	64,64	2,23	0,15	0,07	0,52	0,43
CNF	99,49	99,68	98,79	98,99	99,04	0,17	0,75	0,23	0,40	0,30
Amido	96,7	97,94	97,75	98,23	96,64	0,30	0,33	0,39	0,39	0,42
NDT	76,29	84,17	81,27	80,24	75,84	0,82	0,001	0,09	0,0006	0,60
EM, Mcal/kg MS	2,76	3,04	2,94	2,90	2,74	0,03	0,001	0,09	0,0006	0,60

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais (Weiss, Conrad e Pierre (1992): NDT (%): % PBdigestível + (% EEdigestíveis × 2,25) + % FDNdigestível + % CNFdigestível); EM: energia metabolizável (NRC;1984).

### 5.3.2 Fermentação ruminal

Não houve interação dietas x horas para as concentrações ruminiais de acetato, propionato, isobutirato, butirato, isovalerato, valerato, relação acetato:propionato e nitrogênio amoniacal (Tabela 5), bem como não houve efeito dos teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  sobre nenhuma destas variáveis. No entanto, por meio dos contrastes, observou-se menor concentração ruminal de propionato para os cordeiros alimentados com a dieta CONT em comparação aos alimentados com a dieta  $0\text{FDN}_{\text{ref}}$  ( $P = 0,04$ ), enquanto que a concentração de isobutirato foi maior ( $P = 0,01$ ) para cordeiros da dieta CONT em comparação aos que receberam as demais dietas. A concentração total de AGCC apresentou resposta quadrática ( $P = 0,05$ ), com menor valor observado para dieta  $3,6\text{NDF}_{\text{ref}}$  (Tabela 5).

Houve interação dietas x horas ( $P < 0,001$ ) para o pH ruminal (Figura 1), sendo observado que nas horas 9 ( $P = 0,04$ ) e 12 ( $P = 0,003$ ) após a alimentação os cordeiros que receberam a dieta CONT apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com a dieta  $0\text{FDN}_{\text{ref}}$ . Além disso, nas horas 9 ( $P = 0,0064$ ), 12 ( $P < 0,0001$ ) e 16 ( $P = 0,014$ ) os cordeiros da dieta CONT também apresentaram pH ruminal inferior aos alimentados com as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . Apesar disso, na hora 14 o pH ruminal dos cordeiros que receberam a dieta CONT aumentou, tornando-se maior ( $P = 0,004$ ) que o dos cordeiros alimentados com a dieta  $0\text{FDN}_{\text{ref}}$ . Na hora 24, observou-se aumento linear ( $P = 0,02$ ) no pH ruminal em resposta ao aumento nos teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  (Figura 5), nos demais horários os teores de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  não afetaram o pH ruminal.

Tabela 5 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre as características de fermentação ruminal em cordeiros.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>					
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q	H	T*H
Ácidos graxos de cadeia curta – AGCC, Mm												
Acetato	38,93	41,68	35,86	39,02	41,98	2,58	0,39	0,87	0,61	0,09	<0,001	0,20
Propionato	30,03	37,14	30,51	35,25	35,04	3,27	0,04	0,19	0,89	0,18	<0,0001	0,29
Isobutirato	0,34	0,22	0,20	0,26	0,29	0,03	0,01	0,01	0,08	0,57	<0,0001	0,06
Butirato	7,52	7,57	7,52	6,46	8,92	0,96	0,96	0,90	0,46	0,15	<0,0001	0,53
Isovalerato	0,56	0,48	0,43	0,47	0,57	0,08	0,47	0,41	0,49	0,41	0,001	0,29
Valerato	1,91	2,59	2,67	2,57	2,21	0,41	0,15	0,11	0,41	0,50	0,001	0,15
Total	81,08	91,18	77,73	87,03	90,54	5,52	0,11	0,41	0,71	0,05	<0,0001	0,15
A:P	1,24	1,15	1,22	1,40	1,25	0,13	0,57	0,70	0,35	0,33	0,63	0,99
pH	5,67	5,63	5,70	5,71	5,86	0,10	0,83	0,40	0,13	0,61	<0,0001	<0,001
Amônia, g/dL	9,28	10,31	11,53	10,46	9,81	0,75	0,35	0,13	0,46	0,22	<0,0001	0,11

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático; H: efeito da hora de colheita; T\*H: interação entre tratamento e hora de colheita.

<sup>4</sup>AGCC: ácidos graxos de cadeia curta expressos em milimolar; A:P: relação entre acetato e propionato; pH: potencial hidrogeniônico do fluido ruminal.

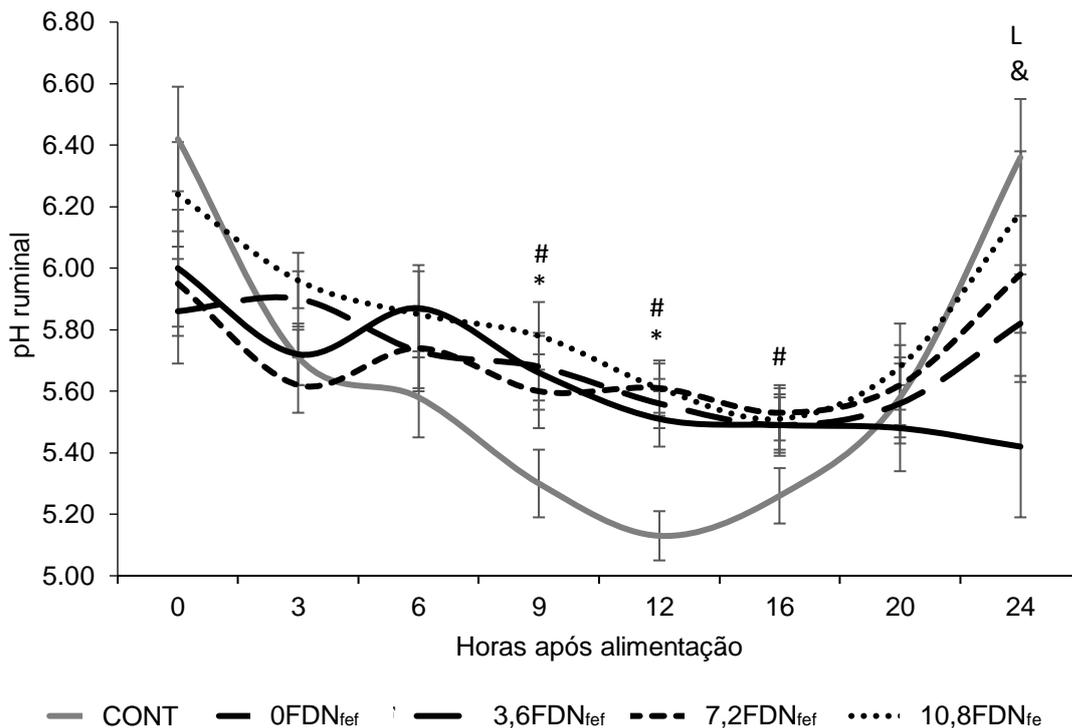


Figura 1 – Variação no pH ruminal conforme os tratamentos experimentais ao longo das horas de colheita de líquido ruminal. <sup>1</sup>CONT: dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN<sub>fef</sub> e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN<sub>fef</sub>); 3,6 (3,6FDN<sub>fef</sub>); 7,2 (7,2FDN<sub>fef</sub>) e 10,8% (10,8FDN<sub>fef</sub>) de FDN<sub>fef</sub> (% da MS). \* Denota que os animais da dieta CONT apresentaram menor pH ruminal que os da dieta 0FDN<sub>fef</sub> (hora 9, P = 0,04; hora 12, P < 0,01); # Denota que os animais da dieta CONT apresentaram menor pH ruminal que os das dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN<sub>fef</sub> (hora 9, P < 0,01; hora 12, P < 0,0001; hora 16, P = 0,01); & Denota que os animais da dieta CONT apresentaram maior pH ruminal que os da dieta 0FDN<sub>fef</sub> (hora 24, P < 0,01); L aumento linear no pH ruminal em resposta aos teores crescentes de FDN<sub>fef</sub> na hora 24 (P = 0,02).

### 5.3.3 Balanço de nitrogênio

Não houve efeito dos teores de  $\text{FDN}_{\text{fief}}$  na excreção e a retenção de N (Tabela 6). Contudo, nos contrastes, observou-se maior ( $P < 0,01$ ) excreção fecal de N para dieta CONT em comparação as dietas com milho inteiro.

Tabela 6 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o balanço de nitrogênio em cordeiros.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$\text{FDN}_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $\text{FDN}_{\text{fef}}$	CONT* $\text{FDN}_{\text{fef}}$	L	Q
N ingerido, g/d	31,28	30,83	28,06	25,23	28,91	0,88	0,85	0,05	0,27	0,067
N fecal, g/d	6,84	4,51	5,33	4,70	5,84	0,29	<0,01	<0,01	0,11	0,72
N absorvido, g/d	24,44	26,30	22,73	20,54	23,07	0,75	0,42	0,20	0,11	0,067
N urina, g/d	9,75	11,53	10,28	8,22	11,10	0,55	0,33	0,93	0,56	0,11
Retenção										
g/dia	14,69	14,76	12,45	12,32	11,96	0,80	0,98	0,26	0,33	0,60
%N ingerido	45,54	46,84	45,12	47,95	41,47	2,12	0,86	0,90	0,57	0,64
%N absorvido	58,35	55,02	55,57	58,68	51,55	2,49	0,70	0,65	0,79	0,52

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ); 3,6 (3,6 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ); 7,2 (7,2 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) e 10,8% (10,8 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $\text{FDN}_{\text{fef}}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (CONT vs 3,6 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ , 7,2 $\text{FDN}_{\text{fef}}$  e 10,8 $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>%N absorvido: porcentagem de N absorvido que foi retido; %N ingerido: porcentagem de N ingerido que foi retido.

## 5.4 Discussão

### 5.4.1 Consumo e digestibilidade

A ausência de efeito dos tratamentos sobre o CMS não era esperada, uma vez que, normalmente os animais ruminantes aumentam o CMS quando a concentração energética da dieta diminui (GALLO et al., 2019; GALYEAN; DEFOOR, 2003; GOULART et al., 2020). No presente experimento, a energia metabolizável (EM) da dieta diminuiu com o aumento nos teores de  $FDN_{fef}$  (Tabela 4), então, é possível hipotetizar que a similaridade no CMS (Tabela 3) foi devido ao enchimento ruminal e consequente limitação física ao consumo provocada pelo efeito associativo do milho inteiro com a feno de *coastcross*. Devido à ausência de processamento, as dietas com grãos de milho inteiros possuem maior potencial de enchimento ruminal. Vale ainda destacar, que todas as dietas experimentais continham monensina sódica (16 mg/kg de MS), que por sua vez, diminui a variação no CMS, principalmente em dietas com elevado teor de concentrado (STOCK et al., 1995; ZOTTI et al., 2017), o que corrobora com o estudo de Polizel et al. (2020). É importante mencionar que o CMS dos animais de todos os tratamentos está em conformidade com as recomendações do NRC (2007) para cordeiros em crescimento.

A modulação do teor de  $FDN_{fef}$  para definição dos tratamentos experimentais foi realizada por meio da substituição do milho pelo feno de *coastcross*, então, naturalmente o aumento na inclusão de forragem nas dietas com milho inteiro resultou em aumento no teor de FDN e FDA e diminuição no teor de amido (Tabela 1), o que justifica o aumento no consumo de fibra (FDN e FDA) e diminuição no consumo de amido em resposta aos teores crescentes de  $FDN_{fef}$  (Tabela 3). Como esperado, na Tabela 2 é possível observar que o teor de amido do milho é muito superior ao do feno de *coastcross*, enquanto que o teor de FDN e FDA do milho é inferior (Tabela 2). As variações no consumo de nutrientes tiveram relação direta com a composição das dietas (Tabela 1), uma vez que o CMS não foi afetado pelos tratamentos.

Observou-se que a dieta CONT apresentou menor digestibilidade da MS e MO quando comparada às dietas à base de milho inteiro, o que torna possível reafirma que o maior tamanho médio das partículas (TMP) observado para as dietas à base de milho inteiro (Tabela 1) pode ter diminuído a taxa de passagem e o fluxo rumino-reticular (ALLEN, 2009; BANAKAR et al., 2018) da digesta, permitindo assim maior

tempo para ação das enzimas digestivas de origem microbiana no rúmen. Outros autores já verificaram que o aumento na taxa de passagem, devido ao menor tamanho de partículas afetou a digestibilidade da MS, MO, PB e conseqüentemente o NDT (ARNDT et al., 2014; COSTA et al., 2012; KARIMIZADEH et al., 2017; ZABELE et al., 2008; ZHAO et al., 2011). Além disso, a maior digestibilidade da MS, MO e NDT da dieta à base de milho inteiro sem forragem ( $0\text{FDN}_{\text{ref}}$ ), em parte, é uma consequência direta da simples substituição de um ingrediente com menor potencial de digestão (feno de *coastcross*) por outro com maior potencial de digestão (milho) (Tabela 2) (NRC, 2001), vale lembrar que o NDT do milho (82%) é 1,4 vezes superior ao NDT do feno de *coastcross* (50%) (ÍTAVO et al., 2002; NRC, 2007). Tais resultados corroboram com Arndt et al. (2014) que substituíram o farelo de milho por grão de milho em dietas com dois teores de forragem para vacas em lactação, e observaram que nas dietas com maiores teores de forragem, houve queda no NDT além do NDT observado ter sido menor que o NDT predito pelo NRC (2007).

#### 5.4.2 Fermentação ruminal

A diminuição no consumo de amido e o aumento no consumo de fibra (FDN e FDA) (Tabela 3), associados à diminuição na digestibilidade da MO (Tabela 4) explicam o aumento no pH ruminal na hora 24 em resposta aos teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$ . A diminuição do tempo em que o pH ruminal permaneceu abaixo de 5,5 nas dietas à base de milho inteiro (Figura 1) indica claramente que o milho inteiro foi mais lentamente fermentado no rúmen quando comparado ao milho moído da dieta CONT, então, independente da forragem, ficou evidenciado que o milho inteiro foi capaz de manter a estabilidade ruminal ao longo do dia. Vale destacar que a dieta controle à base de grãos de milho moídos utilizada neste experimento é similar a outras dietas que tem sido amplamente utilizada na terminação de cordeiros no Brasil (FERREIRA et al., 2011; POLIZEL et al., 2021).

Em comparação ao CONT, os cordeiros alimentados com a dieta  $0\text{FDN}_{\text{ref}}$  apresentaram maior digestibilidade da MO, o que justifica a maior concentração ruminal de propionato para os animais deste tratamento (Tabela 5). A maior concentração de isobutirato para os cordeiros que receberam a dieta CONT pode ser atribuída ao maior tempo de permanência do pH ruminal abaixo de 5,5 para os animais deste tratamento em comparação aos alimentados com as dietas à base de grãos de

milho inteiros associados à  $FDN_{\text{ref}}$  (Figura 1), o que é coerente com a informação de que os ácidos graxos de cadeia ramificada são utilizados por bactérias fibrolíticas cuja população é reduzida em pH abaixo de 6,0 (MIRZAEI-AGHSAGHALI, 2011). Tais resultados estão de acordo com Gallo et al. (2019), que observaram maiores valores de ácidos graxos de cadeia ramificada no rúmen em resposta ao fornecimento de dietas com baixos teores de  $FDN_{\text{ref}}$ . Por outro lado, ainda são poucos os dados relatando os fatores que influenciam a produção de ácidos graxos de cadeia ramificada em dietas isonitrogenadas.

#### **5.4.3 Balanço de nitrogênio**

O maior consumo de nitrogênio pelos animais que receberam a dieta CONT (Tabela 6) teve relação direta com o consumo de PB, conforme explicado anteriormente (Tabela 3). Por sua vez, a maior excreção fecal de N pelos animais que receberam a dieta CONT é coerente com a menor digestibilidade da PB pelos animais deste tratamento quando comparados aos que receberam a dieta  $0FDN_{\text{ref}}$ . Em termos gerais, a retenção média de N observada no presente experimento foi similar ao reportado por outros autores utilizando dietas com alto teor de concentrado à base de grãos moídos (POLIZEL et al., 2021a, 2021b), indicando que a dieta à base de grãos de milho inteiros também produziu bons resultados com relação a esta variável.

#### **5.5 Conclusões**

Nas dietas à base de grãos de milho inteiros não é recomendada adição de  $FDN_{\text{ref}}$ , tendo em vista que não foi observado benefício sobre a digestibilidade dos nutrientes, a fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio. A dieta com milho inteiro mostrou-se muito adequada para uso na terminação de cordeiros, principalmente por ter potencializado a digestibilidade da MS e MO, sem indícios clínicos de causar acidose ruminal.

## Referências

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of dairy science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997.

ALLEN, M.S.; BRADFORD, B.J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317–3334, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990, 1117p.

ARNDT, C.; ARMENTANO, L.E.; HALL, M.B. Corn bran versus corn grain at 2 levels of forage: intake, apparent digestibility, and production responses by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 5676-5687, 2014.

BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

BANAKAR, P.S.; ANAND KUMAR, N.; SHASHANK, C.G. Physically effective fiber in ruminant nutrition: A. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, p. 303-308, 2018.

CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso de amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A Mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.

CHANEY, A.L.; Marbach, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962.

COSTA, R.G.; TREVIÑO, I.H.; MEDEIROS, G.R.; MEDEIROS, A.N.; PINTO, T.F.; OLIVEIRA, R.L. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, p. 13-17, 2012.

BOEVER, J.L.; ANDRIES, J.I.; BRABANDER, D.L.; COTTYN, B.G.; BUYASSE, F.X. Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure - A Review of Factors Affecting It. **Animal Feed Science and Technology**, v. 27, p. 281-291, 1990.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011.

GALLO, S.B.; BROCHADO, T.; BRANDI, R.A.; BUENO, I.C.B.; PASSARELI, D.; BIRGEL, D.B. BIRGEL JUNIOR, E.H. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 767-773, 2019.

GALYEAN, M.L.; DEFOOR, P.J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. E8–E16, 2003.

GOULART, R.S.; VIEIRA, R.A.; DANIEL, J.L.; AMARAL, R.C.; SANTOS, V.P.; TOLEDO FILHO, S.G.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; TEDESCHI, L.O. AND NUSSIO,

L.G. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets on feed Intake, igestive behavior, and ruminal kinetics. **Journal of Animal Science**, v. 98, skaa107, 2020.

HALL, M.B., 2000. **Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis**. A laboratory manual. Univ. Florida Ext. Bull. 339. Gainesville.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. 2002. Evaluating Particle Size of Forages and Tmrs Using the New Penn State Forage Particle Separator. Pennsylvania: the Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science. 14 p. (Technical Repost Das 02-42).

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1024-1032, 2002.

KARIMIZADEH, E.; CHAJI, M.; AND MOHAMMADABADI, T. Effects of physical form of diet on nutrient digestibility, rumen fermentation, rumination, growth performance and protozoa population of finishing lambs. **Animal Nutrition**, v. 3, p. 139-144, 2017.

KONONOFF, P.J.; HEINRICKS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification on the pen state and total mixed ration particle separator and the effect of moisture content on its measurement. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

LAMMERS.B.P.; BUCKMASTER.D.R.; HEINRICHS.A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and yotal mixed rations. **Journal of Dairy Science**, p. 79, p. 922-928, 1996.

LIU, Q.; WANG, C.; ZHANG, YL; PEI, CX; ZHANG, SL; WANG, YX; ZHANG, ZW; YANG, WZ; WANG, H.; GUO, G. Efeitos da suplementação de isovalerato no desempenho de crescimento e fermentação ruminal em bezerros leiteiros pré e pós-desmame. **Journal of Agricultural Science**, v. 154, p. 1499-1508, 2016.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) (Stapf Cv. Marandu): Produção, valor nutritivo e perdas associadas a fermentação da silagem.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MIRZAEI-AGHSAGHALI, A.; MAHERI-SIS, N. Importance of "physically effective fibre" in ruminant nutrition: a review. **Annals of Biological Research**, v. 2, p. 262-270, 2011.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, p. 333–350, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** Washington: National Academy Press, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids.** Washington: National Academy Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** Washington: National Academy Press, 1984.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Effects of processing corn on the carcass traits and meat quality of feedlot lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, p. 883-887, 2015.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 868-879, 1997.

PAULA, R.M. **Utilização de milho grão inteiro para terminação de novilhas Nelore em confinamento.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

POLIZEL, D.M.; MARQUES, S.S.; WESTPHALEN, M.F.; GOUVEA, V.N.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; MISZURA, A.A.; PIRES, A.V. Narasin Inclusion for feedlot lambs fed a diet containing high amounts of ground flint corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, e20200010, 2021b.

POLIZEL, D.M.; MARTINS, A.S.; MISZURA, A.A.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; BERTOLONI, A.V.; OLIVEIRA, G.B.; BARROSO, J.P.R.; FERREIRA, E.M. PIRES, A.V. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, e20190263, 2021a.

STOCK, R.A.; LAUDERT, S.B.; STROUP, W.W.; LARSON, E.M.; PARROTT, J.C.; BRITTON, R.A. Effect of Monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 39-44, 1995.

TAJAJ, M.; JUNCK, B.; MAULBETSCH, A.; STEINGASS, H.; PIEPHO, H.P.; DROCHNER, W. Digesta characteristics of dorsal, middle and ventral rumen of cows fed with different hay qualities and concentrate levels. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, p. 325-342, 2004.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1981.

WANG, H.; WU, F.; GUAN, T.; ZHU, Y.; YU, Z.; ZHANG, D.; CAO, B. Chopping roughage length improved rumen development of weaned calves as revealed by rumen fermentation and bacterial community. **Animals**, v.10, p. 2149, 2020.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.R.S. A Theoretically – Based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

ZARPELON, T.G.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S.; SILVA, L.D.F.; PRADO, O.; TARSITANO, M.A.; FÁVERO, R.; PIRES, K.A.; BORGES, C.A.A. Desempenho, características de carcaça e avaliação econômica da substituição do

milho grão inteiro por casca de soja peletizada na alimentação de cordeiros em confinamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 1111-1121, 2015.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J.R.; TAJAJ, M.; BOGHUN, J.; AMETAJ, B.N.; DROCHNER, W. Invited Review: role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 95, p. 1041–1056, 2012.

ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; JUNCK, B.; OLSCHLAGER, V.; AMETAJ, B.N.; DROCHNER, W. Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 2388–2398, 2008.

ZHAO, X.H.; ZHANG, T.; XU, M.; YAO, J.H. Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 501-509, 2011.

ZOTTI, C.C.; SILVA, A.P.; CARVALHO, R.; MARINO, C.T.; RODRIGUES, P.H.M.; SILVA, L.F.P.; MCALLISTER, T.A.; LEME, P.R. Monensin and a blend of castor oil and cashew nut shell liquid used in a high-concentrate diet abruptly fed to Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 4124-4238, 2017.



## CAPÍTULO VI

### 6 EXIGÊNCIA DE FDN FISICAMENTE EFETIVA DE FORRAGEM ( $FDN_{fef}$ ) PARA CORDEIROS CONFINADOS COM DIETAS À BASE DE MILHO INTEIRO: DESEMPENHO, METABOLITOS SANGUÍNEOS, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E COMPORTAMENTO INGESTIVO<sup>5</sup>

#### Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o desempenho, metabolitos sanguíneos, características de carcaça e comportamento ingestivo. Foram utilizados quarenta e cinco cordeiros não castrados mestiços Dorper × Santa Inês, com peso médio inicial de  $22,6 \pm 5,3$  kg e idade média de  $88 \pm 10$  dias. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 9 blocos, os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade inicial dos animais. As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $0FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem;  $3,6FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de  $FDN_{fef}$ ;  $7,2FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ;  $10,8FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de  $FDN_{fef}$  (% da MS). O aumento na inclusão de  $FDN_{fef}$  nas dietas diminuiu linearmente o CMS ( $P < 0,0001$ ), o GMD ( $P < 0,0001$ ), a EA ( $P = 0,02$ ), o peso final corporal final ( $P < 0,01$ ), a concentração sérica de AST ( $P = 0,01$ ) e glicose ( $P = 0,03$ ), e diminuiu o peso corporal ao abate ( $P < 0,001$ ), PCQ ( $P < 0,001$ ), PCF ( $P < 0,001$ ), RCF ( $P < 0,01$ ), espessura de parede corporal ( $P < 0,001$ ), escore de adiposidade ( $P < 0,01$ ), gordura peri-renal ( $P < 0,0001$ ) e AOL ( $P = 0,001$ ). Na comparação com a dieta CONT, os animais que receberam a dieta  $0FDN_{fef}$  apresentaram maior GMD ( $P = 0,001$ ), EA ( $P = 0,006$ ), PCA ( $P < 0,01$ ), PCQ ( $P < 0,01$ ), PCF ( $P < 0,01$ ) e RCF ( $P = 0,05$ ). Os teores crescentes de  $FDN_{fef}$  diminuíram linearmente a área ( $P = 0,02$ ) e altura das papilas ruminais ( $P = 0,008$ ). Os tempos de ruminação e mastigação (min/d) apresentaram resposta quadrática, cujo maior tempo de ruminação ( $P = 0,001$ ) foi observado com o teor de 7,2% de  $FDN_{fef}$  e o maior tempo de mastigação ( $P = 0,006$ ) com o teor de 10,8% de  $FDN_{fef}$ . Nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de ruminite. Contudo, na avaliação de abscesso hepático, dois animais da dieta  $0FDN_{fef}$  apresentaram 2 pequenos abscessos hepáticos cada (escore A-). O uso de milho inteiro em dietas para cordeiros dispensa totalmente qualquer teor de inclusão de forragem. O milho inteiro mostrou ser uma excelente opção para terminação de cordeiros, porque melhora em muito o desempenho dos animais e as características quantitativas das carcaças, com destaque para o aumento no GMD, na eficiência alimentar, no rendimento de carcaça fria e no peso dos cortes principais.

Palavras-Chave: Ovinos, Confinamento, FDN, Exigência, Grãos inteiros.

<sup>5</sup> Projeto de Auxílio à Pesquisa FAPESP (2018/07749), o qual resultou na dissertação de mestrado do Matheus Sousa de Paula Carlis, defendida em 25/03/2021 junto ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens – ESALQ/USP.

## Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of increasing levels of physically effective neutral detergent fiber of forage ( $\text{pefNDF}$ ) in a whole corn grain-based diet on performance, blood metabolites, carcass characteristic and ingestive behavior of feedlot lambs. Forty-five Dorper  $\times$  Santa Inês ram lambs were used, with  $22.6 \pm 5.3$  kg of initial BW and  $88 \pm 10$  d old. The experimental design was a randomized complete block with 5 treatments and 9 blocks, the blocks were defined by initial BW and age of the animals. The experimental diets were formulated to be isonitrogenous. The experimental diets were: CONT (positive control) – ground corn-based diet with 7.2%  $\text{pefNDF}$ ;  $0_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet without forage;  $3.6_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 3.6% of  $\text{pefNDF}$ ;  $7.2_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 7.2% of  $\text{pefNDF}$ ;  $10.8_{\text{pefNDF}}$  – whole corn grain-based diet with 10.8% of  $\text{pefNDF}$ . The increasing levels of  $\text{pefNDF}$  to whole corn grain-based diets linearly decreased the DMI ( $P < 0.0001$ ), ADG ( $P < 0.0001$ ), FE ( $P = 0.02$ ), final BW ( $P < 0.01$ ), AST ( $P = 0.01$ ) and glucose ( $P = 0.03$ ) concentration, and decreased the BW at slaughter ( $P < 0.001$ ), HCW ( $P < 0.001$ ); CCW ( $P < 0.001$ ), CCY ( $P < 0.01$ ), body wall thickness ( $P < 0.001$ ), adiposity score ( $P < 0.01$ ), kidney fat ( $P < 0.0001$ ) and LM area ( $P = 0.001$ ). In comparison with the CONT, the animals that received the  $0\text{FDN}_{\text{ref}}$  diet had higher ADG ( $P = 0.001$ ), FE (0.006), BW at slaughter ( $P < 0.01$ ), HCW ( $P < 0.01$ ), CCW ( $P < 0.01$ ) and CCY ( $P = 0.05$ ). The increasing levels of  $\text{pefNDF}$  linearly decreased the area ( $P = 0.02$ ) and length of ruminal papillae ( $P = 0.008$ ). The rumination and chewing times (min/d) showed a quadratic response, whose higher rumination time ( $P = 0.001$ ) was observed with 7.2%  $\text{pefNDF}$  and the higher chewing time ( $P = 0.006$ ) with 10.8% of  $\text{pefNDF}$ . None of the diets caused any types of lesion suggestive of ruminitis. Nevertheless, in the evaluation of liver abscess, two animals in the diet containing whole corn without forage showed two small hepatic abscesses each (score A-). The use of whole corn in lambs' diets does not require any forage content. Whole corn proved to be an excellent option for finishing lambs, because it greatly improves the performance of the lambs and the quantitative characteristics of the carcasses, with emphasis on the increase in ADG, feed efficiency, chilled carcass yield and the weight of the main cuts.

Keywords: Sheep, Feedlot, FDN, Requirement, Whole grains.

## 6.1 Introdução

Ainda que não existam dados consolidados, é notório o aumento no número de confinadores de cordeiros no Brasil, os quais utilizam na maioria das vezes dietas com alto teor de concentrado. Dentre os alimentos utilizados, o grão de milho destaca-se como a principal fonte energética utilizada em dietas de confinamento no Brasil (PINTO; MILLEN, 2018). O aumento na concentração energética da dieta a partir da utilização do milho tem como foco principal a produção de cordeiros precoces para o abate, visando produzir carne de boa qualidade e que atenda aos requisitos do mercado consumidor (GALLO et al., 2019). Com o desenvolvimento das estratégias agrônomicas de cultivo, o Brasil se tornou um importante produtor de grãos, o que permitiu redução de custos e maior acesso, por parte dos criadores, aos cereais energéticos e proteicos. Esse foi um marco para a pecuária nacional, a qual passou a utilizar cada vez mais alimentos concentrados na formulação das dietas.

Apesar de proporcionar excelentes resultados em relação ao desempenho animal, permitindo a produção de cordeiros precoces para o abate, a utilização de dietas com elevada inclusão de concentrado, e conseqüentemente reduzido teor de fibra, pode causar distúrbios metabólicos, tais como a redução da salivação, ruminação, motilidade ruminal, e reduções drásticas e prolongadas de pH ruminal, assim reduzindo o desempenho, podendo até causar morte dos animais (HERNÁNDEZ et al., 2014; KRAJCARSKI-HUNT et al., 2002). Em pesquisa realizada por Pinto e Millen (2018), 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%, o que caracteriza as chamadas dietas de alto concentrado. Nota-se que as formulações entraram em um extremo biológico, em que a inclusão de fibra em algumas situações é feita somente para manutenção mínima das condições fisiológicas dos animais.

Devido a essas novas estratégias alimentares, os nutricionistas começaram a se preocupar com os teores mínimos de fibra das dietas, uma vez que este parâmetro nutricional se correlaciona diretamente com a capacidade de produção de saliva e ruminação, que são de suma importância para saúde ruminal. O estímulo à mastigação de um ruminante é resultado da efetividade da porção fibrosa do vegetal, a qual é representada pela fibra em detergente neutro (FDN), também designada de carboidratos fibrosos, entidade essa composta pelas frações celulose e hemicelulose

em associação com a lignina. Portanto, o papel da forragem nas dietas de terminação passou a ser o de estimular mecanicamente as funções ruminais (PRITCHARD, 2006) ao invés de ser fonte energética, como ocorria no passado.

Desta forma, existe a necessidade de determinar os valores de efetividade dos alimentos volumosos, buscando para isso metodologias laboratoriais e biológicas. Tendo em vista que o tamanho das partículas dos alimentos presentes na ração dos ruminantes é determinante para estimular a atividade mastigatória (MERTENS, 1997), a modificação da forma física do alimento pode alterar sua efetividade e o tempo de retenção, perfil de fermentação e o pH do ruminal. Pesquisas com vacas leiteiras demonstraram que uma quantidade mínima de fibras longas na dieta é essencial para manter as funções ruminais, principalmente devido ao efeito sobre a atividade de mastigação e secreção de saliva, resultando em valores de pH adequados (BEAUCHEMIN, 1991; SWAIN; ARMENTANO, 1994). Armentano e Pereira (1997) observaram que dietas com o mesmo teor de fibra, mas com processamentos e tamanhos diferentes, contribuíram de forma distinta no estímulo à mastigação e conseqüentemente à salivacão e ao pH ruminal. Sendo assim, vários outros termos foram introduzidos para dar suporte ao conceito de FDN e seu efeito em estimular a mastigação e ruminação, no entanto, o que mais se difundiu foi o de fibra efetiva ( $FDN_e$ ) para bovinos de leite, e o de fibra fisicamente efetiva ( $FDN_{fe}$ ) para bovinos de corte.

Nos últimos anos, devido à grande diversidade de ingredientes com elevado teor de FDN, cresceu adoção do conceito de  $FDN_{fe}$  por parte dos nutricionistas para a formulação de dietas de terminação em confinamento, assim como, devido a utilização de subprodutos e coprodutos, surgindo também o conceito de  $FDN_{fef}$ , o qual se refere ao teor mínimo de  $FDN_{fe}$  presente na dieta advindo exclusivamente de forragens. Para bovinos de corte já existem exigências bem consolidadas de  $FDN_{fe}$  em dietas de terminação, podem variar de 7 a 10% nos modelos de Fox e Tedeschi (2002) e de 8 a 20%, dependendo da tecnologia aplicada no confinamento, segundo os modelos do NASEM (2016), ambos teores visam manter o pH ruminal em aproximadamente 6,0. Porém, quando se trata de ovinos, segundo Cannas et al. (2004) é recomendado a utilização de 20 a 24,5% de FDN na MS em dietas de terminação de cordeiros, entretanto, existem poucos trabalhos na literatura e ainda não são consolidadas as exigências mínimas de  $FDN_{fe}$  ou  $FDN_{fef}$ .

Tendo em vista a necessidade de otimização do uso de dietas com elevado teor de concentrado, diminuição dos custos operacionais do sistema de produção e atender as exigências do mercado consumidor por carne ovina de qualidade no Brasil. Os objetivos do presente estudo foram avaliar o efeito da inclusão de teores crescentes de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  em dietas de terminação à base de milho inteiro sobre o desempenho, características de carcaça, comportamento ingestivo, desenvolvimento gastrointestinal e parâmetros sanguíneos de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em confinamento.

## **6.2 Material e métodos**

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

O experimento foi conduzido nas instalações para confinamento de cordeiros 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 7909050620.

Foram utilizados quarenta e cinco cordeiros não castrados, Dorper x Santa Inês, com peso médio inicial de  $22,6 \pm 5,3$  kg e idade média de  $88 \pm 10$  dias. Todos os animais desse experimento pertenciam ao rebanho do SIPOC e receberam durante a fase inicial e de pré-desmama dieta contendo 100% de concentrado em sistema de *creep feeding*. Após o desmame com  $58,0 \pm 9,0$  dias de idade e peso médio de  $17,6 \pm 3,8$  kg, os cordeiros continuaram recebendo a mesma dieta até o início do experimento.

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

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 9 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 100 dias, sendo 10 dias de adaptação e três subperíodos de 30 dias. Durante o período de

adaptação os cordeiros receberam suas respectivas dietas experimentais (ração total), contudo, foram submetidos ao seguinte manejo de adaptação:

- 1º ao 2º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do peso corporal em jejum (PCJ);
- 3º ao 4º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PCJ;
- 5º ao 6º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PCJ;
- 6º ao 8º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PCJ;
- 9º ao 10º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PCJ;
- A partir do 11º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

As dietas experimentais foram as que seguem: CONT (controle positivo) – dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ; 0 $FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; 3,6 $FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 3,6% de  $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de  $FDN_{fef}$ ; 10,8 $FDN_{fef}$  – dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 10,8% de  $FDN_{fef}$ . A fonte de forragem utilizada foi o feno de *coastcross*. As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, 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, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

Ingredientes, % da MS	CONT	FDN <sub>ref</sub> (% da MS) <sup>1</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8
Feno de <i>coastcross</i>	10,00	0,00	5,00	10,00	15,00
<i>Pellet</i> proteico <sup>2</sup>	—	30,00	30,00	30,00	30,00
Grão de milho inteiro	—	70,00	65,00	60,00	55,00
Grão de milho moído	73,00	—	—	—	—
Farelo de soja	13,00	—	—	—	—
Ureia	0,50	—	—	—	—
Cloreto amônia	0,50	—	—	—	—
Calcário	1,50	—	—	—	—
Mistura mineral <sup>3</sup>	1,50	—	—	—	—
Composição química, % daMS <sup>4</sup>					
MS, % da matéria natural	89,90	88,20	88,50	88,90	89,20
MO	93,90	95,10	94,70	94,40	94,00
PB	16,10	15,60	15,50	15,50	15,40
EE	3,80	2,90	2,80	2,80	2,70
FDN	20,00	10,16	13,08	16,00	18,92
FDN <sub>fe&gt;1,18 mm</sub>	10,29	10,16	12,72	15,80	18,78
FDN <sub>fe&gt;4,00 mm</sub>	2,48	10,16	12,14	15,29	18,36
FDN <sub>ref&gt;1,18 mm</sub>	7,23	0,00	3,60	7,20	10,80
FDN <sub>ref&gt;4,00 mm</sub>	6,10	0,00	3,05	6,10	9,15
FDA	7,19	3,76	5,31	6,86	8,41
CNF	54,00	65,00	61,70	58,40	55,10
Amido	55,40	42,60	40,40	38,20	36,10
EM, Mcal/kg MS	2,76	3,04	2,94	2,90	2,74

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

Ingredientes, % MS	CONT	FDN <sub>ref</sub> (% da MS) <sup>1</sup> (conclusão)			
		0	3,6	7,2	10,8
<i>Penn State Particle Separator – Retido, %</i>					
19 mm	0,00	0,50	0,50	0,25	0,99
8 mm	6,71	58,21	52,36	44,31	47,89
4,00 mm	5,71	41,29	44,16	48,27	46,66
1,18 mm	39,05	0,00	2,23	4,45	3,22
>1,18 mm	48,53	0,00	0,74	2,72	1,24
TMP a 1,18 mm	1,93	7,50	6,91	6,56	6,07
TMP a 4,00 mm	2,40	8,98	8,32	7,98	7,46

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>ref</sub>) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0FDN<sub>ref</sub>); 3,6 (3,6FDN<sub>ref</sub>); 7,2 (7,2FDN<sub>ref</sub>) e 10,8% (10,8FDN<sub>ref</sub>) de FDN<sub>ref</sub> (% da MS).

<sup>2</sup>Proporção dos ingredientes do *pellet* proteico: 43,3% de grãos de milho moídos; 43,3% de farelo de soja; 1,7% de ureia; 1,7% de cloreto de amônia; 5,0% de calcário; 5,0% de mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN<sub>ref</sub>; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

<sup>3</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>4</sup>MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN<sub>ref</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 1,18 mm; FDN<sub>ref</sub>>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 4,00 mm; FDN<sub>ref</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 1,18 mm; FDN<sub>ref</sub>>4,00 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 4,00 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; EM: energia metabolizável (NRC, 1984); TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm.

O feno de *coastcross* foi moído utilizando-se um moedor (Nogueira DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil) equipado com peneira com crivos de 20 mm (Tabela 2). Para a dieta CONT o feno foi misturado ao milho moído, farelo de soja, ureia, calcário, mistura mineral, cloreto amônia e monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato, Limeira, São Paulo, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 16 mg/kg de MS. O grão de milho inteiro, o *pellet* e o feno foram pesados em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte, LC 100, São Paulo, Brasil) e misturados imediatamente antes do fornecimento, sendo em seguida ofertadas *ad libitum* às 8 horas da manhã. No dia seguinte, anteriormente a pesagem das dietas experimentais, foram realizadas as leituras de cocho para definir a

quantidade a ser ofertada, cujas sobras foram mantidas abaixo de 10% da quantidade ofertada.

Tabela 2 - Composição química e tamanho de partículas dos ingredientes das dietas experimentais.

Itens, % da MS <sup>1</sup>	Ingredientes		
	Feno	Milho	<i>Pellet</i> <sup>2</sup>
MS, % da matéria natural	94,80	87,71	89,34
MO	89,67	96,94	88,67
MM	10,33	3,06	11,33
PB	11,02	9,23	32,92
EE	2,11	3,60	2,57
FDN	72,49	11,72	11,06
FDN <sub>fe</sub> >1,18 mm	72,32	11,55	8,96
FDN <sub>fe</sub> >4,00 mm	61,03	11,50	8,37
FDA	36,55	4,16	4,52
CNF	0,05	70,67	40,69
Amido	5,18	56,33	32,09
<i>Penn State Particle Separator – Retido, %<sup>3</sup></i>			
19 mm	47,06	0,00	0,00
8 mm	18,33	79,15	2,64
4,00 mm	18,82	18,96	73,06
1,18 mm	15,55	0,47	5,32
>1,18 mm	0,24	1,42	18,98
TMP a 1,8 mm	12,46	9,37	2,85
TMP a 4,00 mm	12,14	10,28	4,49

<sup>1</sup>MS: matéria seca; MO: Matéria Orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDN<sub>fe</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva a 4 mm; FDN<sub>fe</sub>>1,18 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 1,18 mm; FDN<sub>fe</sub>>4 mm: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem a 4,00 mm; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral.

<sup>2</sup>*Pellet* proteico: Proporção dos ingredientes do *pellet* proteico: 43,3% de grãos de milho moídos; 43,3% de farelo de soja; 1,7% de ureia; 1,7% de cloreto de amônia; 5,0% de calcário; 5,0% de mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN<sub>fe</sub>, 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

<sup>3</sup>TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm (HEINRICHS; KONONOFF, 2002).

### 6.2.3 Comportamento ingestivo

No dia da avaliação do comportamento ingestivo, as rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 1 g (Marte, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas para consumo *ad libitum*, visando manter as sobras inferiores a 10% da quantidade ofertada, tendo como base o consumo médio observado na semana anterior.

As avaliações do comportamento ingestivo foram realizadas nos dias 39, 65 e 93 do experimento de confinamento. Portanto, os animais já estavam bem adaptados às dietas e as condições experimentais. Em cada dia de avaliação, o comportamento ingestivo de cada animal foi observado por 24 horas, com observações realizadas a cada 5 minutos. Dois observadores devidamente treinados foram utilizados para cada turno de avaliação com duração de 3 horas. Foram determinados os tempos gastos com ingestão, ruminação, ócio e ingestão de água. 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; GRANT, 1994). Os tempos de ingestão, ruminação e mastigação também foram expressos em min/g de MS, min/g de FDN e min/g de FDN<sub>fe</sub> consumida. Imediatamente após cada dia de avaliação as sobras foram colhidas e amostradas (10%) para posterior determinação da composição química e cálculo do consumo de MS, FDN e FDN<sub>ref</sub>.

### 6.2.4 Análises laboratoriais e cálculos

Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das dietas experimentais ofertadas e sobras, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Em seguida todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. O teor de matéria seca (MS) foi determinado por meio da secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, a matéria orgânica (MO) foi obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990; #930.15 #942.05). A concentração de nitrogênio total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA), conforme a AOAC (1997; #990.03). O extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho Ankom XT15 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #920.39). A concentração de FDN e FDA foi determinada em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp.,

Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #968.06) segundo Van Soest et al. (1991), utilizou-se  $\alpha$ -amilase termoestável e sulfito de sódio, e posteriormente as amostras foram incineradas em mufla a 550 °C por 4 h corrigido para determinação da FDN e FDA livre de cinzas. O amido foi determinado utilizando o kit Megazyme (AOAC, 1995; #996.11).

O tamanho médio de partículas (TMP) dos ingredientes, das dietas e das sobras, foi determinado por meio do uso do *Penn State Particle Separator* (PSPS) projetado por Lammers et al. (1996). O tamanho de partículas foi determinado como a soma das proporções da amostra retida na peneira de 1,18 mm (>1,18 mm) e 4,00 mm (>4,00 mm). Assim, os valores foram determinados para TMP (>1,18 mm) e TMP (>4,00 mm) de cada ingrediente e dieta experimental, além da determinados do percentual retido em cada peneira. Posteriormente, a determinação da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>) de cada ração total e dos ingredientes foi determinada conforme Heinrichs e Kononoff (2002) adaptado por Mari (2003). A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>fef</sub>) foi determinada pela multiplicação da FDN<sub>fe</sub> da forragem (feno de *coastcross*) pelo teor de inclusão de forragem nas dietas experimentais.

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

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{ FDN} + \% \text{ CP} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

O NDT foi calculado de acordo com Weiss et al. (1992) por meio da equação:

$$\text{NDT (\%)} = \% \text{ PBdigestível} + (\% \text{ EEdigestíveis} \times 2,25) + \% \text{ FDNdigestível} \\ + \% \text{ CNFdigestível}$$

As estimativas de energia metabolizável (EM) seguiram as recomendações do NRC (1984):

$$\text{EM (Mcal/kg.dia)} = \text{NDT(kg)} * 4,4 * 0,82$$

### 6.2.5 Escore de consistência fecal

Durante a última semana de cada período experimental, 25<sup>o</sup> ao 30<sup>o</sup> dia, foi realizado a avaliação do escore de consistência fecal, conforme a metodologia descrita por Dickson e Jolly. (2011). Foram atribuídas notas de 1 a 5: 1 - fezes com formato uniforme e rígidas; 2 - fezes levemente desuniformes e friáveis; 3 - fezes desuniformes, forma uma pilha macia; 4 - fezes pastosas, forma uma pilha solta; 5 - fezes líquidas, inclui diarreia, conforme a Figura 1:



Escore 1 – fezes com formato uniforme e rígidas.

Escore 2 – fezes levemente desuniformes e friáveis.

Escore 3 – fezes desuniformes, forma uma pilha macia.

Escore 4 – fezes pastosas, forma uma pilha solta.

Escore 5 – fezes líquidas, inclui diarreia.

Figura 1 - Escore de consistência fecal, adaptado de Dickson e Jolly (2011).

### 6.2.6 Abate dos animais e características da carcaça

Ao final do período de confinamento todos os animais foram abatidos após jejum de sólidos de 16 horas. Imediatamente antes do abate os animais foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA). As carcaças quentes foram pesadas (PCQ), em seguida foi realizada a medida do pH das carcaças quentes (pHCQ) utilizando pHmêtro digital (Digimed DM20, São Paulo, Brasil) no músculo *Longissimus lumborum* entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas. Posteriormente, as carcaças foram resfriadas durante 24 horas a 4 °C e novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ), rendimento da carcaça fria (RCF) e perda por resfriamento (PR) foram calculados pelas fórmulas:

$$RCQ = \left( \frac{PCQ}{PCA} \right) \times 100;$$

$$RCF = \left( \frac{PCF}{PCA} \right) \times 100$$

$$PR = [(PCQ - PCF)/PCQ] \times 100$$

Após o processo de evisceração dos animais, os órgãos dos animais foram separados em duas caixas e pesados, essas caixas foram classificadas em vísceras vermelhas para pesagem de cada órgão, sendo o fígado, pulmão-traqueia, baço e coração. E a outra caixa classificada como vísceras brancas, onde foram dissecados separadamente os pré-estômagos e intestinos, e posteriormente aferido a massa do trato gastrointestinal cheio, retículo, omaso, abomaso, intestino grosso e intestino delgado. Também foi pesada a gordura omental, o diafragma e aferido o volume ruminal.

Durante a avaliação de carcaça, foram realizadas as medidas da espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre o músculo *Longissimus lumborum*, entre 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas dos dois lados da carcaça utilizando-se um paquímetro digital (Battery, modelo SR44, cidade, estado, país) graduado em milímetros. A face exposta do músculo *Longissimus lumborum* foi desenhada em papel vegetal, posteriormente sua área foi 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 foi medida a espessura de parede corporal (EPC), escore de marmoreio (EM) e escore de adiposidade (EADP), comprimento interno e externo de carcaça (CIC, CEC), profundidade de tórax (PT), perímetro de pernil (PP), comprimento de pernil (CP) e perímetro de garupa (PG), e foram calculados o índice de compacidade de carcaça (ICC): PCF/CIC, e o índice de compacidade de pernil (ICP): peso do pernil/CP (CEZAR; WANDRICK, 2007). Logo após este processo, as carcaças foram desossadas para a aferição do rendimento dos cortes, paleta, matambre, costela, pescoço, pernil, rabo, lombo, e também foi pesada a gordura peri-renal e os rins.

### 6.2.7 Avaliação da morfologia ruminal

Após o abate e obtenção das vísceras, um fragmento de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> da região cranial do saco dorsal do rúmen de cada animal foi coletado e foi realizada a contagem do número de papilas por três avaliadores (PEREIRA et al., 2020; RESENDE JÚNIOR et al., 2006). Após a contagem do número de papilas, doze papilas foram removidas aleatoriamente do fragmento e juntamente com esse

fragmento foram dispostas em lâminas de vidro e escaneadas em um scanner (Samsung SCX 4200).

As variáveis morfológicas macroscópicas avaliadas foram número de papilas por  $\text{cm}^2$  de parede (NP), altura, largura e área média das papilas (AMP), área da superfície absorviva por  $\text{cm}^2$  de parede e porcentagem de papilas por área de superfície absorviva. A área da superfície absorviva bem como a área e a altura das papilas foram mensuradas utilizando-se o programa para análise de imagens ImageJ. A área de superfície absorviva da parede (ASA) em centímetros quadrados foi calculada como:  $1 + (\text{NP} \times \text{AMP}) - (\text{NP} \times 0,002)$ , em que 1 representa 1  $\text{cm}^2$  de fragmento coletado e 0,002 é a área basal estimada das papilas em centímetros quadrados. A área das papilas, expressa em porcentagem de ASA, foi calculada como:  $(\text{NP} \times \text{AMP}) / (\text{ASA} \times 100)$  (PEREIRA et al., 2020; RESENDE Jr. et al., 2006).

### 6.2.8 Lesões sugestivas de ruminite

A classificação quanto às lesões sugestivas de ruminites foram realizadas pela abertura longitudinal do rúmen, onde foi observada a presença de lesões no epitélio, as quais foram classificadas conforme Garcia Neto et al. (2018), em lesões do tipo I, II, III, IV, V e VI, conforme a Figura 2.

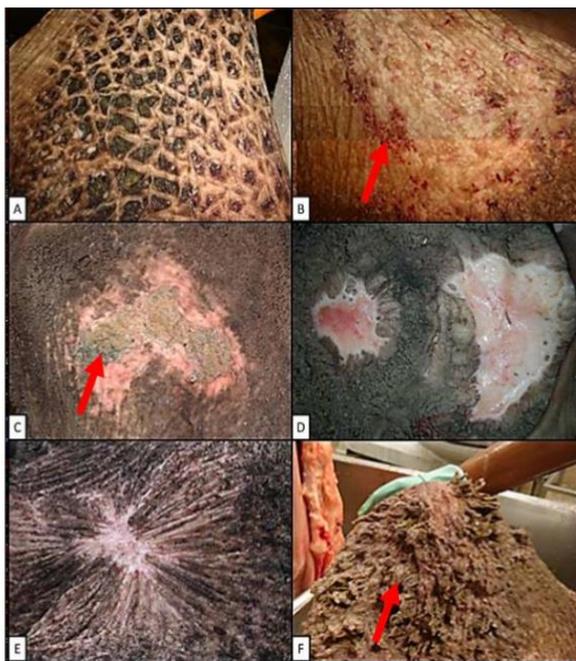


Figura 2 - Padrões de lesão macroscópica no rúmen de bovinos acometido por ruminite em consequência de distúrbios metabólicos em decorrência da ingestão

excessiva de carboidratos altamente fermentáveis no rúmen. Em (A): lesão tipo I ou “retalhos aderentes”. Em (B): lesão tipo II ou “erosiva” com hemorragia (seta). Em (C): lesão tipo III ou “pseudomembranosa” com membrana diftérica (seta). Em (D): lesão tipo IV ou “ulcerativa”. Em (E): lesão tipo V ou “retração cicatricial”. Em (F): lesão tipo VI ou “vilosidades aderidas” (seta) (GARCIA NETO et al., 2018).

### **6.2.9 Abscesso hepático**

Após a separação e pesagem do fígado, foi realizada a observação de abscessos hepáticos de acordo com Garcia Neto et al. (2018). A avaliação foi realizada a partir da palpação e de cortes longitudinais no órgão, foi atribuído escore de 0 a A+, sendo 0 = nenhum abscesso; A- = 1 ou 2 abscessos pequenos ou resquício cicatricial de abscesso; A = 2 ou 4 abscessos bem organizados; A+ = 1 ou mais abscessos grandes ou múltiplos abscessos pequenos e ativos.

### **6.2.10. Colheita de sangue para análises sanguíneas**

Ao término de cada subperíodo experimental foi realizada a colheita de sangue de todos os animais 4 horas após o arraçoamento. As colheitas foram realizadas via punção da veia jugular em dois tubos a vácuo, um com ativador de coágulo e outro com EDTA e fluoreto de sódio. As amostras de sangue coletadas em tubos com EDTA e fluoreto de sódio foram direcionadas para as análises de ureia e glicose. As amostras de sangue coletadas em tubos com ativador de coágulo foram destinadas para as análises de insulina, aspartato-aminotransaminase (AST) e gama-glutamilttransferas (GGT). Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas a  $3.000 \times g$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 15 minutos para separação do soro sanguíneo, uma alíquota correspondente a cada análise e animal foi coletada em mini tubos de 2,5 mL (Eppendorf, São Paulo, Brasil), identificada e armazenada a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para posterior análise.

#### **6.2.10.1 Aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT)**

A concentração sérica das enzimas aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT) foi determinada segundo a metodologia descrita por Schmid e Fostner (1986), em analisador bioquímico Randox, marca AMS, utilizando-

se kit comercial (Biosystems, Curitiba, Paraná, Brasil) junto a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP) em São Paulo, laboratório de pesquisa do Departamento de Clínica Médica.

### 6.2.10.2 Glicose e Ureia

A concentração de glicose e ureia plasmática foi determinada utilizando um espectrofotômetro de microplacas PowerWave HT (Biotec, Winooski, EUA), utilizando-se kits comerciais Glicose Liquiform e Ureia CE (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil) e seguindo o procedimento operacional padrão descrito no manual de instruções.

### 6.2.10.3 Insulina

As dosagens hormonais de insulina foram realizadas utilizando o método de quimiluminescência automatizada (Immulite® 1000, Siemens Healthineers, Deerfield, IL, EUA) através de Kits comerciais do Immulite 1000 (Siemens Healthineers, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) para determinação de insulina.

### 6.2.11 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do programa SAS, (2018), de acordo com o modelo estatístico que segue para medidas repetidas no tempo:  $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + P_l + (TP)_{kl} + E_{ijkl}$ , em que:  $\mu$  = média geral,  $A_i$  = efeito de animal ( $i = 1$  a 45)  $B_j$  = efeito de bloco ( $j = 1$  a 9),  $T_k$  = efeito de tratamento ( $k = 1$  a 5),  $P_l$  = efeito de período ( $l = 1$  a 3),  $(TP)_{kl}$  = interação entre tratamento e período experimental,  $E_{ijkl}$  = erro residual.

Para medidas únicas, foi utilizado o seguinte modelo:  $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + E_{ijk}$ , em que:  $\mu$  = média geral,  $A_i$  = efeito de animal ( $i = 1$  a 45)  $B_j$  = efeito de bloco ( $j = 1$  a 9),  $T_k$  = efeito de tratamento ( $k = 1$  a 5),  $E_{ijk}$  = erro residual.

A matriz de covariância que melhor se ajustou aos conjuntos de dados foi a “autoregressiva” (AR [1]). As médias de cada tratamento foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos teores de  $FDN_{fef}$  nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Foram realizados dois contrastes:

1 – CONT vs 0FDN<sub>ref</sub>; 2 – CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN<sub>ref</sub>. 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  $P \leq 0,05$ .

## 6.3 Resultados

### 6.3.1 Desempenho

Não houve efeito dos tratamentos sobre o escore de consistência fecal, a média de todos os tratamentos foi igual a 1 (dados não apresentados).

Durante a fase de adaptação (1<sup>a</sup> ao 10<sup>a</sup> dia do período experimental), nas dietas à base de grão de milho inteiro a inclusão de FDN<sub>ref</sub> aumentou o CMS em % do PC (efeito quadrático,  $P = 0,04$ ) e em g/ kg de PC<sup>0,75</sup> (efeito linear,  $P = 0,04$ ). No contraste com a dieta CONT, também se observou maior CMS (% do PC e g/ kg de PC<sup>0,75</sup>) para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN<sub>ref</sub>. Apesar disso, não houve efeito dos tratamentos sobre o ganho de peso médio diário (GMD), eficiência alimentar (EA) e conseqüentemente sobre o peso dos animais no final do período de adaptação (Tabela 3).

Após a adaptação foi avaliado o desempenho dos animais no decorrer de três períodos experimentais. Não houve interação entre os tratamentos e os períodos para nenhuma das variáveis avaliadas. Por este motivo, todos os dados após o período de adaptação foram analisados de forma agrupada considerando o período experimental por inteiro (Tabela 3).

O CMS diminuiu linearmente ( $P < 0,0001$ ) em resposta ao aumento no teor de FDN<sub>ref</sub>. Entretanto nos contrastes, os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados com FDN<sub>ref</sub> apresentaram menor CMS (kg/d, % do PC e g/kg de PC<sup>0,75</sup>;  $P \leq 0,05$ ) em relação aos do tratamento CONT. Contudo, não houve diferença no CMS dos animais alimentados com a dieta 0FDN<sub>ref</sub> em comparação aos da dieta CONT (Tabela 3).

Nas dietas com milho inteiro, os teores crescentes de FDN<sub>ref</sub> diminuíram linearmente ( $P < 0,01$ ) o GMD, a EA e o peso final dos animais (Tabela 3). No contraste com a dieta CONT, o GMD, a EA e o peso corporal final foram superiores ( $P < 0,01$ ) para os animais alimentados com a dieta 0FDN<sub>ref</sub>. Todavia, não houve diferença para nenhuma destas variáveis na comparação entre os animais

alimentados com as dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  e os da dieta CONT.

Tabela 3 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o desempenho de cordeiros em confinamento.

(continua)

Itens	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>					
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q	P	T*P
Adaptação (1 <sup>a</sup> ao 10 <sup>a</sup> dia)												
Idade Inicial, d	89,4	86,7	86,3	89,0	87,1	1,50	—	—	—	—	—	—
Peso inicial, kg	22,59	22,38	22,21	22,39	22,33	0,81	—	—	—	—	—	—
Peso final, kg	24,17	24,23	24,29	23,67	24,08	0,76	0,91	0,76	0,54	0,66	—	—
GMD, kg	0,158	0,186	0,208	0,128	0,174	0,01	0,56	0,75	0,42	0,70	—	—
CMS												
kg/d	0,48	0,47	0,51	0,51	0,51	0,02	0,55	0,19	0,14	0,15	—	—
% do PC	2,06	2,02	2,20	2,19	2,18	0,03	0,59	0,04	0,02	0,04	—	—
g/kg de PC <sup>0,75</sup>	45,04	44,08	48,15	47,78	47,71	0,7	0,58	0,05	0,04	0,07	—	—
EA, GMD/CMS	0,37	0,40	0,40	0,28	0,36	0,30	0,78	0,77	0,43	0,48	—	—

Tabela 3 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre desempenho de cordeiros em confinamento.

(conclusão)

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	Efeito <sup>3</sup>					
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q	P	T*P
Após adaptação (11 <sup>a</sup> ao 100 <sup>a</sup> dia)												
Idade inicial, d	99,4	96,7	96,3	99,2	97,1	2,31	—	—	—	—	—	—
Idade final, d	186,4	183,7	183,3	186,2	184,1	2,31	—	—	—	—	—	—
Peso inicial, kg	24,17	24,23	24,28	23,67	24,08	0,83	—	—	—	—	—	—
Peso final, kg	48,46	53,36	50,97	46,29	44,78	0,85	0,008	0,44	<0,0001	0,74	<0,0001	0,17
GMD, kg	0,28	0,34	0,31	0,26	0,23	0,01	0,001	0,36	<0,0001	0,93	0,23	0,41
CMS												
kg/d	0,99	1,05	1,05	0,88	0,79	0,02	0,16	0,009	<0,0001	0,11	<0,0001	0,80
% do PC	2,82	2,81	2,85	2,62	2,46	0,05	0,92	0,007	<0,0001	0,07	<0,0001	0,58
g/kg de PC <sup>0,75</sup>	68,24	68,97	69,74	62,87	58,89	1,12	0,71	0,007	<0,0001	0,09	<0,0001	0,74
EA, GMD/CMS	0,28	0,33	0,30	0,29	0,29	0,01	0,006	0,40	0,02	0,35	<0,0001	0,19

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático; P: efeito de período experimental; T\*P: interação entre tratamento e período experimental.

<sup>4</sup>GMD: ganho médio diário de peso corporal; CMS: consumo de matéria seca; PC: peso corporal; PC<sup>0,75</sup>: peso metabólico; EA: eficiência alimentar.

### 6.3.2 Metabólitos sanguíneos

Não houve efeito de interação entre os tratamentos e os períodos experimentais para nenhuma das variáveis sanguíneas avaliadas (Tabela 4). Contudo, nas dietas à base de milho inteiro, o aumento no teor de  $\text{FDN}_{\text{ref}}$  diminuiu linearmente a concentração de AST ( $P = 0,01$ ) e glicose (mg/dL) ( $P = 0,03$ ) e aumentou linearmente a concentração de ureia ( $P = ,04$ ). Por meio dos contrastes, a concentração de ureia plasmática foi inferior ( $P = 0,04$ ) para os animais da dieta  $0\text{FDN}_{\text{ref}}$  em comparação aos da dieta CONT (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre parâmetros sanguíneos de cordeiros.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>					
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q	P	T*P
AST, U/L	77,20	88,32	92,93	61,33	64,14	4,79	0,43	0,71	0,01	0,94	<0,001	0,61
GGT, U/L	56,53	54,99	50,37	50,51	49,34	2,00	0,81	0,23	0,35	0,65	<0,0001	0,49
Insulina, uIU/mL	18,43	22,96	11,66	16,11	15,69	1,86	0,46	0,43	0,26	0,12	<0,01	0,79
Glicose, mg/dL	96,52	104,52	100,68	91,19	92,44	2,36	0,17	0,71	0,03	0,56	<0,001	0,58
Ureia, mg/dL	42,61	36,77	42,03	42,53	43,19	1,13	0,04	0,99	0,04	0,28	<0,01	0,71

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático; P: efeito de período experimental; T\*P: interação entre tratamento e período experimental.

<sup>4</sup>AST: Aspartato-aminotransferase; GGT: gama-glutamilttransferase.

### 6.3.3 Comportamento Ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo os animais da dieta 0FDN<sub>fe</sub> apresentaram maior CMS em relação aos da dieta CONT ( $P < 0,001$ ), além disso, o CMS diminuiu linearmente ( $P < 0,0001$ ) em resposta ao aumento nos teores de FDN<sub>fef</sub> nas dietas à base de milho inteiro (Tabela 5).

Por meio dos contrastes, observou-se que o CFDN e CFDN<sub>fe</sub> foram menores para os animais que receberam as dietas contendo grãos de milho inteiros associados ou não à FDN<sub>fef</sub> em comparação aos da dieta CONT ( $P < 0,0001$ ). Contudo, o CFDN e CFDN<sub>fe</sub> aumentaram linearmente ( $P < 0,0001$ ) em resposta aos teores crescentes de FDN<sub>fef</sub> (Tabela 5).

Os animais que receberam a dieta 0FDN<sub>fe</sub> apresentaram menor ( $P < 0,001$ ) tempo de ingestão expresso em min/dia e min/g de MS quando comparados aos da dieta CONT. Entretanto, nas dietas à base de milho inteiro, o tempo de ingestão em min/d e min/g de MS aumentou linearmente ( $P < 0,01$ ) em função do aumento no teor de FDN<sub>fef</sub>. Quando o tempo de ingestão foi expresso em min/g de FDN<sub>fe</sub> observou-se maiores valores ( $P < 0,01$ ) para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não à FDN<sub>fef</sub> (Tabela 5).

O fornecimento das dietas à base de grãos de milho inteiros diminuiu ( $P \leq 0,01$ ) os tempos de ruminação e mastigação expressos em min/d e em min/g de MS consumida. Adicionalmente, nas dietas à base de grãos de milho inteiros observou-se efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos teores crescentes de FDN<sub>fef</sub> nos tempos de ruminação e mastigação expressos em min/d e em min/g de MS consumida, cujos maiores tempos de ruminação (min/d e min/g de MS) foram observados para os animais que receberam a dieta contendo 7,2% de FDN<sub>fef</sub> e os maiores tempos de mastigação para os animais que receberam a dieta contendo 10,8% de FDN<sub>fef</sub>. Na comparação com a dieta CONT, quando o tempo de ruminação e mastigação foi expresso em min/g de FDN, observou-se maior ( $P \leq 0,01$ ) valor para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados à FDN<sub>fef</sub>. Por sua vez, quando o tempo de ruminação e mastigação foi expresso em min/g de FDN<sub>fef</sub> observou-se maior ( $P < 0,001$ ) valor para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não a FDN<sub>fef</sub> (Tabela 5).

Os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros permaneceram maior ( $P < 0,001$ ) tempo em ócio (min/d) em comparação aos da dieta

CONT, além disso, observou-se efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos teores de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  sobre o tempo em ócio, em que o maior valor foi observado para os animais que receberam a dieta 0 $\text{FDN}_{\text{fef}}$  e o menor valor para os animais que receberam a dieta à base de grãos de milho inteiros contendo 7,2% de  $\text{FDN}_{\text{fef}}$  (Tabela 5). Não houve diferença no tempo despendido para ingestão de água entre as dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{ref}}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o comportamento ingestivo de cordeiros.

(Continua)

Itens <sup>4</sup>	CONT	$\text{FDN}_{\text{ref}}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>					
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $\text{FDN}_{\text{ref}}$	CONT*3 $\text{FDN}_{\text{ref}}$	L	Q	P	T*P
CMS, kg/d	1,31	1,50	1,42	1,31	1,22	0,02	0,0005	0,93	<0,0001	0,87	<0,0001	0,004
CFDN, g/d	295,86	162,76	174,28	200,14	239,54	7,35	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,16	<0,0001	0,0001
CFDN <sub>fe</sub> , g/d	320,75	148,32	178,03	206,94	240,25	7,61	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,84	<0,0001	<0,0001
Ingerindo												
Min/d	185,37	138,33	162,41	167,96	175,17	4,5	<0,0001	0,08	0,003	0,34	<0,0001	0,10
Min/g de MS	0,15	0,10	0,12	0,13	0,14	0,004	<0,0001	0,03	<0,0001	0,62	<0,0001	0,87
Min/g de FDN	0,68	1,13	1,45	1,13	1,15	0,11	0,17	0,04	0,81	0,54	0,103	0,53
Min/g de FDN <sub>fe</sub>	0,61	1,27	1,15	1,01	1,02	0,6	0,0001	0,001	0,11	0,58	0,0009	0,72
Ruminando												
Min/d	329,81	224,07	288,89	295,00	288,30	7,70	<0,0001	0,01	0,002	0,001	<0,0001	0,60
Min/g de MS	0,32	0,22	0,28	0,29	0,28	0,01	<0,0001	0,01	0,002	0,001	<0,0001	0,60
Min/g de FDN	1,15	1,88	2,28	1,89	1,73	0,13	0,06	0,01	0,5	0,31	0,67	0,59
Min/g de FDN <sub>fe</sub>	1,04	2,13	1,93	1,72	1,60	0,09	<0,0001	0,0008	0,03	0,84	0,36	0,93

Tabela 5 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o comportamento ingestivo de cordeiros.

(Conclusão)

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	$P$ -valor <sup>3</sup>					
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q	P	T*P
Mastigando												
Min/d	515,19	362,41	451,3	462,96	464,15	9,62	<0,0001	0,002	<0,0001	0,006	<0,0001	<0,0001
Min/g de MS	0,50	0,35	0,44	0,45	0,45	0,001	<0,0001	0,002	<0,0001	0,006	<0,0001	0,72
Min/g de FDN	1,83	3,00	3,73	3,02	2,88	0,23	0,09	0,02	0,63	0,39	0,32	0,53
Min/g de $FDN_{fe}$	1,65	3,4	3,08	2,73	2,62	0,14	<0,0001	0,0003	0,03	0,71	0,05	0,84
Ócio, min/d	918,89	1066,48	982,59	966,67	967,31	9,51	<0,0001	0,0003	<0,0001	0,007	<0,0001	0,75
Água, min/d	5,93	11,11	6,11	10,37	7,94	1,10	0,12	0,42	0,63	0,59	0,22	0,69

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ , 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L : efeito linear; Q: efeito quadrático; P: efeito de período experimental; T\*P: interação entre tratamento e período experimental.

<sup>4</sup>CMS: consumo de matéria seca; CFDN: consumo de FDN;  $CFDN_{fe}$ : consumo de  $FDN_{fe}$ .

### 6.3.4 Carcaças

Nos contrastes, observou-se que os animais que receberam a dieta 0FDN<sub>ref</sub> apresentaram maior PVA ( $P < 0,01$ ), PCQ ( $P < 0,01$ ), PCF ( $P < 0,01$ ), RCF ( $P = 0,05$ ), EPC ( $P < 0,001$ ), GPR ( $P < 0,001$ ) e PG ( $P = 0,04$ ) quando comparados aos da dieta CONT. Entretanto, o CIC ( $P = 0,03$ ) e o pHQC ( $P = 0,02$ ) foram inferiores para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a FDN<sub>ref</sub>. A EGS, CEC e o EM não foram afetados pelas dietas experimentais. Por sua vez, nas dietas à base de milho inteiro, o aumento no teor de FDN<sub>ref</sub> ocasionou diminuição linear no PVA ( $P < 0,001$ ), PCQ ( $P < 0,001$ ), PCF ( $P < 0,001$ ), RCF ( $P < 0,01$ ), EPC ( $P < 0,001$ ), escore de adiposidade de carcaça (EADP;  $P < 0,01$ ), GPR ( $P < 0,0001$ ), área de olho de lombo (AOL;  $P = 0,001$ ), PG ( $P = 0,03$ ), índice de compacidade de pernil (ICP;  $P < 0,02$ ) e índice de compacidade de carcaça (ICC;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $\text{FDN}_{\text{fef}}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre as características de carcaça de cordeiros confinados.

(Continua)

Itens <sup>4</sup>	CONT	$\text{FDN}_{\text{fef}}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $\text{FDN}_{\text{fef}}$	CONT* $\text{FDN}_{\text{fef}}$	L	Q
PCA, kg	49,13	54,37	51,98	46,26	44,57	1,12	<0,01	0,30	<0,001	0,80
PCQ, kg	27,08	30,88	29,30	24,92	24,25	0,80	<0,01	0,33	<0,001	0,57
PCF, kg	26,56	30,30	28,74	24,47	23,77	0,77	<0,01	0,33	<0,001	0,63
RCQ, %	54,96	55,65	56,14	53,93	54,27	0,37	0,52	0,85	0,10	0,91
RCF, %	53,88	55,79	55,08	52,95	53,12	0,34	0,05	0,83	<0,01	0,55
PR, %	1,96	1,75	1,90	1,83	2,02	0,07	0,38	0,82	0,34	0,91
EPC, mm	19,42	25,59	24,35	19,29	20,22	0,80	<0,001	0,12	<0,001	0,32
EGS, mm	2,18	2,36	2,57	1,85	2,38	0,17	0,71	0,82	0,69	0,67
EM	1,22	1,44	1,33	1,11	1,12	0,07	0,32	0,86	0,13	0,71
EADP	1,56	2,0	1,67	1,44	1,38	0,09	0,07	0,78	<0,01	0,42
GPR, kg	0,52	0,81	0,81	0,41	0,40	0,04	<0,001	0,73	<0,0001	0,89
AOL, cm <sup>2</sup>	18,75	20,39	20,23	16,77	17,01	0,51	0,178	0,45	0,001	0,815
PT, cm	27,44	26,50	26,33	26,17	25,44	0,24	0,095	0,003	0,10	0,57
PG, cm	68,78	73,46	71,94	40,48	68,47	0,89	0,04	0,40	0,03	0,88
PP, cm	50,78	51,50	50,17	49,33	48,37	0,60	0,64	0,25	0,07	0,88

Tabela 6 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre as características de carcaça de cordeiros confinados.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q
CP, cm	35,52	35,33	34,89	33,83	34,09	0,49	0,90	0,32	0,27	0,76
ICP, kg/cm	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11	0,004	0,01	0,13	0,02	0,92
CEC, cm	62,54	62,56	61,28	61,28	60,17	0,52	0,99	0,08	0,054	0,92
CIC, cm	65,44	65,17	65,22	63,44	62,37	0,54	0,78	0,03	0,68	0,35
ICC, kg/cm	0,40	0,46	0,44	0,38	0,39	0,001	0,0008	0,81	<0,0001	0,44
pHCQ	7,00	6,79	6,62	6,72	6,86	0,046	0,13	0,02	0,80	0,13
pHCF	5,80	5,84	5,74	5,86	5,87	0,030	0,71	0,80	0,50	0,42

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 ( $0FDN_{fef}$ ); 3,6 ( $3,6FDN_{fef}$ ); 7,2 ( $7,2FDN_{fef}$ ) e 10,8% ( $10,8FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs  $3,6FDN_{fef}$ ;  $7,2FDN_{fef}$  e  $10,8FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>PCA: peso corporal ao abate; PCQ: peso de carcaça quente; PCF: peso de carcaça fria; RCQ: rendimento de carcaça quente; RCF: rendimento de carcaça resfriada; PR: perda por resfriamento; EPC: espessura de parede corporal; EG: espessura de gordura subcutânea; EM: escore de marmoreio; EADP: escore de adiposidade da carcaça; GPR: gordura peri-renal; AOL: área de olho de lombo; PT: perímetro de tórax; PG: perímetro de garupa; PP: perímetro de pernil; CP: comprimento de pernil; ICP: índice de compacidade de pernil; CIC: comprimento interno de carcaça; ICC: índice de compacidade de carcaça; pHCQ: pH de carcaça quente; pHCF: pH de carcaça fria.

Na comparação com os animais que receberam a dieta CONT, o fornecimento da dieta 0FDN<sub>ref</sub> aumentou o peso do pescoço ( $P = 0,04$ ), paleta ( $P < 0,0001$ ), costela ( $P < 0,01$ ), lombo ( $P < 0,01$ ), pernil ( $P = 0,03$ ) e matambre ( $P = 0,02$ ). Adicionalmente, o peso de todos estes cortes diminuiu linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento nos teores de FDN<sub>ref</sub> (Tabela 7).

Tabela 7 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o peso dos cortes da carcaça de cordeiros confinados.

Itens	CONT	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q
Cortes, kg										
Pescoço	0,98	1,16	0,95	1,00	0,93	0,04	0,12	0,86	0,03	0,31
Paleta	2,49	2,92	2,53	2,27	2,06	0,07	<0,0001	0,04	<0,0001	0,29
Costela	3,54	4,12	3,88	3,23	3,19	0,12	<0,01	0,49	<0,0001	0,49
Lombo	0,99	1,24	1,11	0,98	0,93	0,04	<0,01	0,80	<0,01	0,57
Pernil	4,03	4,43	4,27	3,71	3,68	0,11	0,03	0,33	<0,0001	0,67
Matambre	0,69	0,83	0,84	0,63	0,63	0,03	0,02	0,76	<0,001	0,90
Rabo	0,12	0,15	0,19	0,13	0,10	0,01	0,43	0,56	0,15	0,37

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

### 6.3.5 Desenvolvimento do trato gastrintestinal

Nos contrastes, na comparação com os animais da dieta CONT, observou-se que o peso do retículo foi superior ( $P \leq 0,05$ ) para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados ou não a  $FDN_{ref}$ . Por sua vez, o peso do omento foi superior ( $P < 0,01$ ) apenas para os animais que receberam a dieta  $0FDN_{ref}$ . De forma contrária, os animais que receberam as dietas à base de milho inteiro contendo  $FDN_{ref}$  apresentaram menor ( $P = 0,03$ ) peso de ceco. O aumento nos teores de  $FDN_{ref}$  nas dietas à base de milho inteiro diminuiu linearmente o peso do ceco ( $P < 0,01$ ) e do omento ( $P < 0,0001$ ). O volume ruminal e os pesos do TGI cheio, TGI vazio, rúmen, omaso, abomaso, ID e IG não foram afetados pelas dietas experimentais (Tabela 8).

Na avaliação das papilas ruminais, o número, a área de papilas e porcentagem de papilas por área de superfície absorptiva não foram afetados pelas dietas experimentais. Entretanto, os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros associados a  $FDN_{ref}$  apresentaram menor ( $P = 0,02$ ) área de superfície absorptiva em comparação aos da dieta CONT, não havendo efeito dos teores de  $FDN_{ref}$  para esta variável (Tabela 9).

Quanto à avaliação do epitélio ruminal, nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de acidose. Contudo, na avaliação do fígado quanto a presença de abscesso hepático, dois animais da dieta  $0FDN_{ref}$  apresentaram 2 pequenos abscessos hepáticos cada (escore A-) (dados não apresentados), nos animais dos demais tratamentos nenhum abscesso hepático foi observado.

Tabela 8 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros sobre o volume ruminal e peso dos componentes do trato gastrointestinal de cordeiros confinados.

Itens <sup>4</sup>	CONT	$FDN_{ref}$ (% da MS) <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
		0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{ref}$	CONT* $FDN_{ref}$	L	Q
Volume ruminal, L	15,09	15,90	14,11	16,39	14,83	0,35	0,34	0,98	0,75	0,86
Peso dos componentes do trato gastrintestinal, kg										
TGI cheio	9,90	9,52	9,51	9,33	9,46	0,21	0,49	0,30	0,88	0,84
TGI vazio	7,53	7,09	7,02	7,04	7,28	0,19	0,42	0,36	0,74	0,70
Rúmen	0,96	1,03	0,98	0,94	0,83	0,03	0,51	0,60	0,07	0,68
Retículo	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	<0,01	0,04	0,05	0,45	0,50
Omaso	0,08	0,07	0,07	0,09	0,07	<0,01	0,44	0,45	0,79	0,54
Abomaso	0,15	0,16	0,16	0,16	0,14	0,01	0,32	0,61	0,13	0,50
Intestino delgado	0,56	0,55	0,52	0,56	0,50	0,02	0,93	0,49	0,43	0,56
Intestino grosso	0,44	0,39	0,43	0,40	0,37	0,01	0,30	0,30	0,51	0,30
Ceco	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	<0,01	0,81	0,03	<0,01	0,35
Omento, kg	1,14	1,64	1,49	1,06	0,78	0,09	<0,01	0,81	<0,0001	0,58

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{ref}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{ref}$ ), 3,6 (3,6 $FDN_{ref}$ ), 7,2 (7,2 $FDN_{ref}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{ref}$ ) de  $FDN_{ref}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{ref}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{ref}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{ref}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{ref}$ , 7,2 $FDN_{ref}$  e 10,8 $FDN_{ref}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>TGI: trato gastrintestinal; N°. papilas: número de papilas ruminais; ASA: área de superfície absorptiva; %papilas/ASA: porcentagem de papilas por área de superfície absorptiva, Largura: largura média de papilas; Altura: altura média de papilas.

Tabela 9 - Efeito de teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) em dietas à base de grãos de milho inteiros na morfometria ruminal de cordeiros confinados.

Itens <sup>4</sup>	$FDN_{fef}$ (% da MS) <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	<i>P</i> -valor <sup>3</sup>			
	CONT	0	3,6	7,2	10,8		CONT*0 $FDN_{fef}$	CONT* $FDN_{fef}$	L	Q
Nº papilas/cm <sup>2</sup>	80,64	61,8	55,97	63,34	56,6	5,09	0,24	0,96	0,87	0,97
Area papilas, cm <sup>2</sup>	0,25	0,30	0,28	0,21	0,21	0,02	0,27	0,59	0,02	0,72
ASA, cm <sup>2</sup>	20,57	18,45	14,83	12,57	12,00	1,37	0,57	0,02	0,08	0,57
%papilas/ASA	94,35	94,21	93,80	90,45	91,86	0,59	0,93	0,12	0,08	0,47
Largura, cm	0,22	0,23	0,23	0,19	0,22	0,01	0,39	0,94	0,22	0,39
Comprimento, cm	0,60	0,66	0,64	0,56	0,50	0,02	0,27	0,55	0,008	0,73

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta à base de grãos de milho moídos contendo 7,2% de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{fef}$ ) e dietas à base de grãos de milho inteiros contendo 0 (0 $FDN_{fef}$ ); 3,6 (3,6 $FDN_{fef}$ ); 7,2 (7,2 $FDN_{fef}$ ) e 10,8% (10,8 $FDN_{fef}$ ) de  $FDN_{fef}$  (% da MS).

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

<sup>3</sup>CONT\*0 $FDN_{fef}$ : CONT vs dieta à base de grãos de milho inteiros sem forragem; CONT\* $FDN_{fef}$ : CONT vs dietas à base de grãos de milho inteiros associados à  $FDN_{fef}$  (CONT vs 3,6 $FDN_{fef}$ ; 7,2 $FDN_{fef}$  e 10,8 $FDN_{fef}$ ); L: efeito linear; Q: efeito quadrático.

<sup>4</sup>TGI: trato gastrintestinal; Nº. papilas: número de papilas ruminais; ASA: área de superfície absorptiva; %papilas/ASA: porcentagem de papilas por área de superfície absorptiva, Largura: largura média de papilas; Altura: altura média de papilas.

## 6.4 Discussão

### 6.4.1 Desempenho

A adaptação dos animais iniciou com a oferta das dietas em 2,0% do PCJ, com aumentos gradativos de 0,4% do PCJ a cada 2 dias até a oferta *ad libitum* no 11<sup>a</sup> dia, que correspondeu ao final do período de adaptação, o que justifica a similaridade no CMS em kg/dia, no GMD e na EA dos cordeiros durante o período de adaptação, indicando que o protocolo de adaptação adotado foi bem sucedido. Vale lembrar que uma preocupação recorrente quanto ao uso de grãos de milho inteiros para ovinos jovens diz respeito à aceitação e a seletividade dos componentes da dieta, especialmente nos dias iniciais.

Após a adaptação, o aumento no teor de FDN<sub>fef</sub> nas dietas com milho inteiro diminuiu o CMS. De acordo com Mertens (1997), 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. Então, provavelmente, no presente experimento a diminuição no CMS foi devido a limitação física que se intensificou à medida que o teor de FDN<sub>fef</sub> aumentou nas dietas com milho inteiro. De acordo com Krehbiel et al. (2006) em dietas com alta proporção de grãos, os animais ruminantes são eficientes em ajustar o CMS para manter o consumo de energia. O NDT do milho (82%) é 1,4 vezes superior ao NDT do feno de *coastcross* (50%) (ÍTAVO et al., 2002; NRC, 2007), então é evidente que no presente experimento a inclusão de FDN<sub>fef</sub> em substituição ao milho inteiro diminuiu a concentração energética das dietas, contudo os animais não foram capazes de aumentar o CMS para contrapor a este decréscimo, permitindo sugerir que o grão de milho inteiro apresentou elevada capacidade de enchimento ruminal (Tabela 3) o que resultou em diminuição no CMS. Esta hipótese é consistente com a ausência de efeito dos tratamentos sobre o volume ruminal, peso do trato gastrointestinal cheio e peso do trato gastrintestinal vazio (Tabela 5).

Em dietas balanceadas, o GMD é determinado pelo consumo de energia (NRC, 2007). Cordeiros que recebem dietas com alto teor de volumoso (FERREIRA et al., 2019; MENDES et al., 2008; RIBEIRO et al., 2019) e, portanto, com menor concentração energética normalmente apresentam menor GMD e pior EA que os que recebem dietas com alto teor de grãos e alta concentração energética (FERREIRA et

al., 2011; GASTALDELLO Jr., 2010; QUEIROZ et al., 2008). Então, no presente experimento a diminuição linear no GMD e na EA com o aumento nos teores de  $FDN_{\text{ref}}$  nas dietas com milho inteiro foi devido ao menor CMS e conseqüente menor ingestão de energia digestível. Potencialmente, a dieta à base de grãos de milho inteiro sem forragem ( $0FDN_{\text{ref}}$ ) apresentou maior concentração energética que a dieta CONT que continha 10% de feno, o que justifica o aumento de 20% no GMD e de 14% na EA em favor da dieta com milho inteiro (Tabela 3). São limitadas as informações disponíveis na literatura com relação ao uso de dietas à base de milho inteiro para ovinos, contudo Gallo et al. (2014) havia demonstrado o potencial desta estratégia alimentar para terminação de cordeiros em confinamento, cujos benefícios foram evidenciados no presente experimento, tendo em vista os excelentes resultados de desempenho observados em favor da dieta com milho inteiro mesmo quando comparada a uma dieta CONT clássica, que tem sido utilizada com muito sucesso para terminação de cordeiros no Brasil (FERREIRA et al., 2011; GASTALDELLO Jr., 2010; POLIZEL et al., 2021ab; QUEIROZ et al., 2008; RODRIGUES et al., 2008).

#### **6.4.2 Metabólitos sanguíneos**

Para os parâmetros sanguíneos, com o aumento da  $FDN_{\text{ref}}$  nas dietas à base de grãos de milho inteiros, observou-se decréscimo na concentração de AST (U/L) e glicose (mg/dL) e acréscimo na concentração de ureia. Apesar disso, as concentrações séricas destes metabólitos, bem como a concentração de GGT estavam na faixa normal para ovinos (CRUZ et al., 2017; GALLO, et al., 2019; LOBO et al., 2020), o que denota que os animais apresentaram correto funcionamento do fígado e conseqüentemente boa saúde hepática (LOBO et al., 2020). Contudo, vale evidenciar que na dieta à base de milho inteiro sem forragem foi encontrado em dois animais, dois pequenos abscessos hepáticos, o que ressalta que a utilização desta dieta requer cuidados, pois o animal é fortemente desafiado. Por outro lado, apesar das dietas terem sido isonitrogenadas, o aumento na concentração de ureia sérica pode ter sido decorrente da diminuição no GMD em resposta ao aumento no teor de  $FDN_{\text{ref}}$  nas dietas à base de milho inteiro, o que provavelmente resultou em menor demanda de N para hipertrofia muscular. Por sua vez, o decréscimo na glicose circulante pode estar relacionado ao decréscimo no teor de amido das dietas em resposta ao aumento no teor de  $FDN_{\text{ref}}$  (Tabela 1).

### 6.4.3 Comportamento ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo, a exemplo do observado no experimento de desempenho, houve decréscimo linear no CMS, contudo, o consumo de FDN e de  $FDN_{fe}$  aumentou linearmente, o que decorreu do aumento na inclusão de feno de *coastcross* como fonte de  $FDN_{fef}$  nas dietas à base de grãos de milho inteiros. Por sua vez, os animais que receberam a dieta CONT também apresentaram maior CMS e conseqüentemente maior CFDN e  $CFDN_{fe}$  que os dos demais tratamentos, o que explica os maiores tempos de ruminação e mastigação (min/d e min/g de MS) observados para os animais da dieta CONT em relação aos que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros. Tais resultados reafirmam a ideia de que o tempo de ruminação é altamente correlacionado ( $r^2 = 0,96$ ) com o consumo de FDN (WELCH; HOOPER, 1988). Além disso, o tempo de ruminação também pode ser afetado pela natureza da dieta (VAN SOEST, 1994).

### 6.4.4 Carcaças

No que se refere às avaliações das características de carcaça, devido ao maior GMD, os animais que receberam a dieta  $0FDN_{fef}$  apresentaram maior peso corporal final e conseqüentemente maior PCA. O peso de carcaça está diretamente relacionado ao peso de abate (OLIVEIRA et al., 2018), então o maior PCQ e PCF para os animais da dieta  $0FDN_{fef}$  foi devido ao maior PCA (Tabela 6). O tipo de dieta afeta o rendimento de carcaça, animais alimentados com dietas contendo maior proporção de volumoso (BASSO et al., 2018; KELES et al., 2018; MANARELLI et al., 2019; MENDES et al., 2008; SUASSUNA et al., 2014) apresentam menor rendimento de carcaça que os alimentados com dietas com alta proporção de concentrado (FERREIRA et al., 2011; FERREIRA et al., 2014; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2010), resposta similar foi observada no presente experimento, uma vez que, o RCF diminuiu linearmente com os teores crescentes de inclusão  $FDN_{fef}$  nas dietas à base de grãos de milho inteiros, assim como houve maior RCF para os animais da dieta  $0FDN_{fef}$  quando comparados com os da dieta CONT que continha 10% de feno de *coastcross* (7,2% de  $FDN_{fef}$ ).

Não houve diferença no peso do TGIC e peso do TGIV, ao mesmo tempo em que o peso dos cortes principais da carcaça e os índices de compacidade de carcaça

e de pernil foram superiores para os animais que receberam a dieta  $0FDN_{ref}$  em comparação aos que receberam a dieta CONT. Portanto, é possível inferir que o maior rendimento de carcaça fria dos animais que receberam a dieta  $0FDN_{ref}$  foi devido a maior deposição de tecidos moles (carne e gordura) na carcaça destes animais.

Uma das finalidades da gordura subcutânea é proteger a carcaça durante o resfriamento, prevenindo da desidratação superficial. Então, existe uma relação inversa entre a EGS e as perdas por resfriamento (NASCIMENTO et al., 2018). No presente experimento, a EGS não foi afetada pelos tratamentos, o que explica a similaridade nas perdas por resfriamento (Tabela 6). Em conjunto, as medidas de adiposidade indicaram que a EPC mostrou ser mais efetiva para avaliar a deposição de gordura na carcaça que a EGS medida à altura da 12<sup>a</sup> costela, tendo em vista que os dados de espessura de parede corporal foram mais coerentes com os dados de GMD e peso de carcaça.

Os pesos da paleta, costela, lombo, pernil e matambre (Tabela 7) tiveram relação direta com o peso das carcaças, sendo superiores para os animais que receberam a dieta  $0FDN_{ref}$  que por sua vez produziram as carcaças mais pesadas (Tabela 6). Demonstrando que o desenvolvimento anatômico das regiões corporais que constituíram esses cortes foi proporcional ao desenvolvimento da carcaça como um todo.

#### **6.4.5 Desenvolvimento do trato gastrintestinal**

O tamanho corporal possui relação direta com o tamanho dos órgãos (ALMEIDA et al., 2017; PAZOKI et al., 2017; XIE et al., 2020), o que em parte pode explicar a diferença no peso do retículo que foi maior para os animais que receberam as dietas à base de grãos de milho inteiros em relação aos da dieta CONT. Tais resultados corroboram com Suárez et al. (2006), que trabalhando com suplementação de carboidratos sobre o desenvolvimento ruminal de bezerros observaram menor peso do retículo-rúmen em dietas com alto teor de amido.

Todas as variáveis relacionadas às medidas das papilas ruminais foram semelhantes entre os animais que receberam a dieta  $0FDN_{ref}$  e os da dieta CONT, isso associado a ausência de qualquer lesão no epitélio ruminal indica que a dieta  $0FDN_{ref}$  foi eficiente em manter as condições ruminais adequadas sem prejudicar a capacidade de absorção ruminal. Contudo, a área de superfície absorptiva e o

comprimento de papilas diminuíram com o aumento nos teores de  $FDN_{\text{fef}}$  nas dietas à base de milho inteiro, o que provavelmente esteve relacionado ao menor suprimento de energia no rúmen decorrente da diminuição do teor de amido das dietas (Tabela 1) conforme o teor de  $FDN_{\text{fef}}$  aumentou.

## 6.5 Conclusões

O uso de grãos de milho inteiros em dietas para cordeiros dispensa qualquer teor de inclusão de forragem. O milho inteiro mostrou ser uma opção para terminação de cordeiros em confinamento, porque melhora o desempenho dos animais e as características quantitativas das carcaças produzidas, com destaque para o aumento no ganho de peso, na eficiência alimentar, no rendimento de carcaça fria e no peso dos cortes principais (paleta, costela, lombo, pernil e matambre). Portanto, o milho inteiro é uma estratégia que pode ser utilizada com sucesso na produção de cordeiros precoces em confinamento. Contudo, vale salientar que o sucesso no uso de dietas à base de grãos de milho inteiros depende da realização de um período de adaptação gradual e bem planejado.

## Referências

ALMEIDA C.M.; FERREIRA, F.A.; CORTE, R.R.S.; ANTONELLO, D.S.; GÓMEZ, J.F.M.; SEMINAL SILVA, S.D.L. Roughage levels impact on performance and carcass traits of finishing Nellore cattle fed whole corn grain diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 1709-1713, 2017.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTICS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTICS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTICS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990, 1117p.

ARMENTANO, L.E. Impact of metabolism by extra gastrointestinal tissue on secretory rate of milk proteins. **Journal of dairy science**, v. 77, p. 2809-2820, 1994.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, [S.L.], v. 80, p. 1416-1425, 1997.

BEAUCHEMIN, K.A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfafa hay quality on chewing activities, rúmen function, and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3140-3151, 1991.

CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso de amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A Mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.

CEZAR, M.F., SOUSA, W.H. 2007. **Carcças Ovinas e Caprinas - Obtenção - Avaliação - Tipificação**, 1st ed. Editora da UFCG, Campina Grande - PB.

CRUZ, R.E.S.; ROCHA, F.M.; SENA, C.V.B.; NOLETO, P.G.; GUIMARÃES, E.C.; GALO, J.A.; MUNDIM, A.V. Effects of age and sex on blood biochemistry of Dorper lambs influência das faixas etárias e do sexo sobre variáveis bioquímicas sanguíneas de cordeiros da raça Dorper. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 3085-3094, 2017.

DICKSON, H.; JOLLY, S. **National Procedures and Guidelines for Intensive Sheep and Lamb Feeding Systems**. Meat & Livestock Australia Limited, 2011.

FERREIRA, E.M.; FERRAZ JR.; M.V.C.; BIAVA, J.S.; ASSIS, R.G.; BARROSO, J.P.R.; POLIZEL, D.M.; ARAUJO, L.C.; PIRES, A.V. Implications of carbohydrate sources and rate of body weight gain on puberty in ewe lambs in tropical climate conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 373-378, 2019.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEGHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9-18, 2014.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO, R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle, In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 2002, San Antonio. **Proceedings** [...]. San Antonio: Texas A&M Reserch and Extension Center, 2002, p. 67-81.

GALLO, S.B.; BROCHADO, T.; BRANDI, R.A.; BUENO, I.C.S.; PASSARELI, D.; BIRGEL, D.B.; BIRGEL JUNIOR, E.H. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 767-773, 2019.

GARCIA NETO, A.F. **Ruminite, abscessos hepáticos e enfermidades podais em bovinos: avaliação dos achados após o abate**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Goiânia, 2018.

GASTALDELLO JR, A.L.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados com rações de alta proporção de concentrado contendo monensina sódica, bicarbonato de sódio e fontes de calcário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556-562, 2010.

HALL, M.B., 2000. **Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis**. A laboratory manual. Univ. Florida Ext. Bull. 339. Gainesville.

HEINRICH, J.; KONONOFF, P. 2002. **Evaluating Particle Size of Forages and Tmrs Using the New Penn State Forage Particle Separator**. Pennsylvania: the Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science. 14 p. (Technical Report Das 02-42).

HERNÁNDEZ, J.; BENEDITO, J.L.; ABUELO, A.; CASTILLO, C. Ruminal acidosis in feedlot: from an etiology to prevention. **The Scientific World Journal**, v. 2014. Art. Id 702572.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1024-1032, 2002.

KONONOFF, P.J.; HEINRICKS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification on the Penn State total mixed ration particle separator and the effect of moisture content on its measurement. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

KRAJCARSKI-HUNT, H.; PLAIZIER, J.C.; WALTON, J.-P.; SPRATT, R.; MCBRIDE, B.W. Effect of subacute ruminal acidosis on *in situ* fiber digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 570-573, 2002.

KREHBIEL, C.R.; CRANSTON, J.J.; MCCURDY, M.P. An upper limit for caloric density of finishing diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. E34-E39, 2006.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 922-928, 1996.

LOBO, R. R.; VINCENZI, R.; ROJAS-MORENO, D.A.; LOBO, A.A.; SILVA, C.M.D.; BENETEL-JUNIOR, V.; PINHEIRO, R.S. Inclusion of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract in the diet of growing lambs: effects on blood parameters, animal performance, and carcass traits. **Animals**, v. 10, p. 961, 2020.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) (Stapf Cv. Marandu): Produção, valor nutritivo e perdas associadas a fermentação da silagem**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; NUSSIO, L.G.; ARAUJO, R.C.; RIBEIRO, M.F. Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com silagem de cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 733-740, 2008.

MERTENS, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

NASCIMENTO, U.F.S.; SANTOS, G.R.A.; AZEVEDO, C.S.; MACEDO, F.A.F.; GONÇALVES, T.R.; BOMFIM, L.E.L.M.; FARIAS, J.S.; SANTOS, A.D.F. Desempenho e características de carcaça de cordeiros ½ Dorper + Santa Inês abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, p. 125-135, 2018.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 8<sup>th</sup> Rev. Ed. Washington: National Academy Press, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academy Press, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 6<sup>th</sup>. Ed. Washington: National Academy Press, 1984.

OLIVEIRA, F.G.; SOUSA, W.H.; CARTAXO, F.Q.; CUNHA, M.G.; RAMOS, J.P.F.; CEZAR, M.F.; MENEZES, L.M.; OLIVEIRA, A.B. Carcass characteristics of Santa Inês sheep with different biotypes and slaughtering weights. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, p. 347-359, 2018.

PAZOKI, A.; GHORBANI, G.R.; KARGAR, S.; SADEGHI-SEFIDMAZGI, A.; DRACKLEY, J.K.; GHAFFARI, M.H. Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p.173–185, 2017.

PEREIRA, M.C.S.; DELLAQUA, J.V.T.; SOUSA, O.A.; SANTI, P.F.; FELIZARI, L.D.; REIS, B.Q.; MILLEN, D.D. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nellore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. **Livestock Science**, v. 234, 103985, 2020.

PINTO, A.C.; MILLEN, D.D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, p. 392-407, 2018.

POLIZEL, D.M.; MARQUES, S.S.; WESTPHALEN, M.F.; GOUVEA, V.N.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.D.C.; MISZURA, A.A.; PIRES, A.V. Narasin inclusion for feedlot lambs fed a diet containing high amounts of ground flint corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, e20200010, 2021b.

POLIZEL, D.M.; MARTINS, A.S.; MISZURA, A.A.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; BERTOLONI, A.V.; OLIVEIRA, G.B.; BARROSO, J.P.R.; FERREIRA, E.M. PIRES, A.V. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. **Scientia Agrícola**, v. 78, e20190263, 2021a.

PRITCHARD, R.H. 2006. Processing effects on management: Type, form, and level of roughage. In: Cattle Grain Processing Symposium, 2006, Tulsa. **Proceedings [...]** Tulsa: Oklahoma State University, 2006, p. 150-154.

QUEIROZ, M.A.Á.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; FERREIRA, E.M.; MENDES, C.Q.; MOURÃO, G.B. Características físico-químicas de fontes proteicas e suas interações sobre a degradação ruminal e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1587-1594, 2010.

QUEIROZ, M.A.Á.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ALMEIDA, O.C.; MOURÃO, G.B. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193-1200, 2008.

RESENDE JÚNIOR, J.C.; ALONSO, L.S.; PEREIRA, M.N. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, p. 526-536, 2006.

RIBEIRO, A.D.B.; FERRAZ JR., M.V.C.; POLIZEL, D.M.; MISZURA, A.A.; GOBATO, L.G.M.; BARROSO, J.P.R.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Thyme essential oil for sheep:

Effect on rumen fermentation, nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and growth. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, p. 2065-2074, 2019.

SAS INSTITUTE. **Sas User's Guide**: Statistics, Version 8 Edition. Cary, 1999.

SCHMID, M.; FOSTNER, L.A. 1986. **Laboratories Testing in Veterinary Medicine Diagnosis in the Clinical Monitoring**. Mannheim: Boehringer, 253p.

SUÁREZ, B.J.; VAN REENEN, C.G.; BELDMAN, G.; VAN DELEN, J.; DIJKSTRA, J.; GERRITS, W.J.J. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 4365-4375, 2006.

SUASSUNA, J.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; AZEVEDO, P.S.; SOUSA, W.H.; PINHO, R.M.A.; RAMOS, J.P.F.; BEZERRA, H.F.C. Carcass characteristics of lambs fed diets containing silage of different genotypes of sorghum. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 80-85, 2014.

SWAIN, S.M.; ARMENTANO L.E. Quantitative evaluation of fiber from non-forage sources used to replace alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2318, 1994.

THOMPSON, J.M.; MEYER, H.H. 1994. Body condition scoring of sheep. **Technical Report**. Oregon State University. Agricultural Experiment Station.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. Ed. London: Cornell University.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soy hulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v, 77, p. 513-521, 1994.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.R.S. A theoretically – based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

WELCH, J.G.; HOOPER, A.P. **Ingestion of feed and water. The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Reston, p. 108-116, 1988.

XIE, B.; HUANG, W.; ZHANG, C.; DIAO, Q.; CUI, K.; CHAI, J.; ZHANG, N. Influences of starter NDF level on growth performance and rumen development in lambs fed isocaloric and isonitrogenous diets. **Journal of Animal Science**, v.98, skaa093, 2020.



## CAPÍTULO VII

### 7 DIETAS SEM FORRAGEM PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

#### Resumo

Os objetivos do presente estudo foram avaliar o efeito do fornecimento de dietas sem forragem à base de grãos de milho inteiros ou moídos, associados ao núcleo proteico, peletizado ou farelado, sobre o desempenho, metabólitos sanguíneos, morfologia da mucosa ruminal, características de carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento. Foram utilizados trinta e cinco cordeiros não castrados mestiços Dorper x Santa Inês, com peso médio inicial de  $23,85 \pm 3,88$  kg e idade média de  $88 \pm 9$  dias. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 7 blocos. As dietas experimentais consistiram nas seguintes dietas: CONT (controle) - dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P - dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F - dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P - dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F - dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado. O período experimental teve duração de 100 dias, sendo subdivididos em um período de adaptação de 10 dias e três períodos de 30 dias. Não houve efeito das dietas experimentais sobre o CMS (kg/d), GMD e peso dos cordeiros ao final do experimento. Na comparação com a dieta CONT, o fornecimento das dietas sem forragem independentemente da forma de processamento do milho ou do núcleo proteico diminuiu ( $P \leq 0,01$ ) o tempo de ingestão (min/d) e de ruminação e mastigação (min/d e min/g de MS). Mas, isso não comprometeu a integridade da mucosa ruminal, uma vez que não houve efeito dos tratamentos sobre as papilas ruminais e nenhuma lesão sugestiva de ruminite foi verificada, além disso, não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração de AST, GGT e glicose sanguínea. Com relação às características de carcaça, excetuando-se o escore de marmoreio que foi inferior ( $P = 0,04$ ) para os cordeiros que receberam a dieta CONT, nenhuma outra variável foi afetada pelos tratamentos. Dietas sem forragem à base de grãos de milho inteiros ou moídos associados ao núcleo peletizado ou farelado podem ser utilizadas com sucesso na terminação de cordeiros, visto que possibilitaram ótimos resultados de desempenho e características de carcaça, sem prejuízos à saúde dos animais.

Palavras-chave: Ovinos, Carcaça, GMD, Eficiência alimentar, Morfologia ruminal, Comportamento ingestivo.

## Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of providing diets without forage based on whole or coarse ground corn associated with pelleted or ground protein supplement on performance, blood metabolites, ruminal mucosa morphology, carcass characteristics and ingestive behavior of feedlot lambs. Thirty-five Dorper × Santa Inês crossbred lambs were used, with  $23.85 \pm 3.88$  kg of initial BW and  $88 \pm 9$  d old. The experimental design was in a randomized complete block with 5 treatments and 7 blocks. The experimental diets were isonitrogenated ( $15.94 \pm 0.45\%$  CP), as follows: CONT (control) - diet containing 90% concentrate and 10% forage (*coastcross* hay); WC + P - whole corn-based diet with pelleted protein supplement; WC + M - whole corn-based diet with ground protein supplement; CGC + P - coarse ground corn-based diet with pelleted protein supplement; CGC + M - coarse ground corn-based diet with ground protein protein. The experimental period lasted 100 days, being subdivided into an adaptation period of 10 days and three periods of 30 days. There was no effect of experimental diets on DMI (kg/d), ADG and final BW. In comparison with the CONT, the supply of diets without forage regardless of the way in which corn or protein supplement were processed decreased ( $P \leq 0.01$ ) the time of ingestion (min/d) and rumination and chewing (min/d and min/g of DM). However, this did not compromise the integrity of the ruminal mucosa, since there was no effect of treatments on ruminal papillae and no lesion suggestive of ruminitis was verified. In addition, there was no effect of the treatments on the concentration of liver enzymes AST, GGT and blood glucose. Regarding carcass characteristics, except for the marbling score that was lower ( $P = 0.04$ ) for lambs that received the CONT, no other variables were affected by the treatments. Diets without forage based on whole or coarse ground corn associated with pelleted or ground protein supplement can be successfully used in finishing lambs, as they have provided excellent performance results and carcass characteristics, without detrimental effect on animal's health.

Keywords: Sheep, Carcass, ADG, Feed efficiency, Ruminal morphology, Ingestive behavior.

## 7.1 Introdução

O sistema de produção em confinamento, apesar do maior custo, proporciona vantagens econômicas (BERNARDES et al., 2015), como aumento de produção em menor período de tempo com oferta de carcaças padronizadas e conseqüentemente de melhor qualidade (ORTIZ et al., 2005). Isto garante ao produtor preços diferenciados na comercialização do produto, com retorno mais rápido do capital investido (OLIVEIRA et al., 2015). Este sistema caracteriza-se pela utilização de dietas com elevada proporção de concentrado, a base de grãos de cereais, a qual devido a maior concentração energética é vantajosa quando se considera o custo por unidade de energia líquida de manutenção ou de ganho (BROWN et al., 2006; STEELE et al., 2009).

A terminação de cordeiros em confinamento com o uso de dietas com alto teor de concentrado é uma prática crescente nos sistemas de produção de carne ovina (CARVALHO et al., 2015). O milho é o principal cereal utilizado nestas dietas devido à excelente qualidade como ingrediente energético e alta disponibilidade no mercado brasileiro. A dieta com milho inteiro é utilizada em sua maioria em consórcio com *pellet*, o qual é composto por ingredientes proteicos, aditivos, minerais e vitaminas, sendo balanceado de acordo com a categoria animal e o desempenho esperado (GALLO et al., 2014). Além da alta praticidade em ofertar esta dieta, a qual é composta exclusivamente por dois ingredientes (milho inteiro e *pellet*), o consumo do animal é reduzido devido à elevada concentração energética da dieta. Segundo Wang et al. (2020) o aumento na concentração energética da dieta impacta positivamente no GMD. Portanto, o menor consumo de ração associado ao maior GMD, resulta em melhorias na eficiência alimentar (EA) (GALLO et al., 2014). Sendo assim, esta dieta proporciona praticidade, exclusão de volumoso, diminuição na utilização de máquinas e equipamentos agrícolas, diminuição de manejo e mão de obra devido à facilidade de mistura, menor quantidade de oferta, menor espaço para armazenamento de insumos e maior desempenho animal.

Em estudo utilizando bovinos confinados recebendo uma dieta composta por 100% de concentrado (85% milho inteiro e 15% de *pellet*) e outra contendo 25% de volumoso não foram observadas diferenças entre os tratamentos para peso final e CMS (MANDARINO et al., 2013).

Em trabalho realizado por Gallo et al. (2014), a utilização de dieta com grãos de milho inteiros para ovinos confinados resultou em GMD semelhante (GMD = 0,275 kg/d) a uma dieta convencional contendo 70% de concentrado (GMD = 0,294 kg/d).

No entanto, a eficaz utilização do amido de grãos é altamente dependente da espécie animal, do tipo e dos métodos de processamento dos grãos (THEURER, 1986). A trituração de cereais para a alimentação dos ruminantes visa aumentar a área superficial dos grãos para facilitar os processos digestivos, sejam eles fermentativos ou enzimáticos (BOLZAN et al., 2007). Um dos benefícios seria o aumento da digestibilidade ruminal do amido, proporcionando mais energia disponível para o desenvolvimento da população microbiana, o que resulta em maior produção de ácidos graxos de cadeia curta - AGCC (PASSINI et al., 2003).

Oliveira et al. (2015) comparou o efeito do processamento do milho em dietas com elevada proporção de concentrado, contendo 75% de milho (inteiro, moído ou úmido) sobre o desempenho e não verificou diferença no peso corporal final, GMD, CMS e EA entre os animais alimentados com a dieta à base de grãos de milho inteiros ou moídos.

Em trabalhos realizados por Bolzan et al. (2007) e Vargas Júnior et al. (2008) foi avaliado o processamento do grão de milho, onde não foi encontrado diferença sobre o CMS, provavelmente em virtude da alta taxa mastigatória dos ovinos, fazendo com que os grãos inteiros fossem reduzidos a partículas semelhantes aos grãos moídos (Oliveira et al., 2015).

Uma desvantagem da utilização de dietas contendo ingredientes peletizados é que o processo de peletização requer investimento em maquinário que não está disponível na grande maioria das propriedades rurais, além do que consiste em um processo que aumenta a mão de obra e resulta em aumento nos gastos com energia elétrica.

Com isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do fornecimento de dietas sem forragem à base de grãos de milho inteiros ou moídos associados ao núcleo proteico peletizado ou farelado sobre o desempenho, metabólitos sanguíneos, morfologia da mucosa ruminal, características de carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento.

## 7.2 Material e métodos

### 7.2.1 Local, animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para confinamento de cordeiros 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 7909050620.

Foram utilizados 35 cordeiros não castrados Dorper x Santa Inês, com peso médio inicial de  $23,85 \pm 3,88$  kg e idade média de  $88 \pm 9$  dias. Os animais foram confinados em baias cobertas (1 animal/baia) com piso de concreto e dimensões de 1,3 m x 3,5 m, providas de bebedouro e cocho para fornecimento de ração e sal mineral. Todos os animais desse experimento pertenciam ao rebanho do SIPOC e receberam durante a fase inicial e de pré-desmama dieta contendo 100% de concentrado em sistema de *creep feeding*. Após o desmame com  $58,0 \pm 9,0$  dias de idade e peso médio de  $17,6 \pm 3,8$  kg, os cordeiros continuaram recebendo a mesma dieta até o início do experimento.

### 7.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 5 tratamentos e 7 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 100 dias, sendo 10 dias de adaptação e três subperíodos de 30 dias.

Os tratamentos experimentais foram: CONT (controle) - dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P (milho inteiro com *pellet*) - dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F (milho inteiro com farelo) - dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P (milho moído com *pellet*) - dieta a base de milho moído grosseiramente com núcleo proteico peletizado; MM+F (milho moído com farelo) – dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado. Em todas as dietas foi adicionado 16 mg/kg de MS de

monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). 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, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

Ingredientes, % da MS	Dietas <sup>1</sup>				
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F
Feno de <i>coastcross</i>	10,00	-	-	-	-
<i>Pellet</i> proteico <sup>2</sup>	-	30,00	-	30,00	-
Núcleo proteico farelado	-	-	30,00	-	30,00
Grão de milho inteiro	-	70,00	70,00	-	-
Grão de milho moído	73,0	-	-	70,00	70,00
Farelo de soja	13,00	-	-	-	-
Ureia	0,50	-	-	-	-
Cloreto de amônia	0,50	-	-	-	-
Calcário	1,50	-	-	-	-
Mistura mineral <sup>3</sup>	1,50	-	-	-	-
Composição química, % da MS <sup>4</sup>					
MS, % da matéria natural	89,89	88,20	88,43	88,56	88,80
MO	93,90	94,46	94,82	95,01	95,38
PB	16,10	15,59	16,52	15,26	16,19
EE	3,09	2,25	2,19	2,29	2,22
FDN	20,00	9,69	9,42	9,69	9,42
FDA	7,19	3,96	3,76	3,96	3,76
CNF	54,71	66,93	66,69	67,77	67,55
Amido	49,93	55,78	57,12	56,06	57,40

(continua)

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes, composição química e tamanho de partículas das dietas experimentais.

(conclusão)

Ingredientes	Dietas <sup>1</sup>				
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F
FDN <sub>fe&gt;1,18 mm</sub>	10,29	9,69	8,00	7,97	6,45
FDN <sub>fe&gt;4 mm</sub>	2,48	9,69	6,09	4,51	1,26
<i>Penn State Particle Separator – Retido, %<sup>5</sup></i>					
<1,18 mm	48,53	0,00	15,01	17,82	31,56
1,18 a 4,0 mm	39,05	0,00	14,76	38,37	55,34
4,0 a 8,0 mm	5,71	41,29	16,51	42,33	11,88
8,0 a 19,0 mm	6,71	58,21	53,47	1,48	0,73
>19,0 mm	0,00	0,50	0,25	0,00	0,49
TMP a 1,18 mm	1,93	7,5	5,66	2,86	2,33
TMP a 4 mm	2,40	8,97	6,35	3,19	2,32

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

<sup>2</sup>*Pellet* proteico: Proporção dos ingredientes do *pellet* proteico: 43,3% de grãos de milho moídos; 43,3% de farelo de soja; 1,7% de ureia; 1,7% de cloreto de amônia; 5,0% de calcário; 5,0% de mistura mineral; 16 mg/kg de monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil). Composição química (% MS): 89% MS; 31,5% PB; 10,4% FDN; 1,42% FDN<sub>ref</sub>; 48,2% CNF; 2,3% EE; 15% MM; 2,6% EM (Mcal/kg MS).

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

<sup>5</sup>TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição química e tamanho de partículas dos núcleos proteicos.

Ingredientes, % da MS	Núcleo proteico	
	<i>Pellet</i>	Farelo
Milho moído	43,28	43,28
Farelo de soja	43,43	43,43
Ureia	1,67	1,67
Cloreto amônia	1,67	1,67
Calcário	5,00	5,00
Mistura mineral <sup>1</sup>	5,00	5,00
<b>Composição química, % da MS<sup>2</sup></b>		
MS, % da matéria natural	89,34	90,11
MO	87,32	88,77
PB	32,92	36,09
EE	2,05	1,80
FDN	11,15	10,04
FDA	4,76	3,97
CNF	41,20	40,84
Amido	32,09	36,77
<b><i>Penn State Particle Separator</i> – Retido, %<sup>3</sup></b>		
<1,18 mm	18,98	60,9
1,18 a 4,0 mm	5,32	38,6
4,0 a 8,0 mm	73,06	0,00
8,0 a 19,0 mm	2,64	0,25
>19,0 mm	0,00	0,25
TMP a 1,18 mm	2,85	1,34
TMP a 4 mm	4,49	2,15

<sup>1</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>2</sup>MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

<sup>3</sup>TMP a 1,18 mm: tamanho médio de partículas a 1,18 mm; TMP a 4,00 mm: tamanho médio de partículas a 4,00 mm.

Todas as dietas foram processadas na fábrica de ração do SIPOC/ESALQ. Para a dieta CONT, o feno foi moído utilizando triturador (Nogueira DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil), providos de peneira com crivos de 20 mm. Posteriormente foram misturados 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 adicionados aos demais ingredientes utilizando-se misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato, Limeira, São Paulo, Brasil) para confecção das rações totais. Para o núcleo proteico farelado foram seguidas as mesmas etapas, excluindo a adição de feno. O milho foi moído grosso utilizando triturador (Nogueira DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil) sem peneira. Os grãos de milho inteiros, o milho moído grosseiramente e o núcleo proteico na forma de *pellet* ou farelo (Tabela 2) foram pesados em balança eletrônica com precisão de 1 g (Marte, LC 100, São Paulo, Brasil) e misturados imediatamente antes do fornecimento uma vez ao dia (às 07h00min).

Os animais de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo suas respectivas dietas experimentais (ração total), contudo foram submetidos a um período de adaptação que consistiu na oferta das rações totais de forma restrita, com aumento progressivo da quantidade ofertada no decorrer do período de adaptação até atingir consumo *ad libitum*, como segue:

- 1º ao 2º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do peso corporal em jejum (PCJ);
- 3º ao 4º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PCJ;
- 5º ao 6º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PCJ;
- 6º ao 8º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PCJ;
- 9º ao 10º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PCJ;
- A partir do 11º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

Para garantir consumo *ad libitum* às sobras foram mantidas em aproximadamente 10% da quantidade ofertada, tendo como base o consumo do dia anterior.

### 7.2.3 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. Um observador devidamente treinado foi utilizado para cada turno de avaliação de 3 horas. Foram avaliados os tempos gastos com ingestão, ruminação, mastigação, ócio e ingestão de 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; GRANT, 1994). Os tempos de ingestão, ruminação e mastigação foram também expressos em min/g de MS e min/g de FDN consumidas. Para isso, a sobra de ração de cada unidade experimental correspondente aos dias da observação do comportamento ingestivo foi colhida, amostrada (10%) e composta por tratamento e conservadas a -20 °C para posterior análise.

### 7.2.4 Análises laboratoriais e cálculos

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) e no Laboratório de Bromatologia, ambos do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das dietas experimentais ofertadas, das sobras e das fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Em seguida todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. O teor de matéria seca (MS) foi determinado por meio da secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, a matéria orgânica (MO) foi obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990; #930.15 #942.05). A concentração de nitrogênio total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA), conforme a AOAC (1997; #990.03). O extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho Ankom XT15 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #920.39). As concentrações de FDN e FDA foram determinadas em um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY, EUA; AOAC, 1990; #968.06) segundo Van Soest et al. (1991), utilizou-se  $\alpha$ -amilase termoestável e sulfito de sódio,

e posteriormente as amostras foram incineradas em mufla a 550 °C por 4 h corrigido para determinação da FDN e FDA livre de cinzas. O amido foi determinado utilizando o kit Megazyme (AOAC, 1995; #996.11).

O tamanho médio de partículas (TMP) das dietas foi determinado utilizando o *Penn State Particle Separator* (PSPS) projetado por Lammers et al.(1996). O tamanho de partículas foi determinado como a soma das proporções da amostra retida na peneira de 1,18 mm (>1,18 mm) e 4,00 mm (>4,00 mm). Assim, os valores foram determinados para TMP (> 1,18 mm) e TMP (>4,00 mm) de cada dieta experimental, além da determinação do percentual retido em cada peneira. Posteriormente, a determinação da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDN<sub>fe</sub>) da ração total foi determinada conforme Heinrichs e Kononoff (2002).

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

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{ FDN} + \% \text{ CP} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

O NDT foi calculado de acordo com Weiss et al. (1992) por meio da equação:

$$\text{NDT(\%)} = \% \text{ PBdigestível} + (\% \text{ EEdigestível} \times 2,25) + \% \text{ FDNdigestível} \\ + \% \text{ CNFdigestível}$$

As estimativas de energia metabolizável (EM) seguiram as recomendações do NRC (1984):

$$\text{EM (Mcal/kg.dia)} = \text{NDT(kg)} \times 4,4 \times 0,82$$

### 7.2.5 Colheita de sangue para análises

Ao término de cada subperíodo experimental foi realizada colheita de sangue de todos os animais 4 horas após a oferta de ração. As colheitas foram realizadas via punção da veia jugular. No primeiro subperíodo as colheitas foram realizadas em dois tubos a vácuo, um com ativador de coágulo e outro com EDTA e fluoreto de sódio. As amostras de sangue colhidas em tubos com EDTA e fluoreto de sódio foram direcionadas para as análises de ureia e glicose. As amostras de sangue coletadas em tubos com ativador de coágulo foram destinadas para as análises de aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT). Ao final do segundo e terceiro subperíodo foram colhidas apenas amostras para análises de glicose e ureia. Imediatamente após a colheita, as amostras foram centrifugadas a 3.000 × g a 20 °C

por 15 minutos para separação do soro sanguíneo, uma alíquota correspondente a cada análise e animal foi identificada, armazenadas em mini tubos de 2,5 mL (Eppendorf, São Paulo, Brasil), identificada e armazenada a -20 °C para a posterior análise.

#### **7.2.5.1 Aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT)**

A concentração sérica das enzimas aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT) foi determinada segundo a metodologia descrita por Schmid e Fostner (1986), em analisador bioquímico Randox, marca AMS, utilizando-se kit comercial (Biosystems, Curitiba, Paraná, Brasil) junto a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP) em São Paulo, laboratório de pesquisa do Departamento de Clínica Médica.

#### **7.2.5.2 Glicose e ureia**

A concentração de glicose e ureia plasmática foi determinada utilizando um espectrofotômetro de microplacas PowerWave HT (Biotec, Winooski, EUA), utilizando-se kits comerciais Glicose Liquiform e Ureia CE (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil) e seguindo o procedimento operacional padrão descrito no manual de instruções.

#### **7.2.6 Escore de consistência fecal**

Durante a última semana de cada período experimental, 25<sup>o</sup> ao 30<sup>o</sup> dia, foi realizado a avaliação do escore de consistência fecal, conforme a metodologia descrita por Dickson e Jolly. (2011). Foram atribuídas notas de 1 a 5: 1= fezes com formato uniforme e rígidas; 2= fezes levemente desuniformes e friáveis; 3= fezes desuniformes, forma uma pilha macia; 4= fezes pastosas, forma uma pilha solta; 5= fezes líquidas, inclui diarreia.

### 7.2.7 Abate dos animais e características da carcaça

Ao final do período de confinamento todos os animais foram abatidos após jejum de sólidos de 16 horas. Imediatamente antes do abate os animais foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA). As carcaças quentes foram pesadas (PCQ), em seguida foi realizada a medida do pH das carcaças quentes (pHCQ) utilizando pHmêtro digital (Digimed DM20, São Paulo, Brasil) no músculo *Longissimus lumborum* entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas. Posteriormente, as carcaças foram resfriadas durante 24 horas a 4 °C e novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ), rendimento da carcaça fria (RCF) e perda por resfriamento (PR) foram calculados pelas fórmulas:

$$RCQ = \left( \frac{PCQ}{PCA} \right) \times 100$$

$$RCF = \left( \frac{PCF}{PCA} \right) \times 100$$

$$PR = [(PCQ - PCF)/PCQ] \times 100$$

Após o processo de evisceração dos animais, os órgãos dos animais foram separados em duas caixas e pesados, essas caixas foram classificadas em vísceras vermelhas para pesagem de cada órgão, sendo o fígado, pulmão-traqueia, baço e coração. E a outra caixa classificada como vísceras brancas, onde foram dissecados separadamente os pré-estômagos e intestinos, e posteriormente aferido a massa do trato gastrointestinal cheio, retículo, omaso, abomaso, intestino grosso e intestino delgado. Também foi pesada a gordura omental, o diafragma e aferido o volume ruminal.

Durante a avaliação de carcaça, foram realizadas as medidas da espessura de gordura subcutânea (EGS) sobre o músculo *Longissimus lumborum*, entre 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas dos dois lados da carcaça utilizando-se um paquímetro digital (Battery, modelo SR44, cidade, estado, país) graduado em milímetros. A face exposta do músculo *Longissimus lumborum* foi desenhada em papel vegetal, posteriormente sua área foi 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 foi medida a espessura de parede corporal (EPC), escore de marmoreio (EM) e escore

de adiposidade (EADP), comprimento interno e externo de carcaça (CIC, CEC), profundidade de tórax (PT), perímetro de pernil (PP), comprimento de pernil (CP) e perímetro de garupa (PG) e foram calculados o índice de compacidade de carcaça (ICC): PCF/CIC e o índice de compacidade de pernil (ICP): peso do pernil/CP (CEZAR e WANDRICK, 2007). Logo após este processo, as carcaças foram desossadas para a aferição do rendimento dos cortes: paleta, matambre, costela, pescoço, pernil, rabo, lombo, e também foi pesada a gordura peri-renal e os rins.

### **7.2.8 Avaliação da morfologia ruminal**

Após o abate e obtenção das vísceras, um fragmento de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> da região cranial do saco dorsal do rúmen de cada animal foi coletado e foi realizada a contagem do número de papilas por três avaliadores (PEREIRA et al., 2020; RESENDE JÚNIOR et al., 2006). Após a contagem do número de papilas, doze papilas foram removidas aleatoriamente do fragmento e juntamente com esse fragmento foram dispostas em lâminas de vidro e escaneadas em um scanner (Samsung SCX 4200).

As variáveis morfológicas macroscópicas avaliadas foram número de papilas por cm<sup>2</sup> de parede (NP), altura, largura e área média das papilas (AMP), área da superfície absorptiva por cm<sup>2</sup> de parede e porcentagem de papilas por área de superfície absorptiva. A área da superfície absorptiva bem como a área e a altura das papilas foram mensuradas utilizando-se o programa para análise de imagens ImageJ. A área de superfície absorptiva da parede (ASA) em centímetros quadrados foi calculada como:  $1 + (NP \times AMP) - (NP \times 0,002)$ , em que 1 representa 1 cm<sup>2</sup> de fragmento coletado e 0,002 é a área basal estimada das papilas em centímetros quadrados. A área das papilas, expressa em porcentagem de ASA foi calculada como:  $(NP \times AMP)/(ASA \times 100)$  (PEREIRA et al., 2020; RESENDE Jr. et al., 2006).

### **7.2.9 Lesões sugestivas de ruminite**

A classificação quanto às lesões sugestivas de ruminites foram realizadas pela abertura longitudinal do rúmen, onde foi observada a presença de lesões no epitélio, as quais foram classificadas conforme Garcia Neto et al. (2018), em lesões do tipo I, II, III, IV, V e VI, conforme a Figura 1.

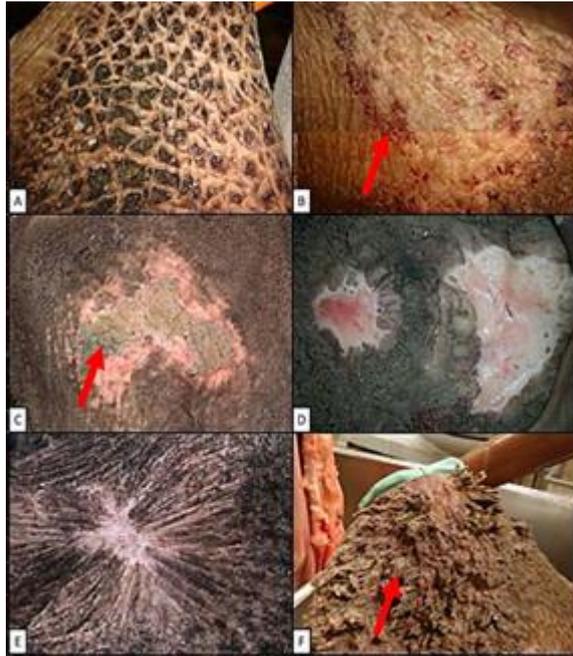


Figura 1 - Padrões de lesão macroscópica no rúmen de bovinos acometido por ruminite em consequência de distúrbios metabólicos em decorrência da ingestão excessiva de carboidratos altamente fermentáveis no rúmen. Em (A): lesão tipo I ou “retalhos aderentes”. Em (B): lesão tipo II ou “erosiva” com hemorragia (seta). Em (C): lesão tipo III ou “pseudomembranosa” com membrana diftérica (seta). Em (D): lesão tipo IV ou “ulcerativa”. Em (E): lesão tipo V ou “retração cicatricial”. Em (F): lesão tipo VI ou “vilosidades aderidas” (seta) (GARCIA NETO et al., 2018).

### 7.2.10 Abscesso hepático

Após a separação e pesagem do fígado, foi realizada a observação de abscessos hepáticos de acordo com Garcia Neto et al. (2018). A avaliação foi realizada a partir da palpação e de cortes longitudinais no órgão, foi atribuído escore de 0 a A+, sendo 0 = nenhum abscesso; A- = 1 ou 2 abscessos pequenos ou resquício cicatricial de abscesso; A = 2 ou 4 abscessos bem organizados; A+ = 1 ou mais abscessos grandes ou múltiplos abscessos pequenos e ativos.

### 7.2.11 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (1999). As variáveis de desempenho, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos foram avaliadas como medidas repetidas 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.

O efeito de tratamento, período e interação entre tratamentos e períodos foi determinado pelo teste F de variância. As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e quando significativas ( $P < 0,05$ ) comparadas pelo teste de Tukey.

## 7.3 Resultados

### 7.3.1 Desempenho

Durante o período de adaptação (1<sup>a</sup> ao 10<sup>a</sup> dia do período experimental) não houve efeito dos tratamentos sobre o CMS, GMD e EA (Tabela 3).

Após a adaptação, houve interação entre os tratamentos e períodos experimentais para o CMS em kg/d ( $P = 0,01$ ) e em g/kg de PC<sup>0,75</sup> ( $P < 0,001$ ) (Tabela 4). Para o CMS em kg/d, no desdobramento da interação não foram observadas diferenças entre os tratamentos em nenhum dos períodos experimentais (Figura 1). Contudo, o desdobramento da interação para o CMS expresso em g/kg de PC<sup>0,75</sup> indicou que no período 1 os animais da dieta MI+P apresentaram menor CMS que os animais da dieta CONT ( $P < 0,01$ ), não havendo diferença entre os demais tratamentos (Figura 2). Nos períodos 2 e 3 o CMS não foi afetado pelos tratamentos (Figura 2).

Tabela 3 - Efeito do uso de dietas sem forragem no desempenho de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
Adaptação (1 <sup>a</sup> ao 10 <sup>a</sup> dia)							
Idade inicial, d	95	85	82	91	89	1,48	-
Peso inicial, kg	24,03	23,61	23,77	23,74	24,11	0,66	0,68
Peso final, kg	26,17	25,36	24,91	25,91	26,08	0,74	0,61
GMD, kg	0,21	0,17	0,11	0,14	0,20	0,02	0,48
CMS							
kg/d	0,60	0,60	0,61	0,62	0,62	0,02	0,95
g/kg de PC <sup>0,75</sup>	53,94	54,04	56,06	55,51	55,48	0,74	0,83
EA, GMD/CMS	0,34	0,24	0,18	0,24	0,31	0,03	0,52

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>Valor de P para efeito de tratamento.

<sup>4</sup>CMS: consumo de matéria seca; GMD: ganho médio diário de peso corporal; EA: eficiência alimentar.

Tabela 4 - Efeito do uso de dietas sem forragem no desempenho de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		T	P	T*P
Após adaptação (11 <sup>a</sup> ao 100 <sup>a</sup> dia)									
Idade inicial, d	105	95	92	101	99	1,48	-	-	-
Peso inicial, kg	26,17	25,36	24,91	25,91	26,08	0,74	0,61	-	-
Peso final, kg	53,77	50,46	50,23	52,36	50,87	1,25	0,73	-	-
CMS									
kg/d	1,22	0,98	1,00	1,06	1,02	0,02	0,09	<0,0001	0,01
g/kg de PC <sup>0,75</sup>	77,28	64,64	65,11	67,96	66,18	1,01	0,03	0,91	<0,001
GMD, kg	0,30	0,27	0,28	0,27	0,27	0,007	0,70	<0,0001	0,54
EA, GMD/CMS	0,25	0,25	0,28	0,27	0,27	0,007	0,13	<0,0001	0,25

<sup>1</sup>CONT (controle) dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>T: efeito de tratamento; P: efeito do período; T\*P: efeito de interação entre tratamentos e períodos.

<sup>4</sup>CMS: consumo de matéria seca; GMD: ganho médio diário de peso corporal; EA: eficiência alimentar.

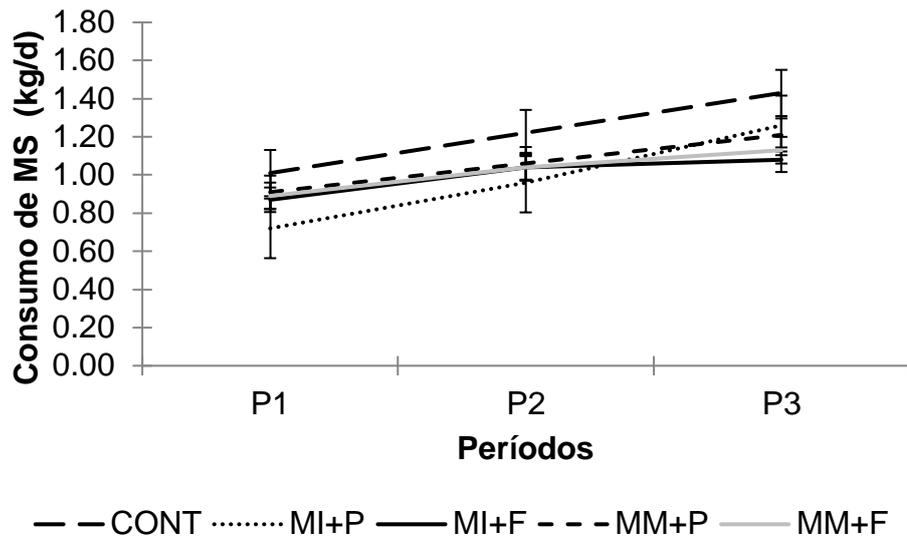


Figura 1 – Consumo de MS em kg/dia por cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos experimentais (P1, P2 e P3). Não houve diferença entre os tratamentos em nenhum período experimental ( $P > 0,07$ ).

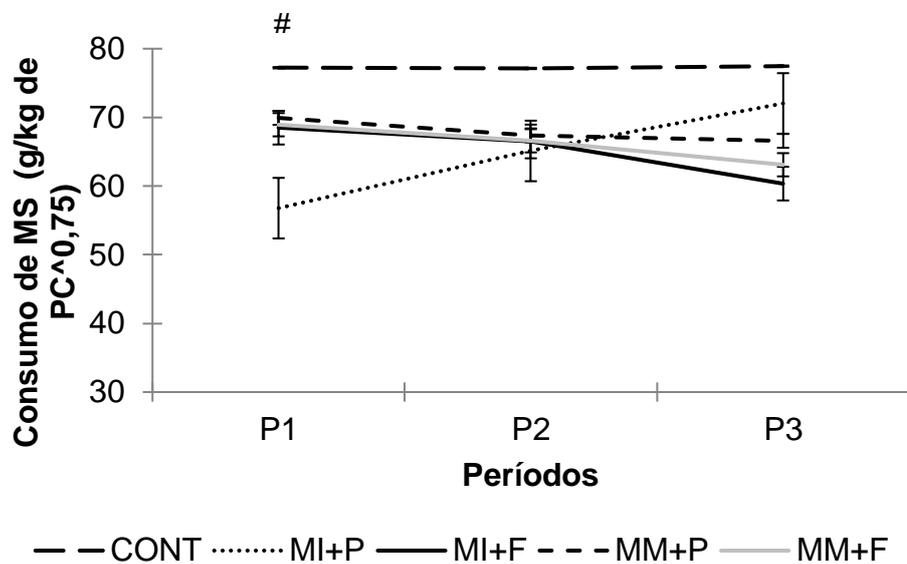


Figura 2 - Consumo de MS em g/kg de  $PC^{0,75}$  por cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). # Denota que no P1 os animais da dieta MI+P apresentaram menor consumo que os animais da dieta CONT ( $P < 0,01$ ), os demais tratamentos não diferiram. No P2 e P3 não houve diferença entre os tratamentos

### 7.3.2 Metabólitos sanguíneos

Não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração de glicose (mg/dL), aspartato-aminotransferase (AST) e gama glutamil-transferase (GGT) (Tabela 5). Contudo, houve interação entre os tratamentos e períodos experimentais sobre a concentração de ureia ( $P < 0,01$ ) (Tabela 5), sendo que no período 1, os animais da dieta MI+P apresentaram menor concentração de ureia que os da dieta MM+F ( $P < 0,01$ ) e MM+P ( $P < 0,001$ ), não havendo diferença entre os demais tratamentos nos períodos 2 e 3 (Figura 3).

Tabela 5 - Efeito do uso de dietas sem forragem nos parâmetros sanguíneos de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		T	P	T*P
Glicose, mg/dL	86,66	89,37	91,60	91,39	82,99	1,19	0,09	<0,0001	0,64
Ureia, mg/dL	45,80	39,54	45,16	53,69	51,98	1,10	<0,01	0,57	<0,01
AST, U/L	59,13	55,33	65,36	51,04	57,04	3,35	0,76	-	-
GGT, U/L	45,80	43,73	48,26	49,94	52,94	1,79	0,55	-	-

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>T: efeito de tratamento; P: efeito do período; T\*P: efeito de interação entre tratamentos e períodos.

<sup>4</sup>AST: aspartato-aminotransferase; GGT: gama-glutamilttransferase.

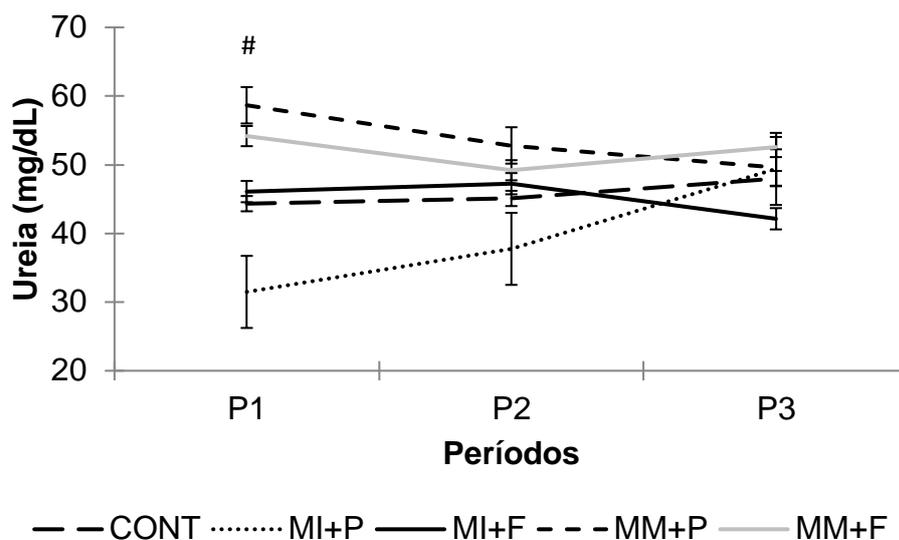


Figura 3 - Concentração de ureia em mg/dL em cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). # Denota que os animais da dieta MI+P no P1 apresentaram menor concentração de ureia que os da dieta MM+F ( $P < 0,01$ ); # Denota que no P1 os animais da dieta MI+P apresentaram menor concentração de ureia que os da dieta MM+P ( $P < 0,001$ ), os demais tratamentos não diferiram. No P2 e P3 não houve diferença entre os tratamentos.

#### **7.3.4 Escore de fezes**

Houve efeito de tratamento ( $P = 0,02$ ) sobre o escore de fezes, em que os maiores valores foram observados para os cordeiros alimentados com a dieta CONT, e os menores valores para a dieta MM+P. Os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito do uso de dietas sem forragem no escore de fezes de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		T	P	T*P
Escore fecal	1,66 a	1,32 ab	1,35 ab	1,20 b	1,46 ab	0,04	0,02	0,10	0,32

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>T: efeito de tratamento; P: efeito do período; T\*P: efeito de interação entre tratamentos e período.

<sup>a-b</sup>Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 7.3.5 Comportamento ingestivo

Nos dias de avaliação do comportamento ingestivo também não houve efeito dos tratamentos sobre o CMS (kg/d) (Tabela 7). Para o consumo de FDN (CFDN), houve interação ( $P < 0,0001$ ) entre os tratamentos e os períodos experimentais, sendo que em todos os períodos os animais que receberam as dietas sem forragem apresentaram menor ( $P < 0,0001$ ) CFDN que os da dieta CONT (Tabela 7).

Houve efeito dos tratamentos no tempo de ingestão expresso em min/d ( $P < 0,001$ ) (Tabela 7), em que os maiores valores foram observados para os cordeiros alimentados com a dieta CONT em comparação aos alimentados com as dietas sem forragem. Para ingestão expressa em min/g de MS, apesar de ter havido interação entre os tratamentos e períodos ( $P = 0,02$ ), no desdobramento da interação não foram observadas diferenças entre os tratamentos em nenhum dos períodos experimentais (Figura 7). Para o tempo de ingestão em min/g de FDN também houve interação ( $P < 0,001$ ) entre os tratamentos e períodos, contudo, neste caso, no período 1, os animais da dieta MM+P apresentaram valores superiores ( $P < 0,01$ ) aos da dieta CONT, não havendo diferença entre os tratamentos nos demais períodos experimentais (Figura 8).

O tempo de ruminação expresso em min/d ( $P < 0,0001$ ), min/g de MS ( $P < 0,0001$ ) e em min/g de FDN ( $P = 0,01$ ) foi afetado pelos tratamentos. Quando a ruminação foi expressa em min/d ( $P < 0,0001$ ) e em min/g de MS ( $P < 0,0001$ ) os maiores valores foram observados para os cordeiros da dieta CONT em comparação aos que receberam as dietas sem forragem, dentre as dietas sem forragem a dieta MI+P resultou em maior tempo ( $P < 0,0001$ ) de ruminação em min/g de MS quando comparada a dieta MI+P, as demais dietas sem forragem não diferiram quanto a esta variável. O tempo de ruminação em min/g de FDN não diferiu na comparação das dietas sem forragem e a dieta CONT, contudo os animais que receberam a dieta MI+P apresentaram tempo de ruminação superior ( $P = 0,01$ ) aos que receberam a dieta CONT (Tabela 8).

Para a variável mastigação expressa em min/d houve interação entre os tratamentos e períodos ( $P = 0,04$ ) (Tabela 7), em que os animais da dieta CONT apresentaram valores superiores aos das dietas sem forragem em todos os períodos experimentais ( $P < 0,01$ ) (Figura 6). Quando o tempo de mastigação foi expresso em min/g de MS os maiores valores ( $P < 0,0001$ ) foram observados para os cordeiros da

dieta CONT em comparação aos das dietas sem forragem (Tabela 7) e quando foi expresso em min/g de FDN os maiores ( $P < 0,01$ ) valores foram observados para os cordeiros alimentados com a dieta MI+P e MM+F e os menores para os cordeiros da dieta CONT (Tabela 8).

O tempo em ócio (min/d) foi superior ( $P < 0,0001$ ) para os animais que receberam as dietas sem forragem quando comparados aos da dieta CONT. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de água (Tabela 7).

Tabela 7 - Efeito do uso de dietas sem forragem no comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		T	P	T*P
CMS, kg/d	1,38	1,20	1,20	1,22	1,15	0,03	0,18	<0,0001	<0,001
CFDN, kg/d	0,255	0,115	0,112	0,115	0,108	<0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Min/d									
Ingestão	142,86 a	95,24 b	80,65 b	113,33 ab	105,71 b	3,48	<0,001	0,15	0,08
Ruminação	367,38 a	211,43 b	196,19 b	150,48 b	192,62 b	9,19	<0,0001	<0,01	0,13
Mastigação	510,24	306,67	274,25	263,81	298,33	10,80	<0,0001	0,08	0,04
Ócio	922,14 b	1124,05 a	1147,14 a	1166,19 a	1131,43 a	10,69	<0,0001	0,24	0,20
Água	7,62	9,28	8,57	10,00	10,24	0,74	0,79	0,02	0,78
Min/g de MS									
Ingestão	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09	0,003	0,41	<0,0001	0,02
Ruminação	0,27 a	0,18 b	0,17 bc	0,13 c	0,17 bc	0,006	<0,0001	<0,001	0,13
Mastigação	0,38 a	0,27 b	0,24 b	0,22 b	0,26 b	0,007	<0,0001	<0,0001	0,06

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>T: efeito de tratamento; P: efeito do período; T\*P: efeito de interação entre tratamentos e período.

<sup>4</sup>CMS: consumo de MS; CFDN: consumo de FDN; Min/d: minutos por dia gasto em cada atividade; Min/g MS: minutos por grama de MS gasto em cada atividade.

<sup>a-c</sup>Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Tabela 8 - Efeito do uso de dietas sem forragem no comportamento ingestivo de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>4</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>		
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		T	P	T*P
Min/g de FDN									
Ingestão	0,57	0,91	0,77	1,03	0,97	0,03	0,01	<,0001	<0,001
Ruminação	1,47 ab	1,87 a	1,69 ab	1,37 b	1,78 ab	0,04	0,01	<,0001	0,74
Mastigação	2,04 b	2,83 a	2,52 ab	2,40 ab	2,76 a	0,06	<0,01	<,0001	0,16

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>T: efeito de tratamento; P: efeito do período; T\*P: efeito de interação entre tratamentos e período.

<sup>4</sup>Min/g FDN: minutos por grama de FDN consumida em cada atividade.

<sup>a-b</sup>Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

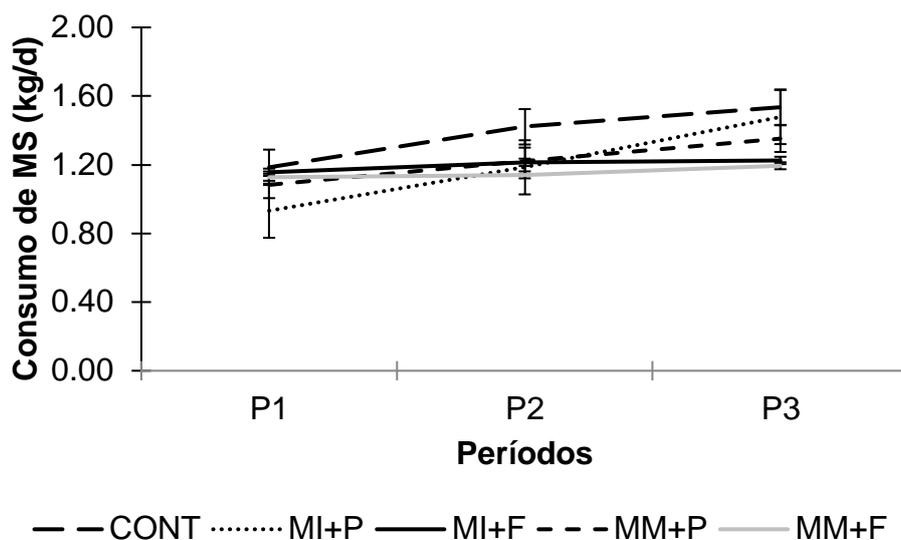


Figura 4 - Consumo de MS (kg/d) durante a avaliação do comportamento ingestivo de cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). Não houve diferença entre os tratamentos para nenhum período experimental ( $P > 0,07$ ).

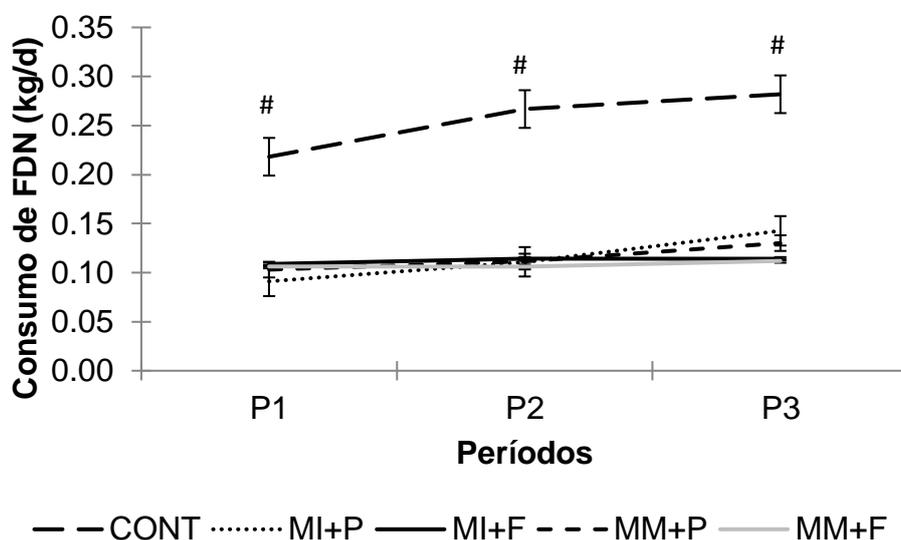


Figura 5 - Consumo de FDN (kg/d) durante a avaliação do comportamento ingestivo de cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). # Denota que os animais da dieta CONT apresentaram maior consumo de FDN que os animais das dietas sem forragem (P1,  $P < 0,0001$ ; P2,  $P < 0,0001$ ; P3,  $P < 0,0001$ ).

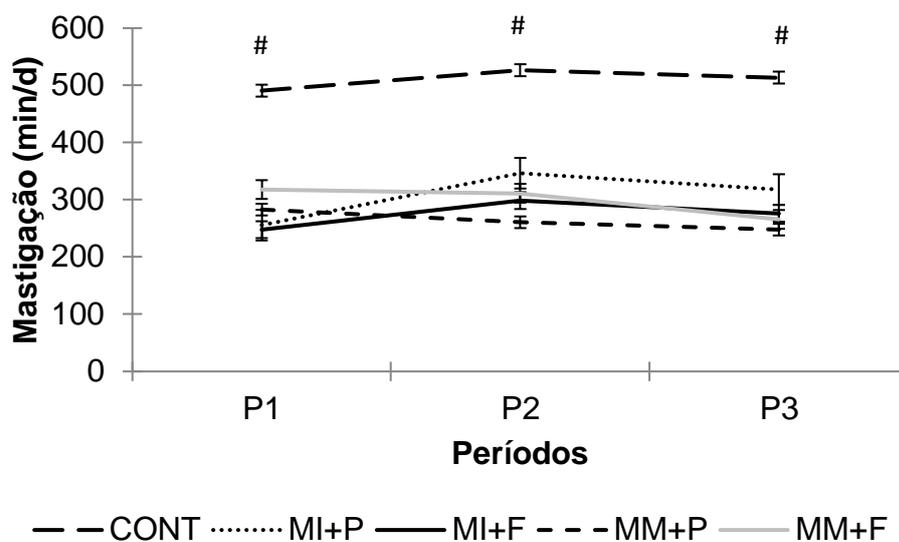


Figura 6 – Tempo de mastigação em (min/d) por cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). # Denota que os animais da dieta CONT apresentaram maior tempo de mastigação que os das dietas sem forragem (P1,  $P < 0,0001$ ; P2,  $P < 0,01$ ; P3,  $P < 0,0001$ ).

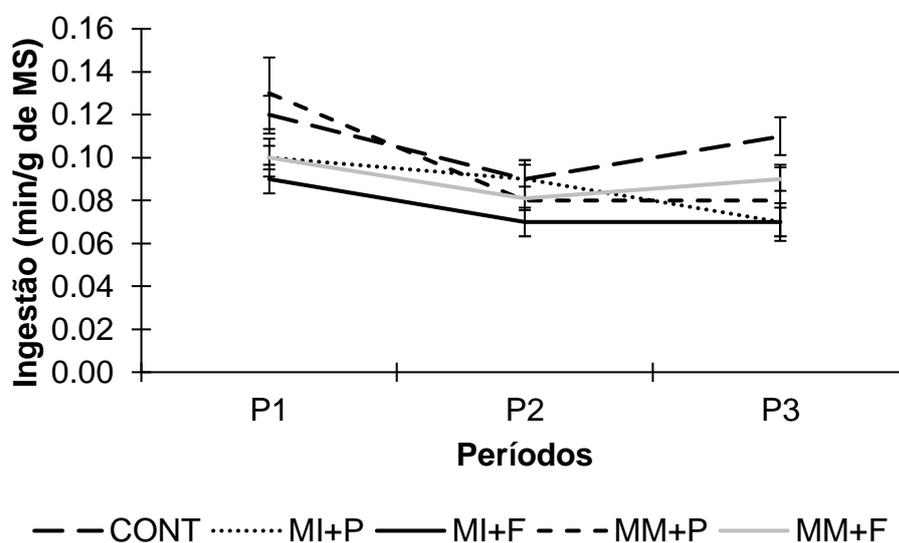


Figura 7 – Tempo de ingestão (min/g de MS) por cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). Não houve diferença entre os tratamentos para nenhum período experimental ( $P > 0,07$ ).

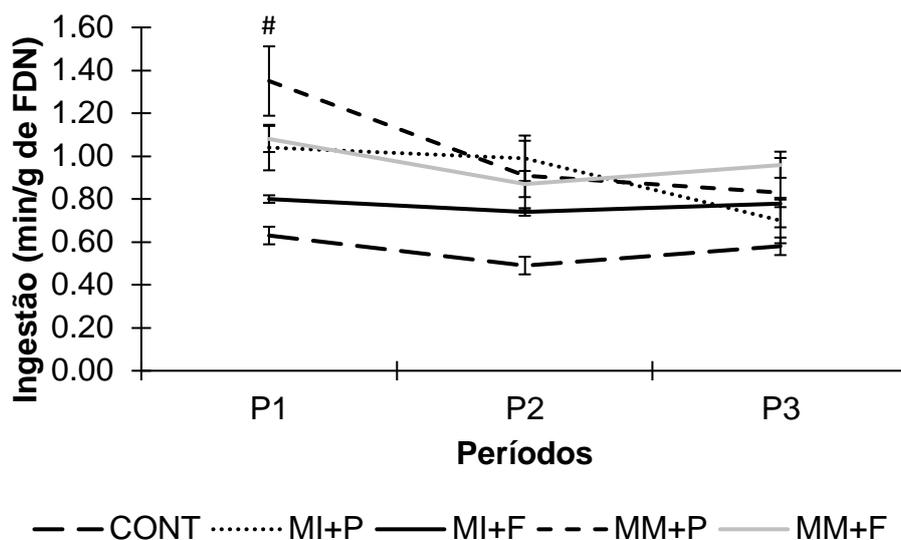


Figura 8 – Tempo de ingestão (min/g de FDN) por cordeiros terminados com dietas sem forragem em diferentes períodos (P1, P2 e P3). # Denota que no P1 os animais da dieta MM+P apresentaram maior tempo de ingestão que os da dieta CONT ( $P < 0,01$ ), os demais tratamentos não diferiram. No P2 e P3 não houve diferença entre os tratamentos.

### 7.3.6 Características de carcaça

O uso de dietas sem forragem não afetou o peso ao abate e as variáveis relacionadas às características de carcaça dos cordeiros (Tabela 9). Houve efeito dos tratamentos ( $P = 0,04$ ) sobre o escore de marmoreio (EM), em que os cordeiros alimentados com a dieta CONT apresentaram valores superiores aos alimentados com as dietas sem forragem (Tabela 9). Além disso, não houve efeito dos tratamentos sobre os valores de pH das carcaças (Tabela 9).

Não houve efeito dos tratamentos sobre comprimento externo da carcaça (CEC), comprimento interno da carcaça (CIC), comprimento do pernil (CP), perímetro de pernil (PP), índice de compacidade do pernil (ICP), índice de compacidade de carcaça (ICC), comprimento interno do tórax (CIT), comprimento externo do tórax (CET) e perímetro da garupa (PG) (Tabela 10). O peso dos cortes pescoço, paleta, matambre, costela, lombo, pernil e rabo também não sofreram efeito (Tabela 11).

Tabela 9 - Efeito do uso de dietas sem forragem no peso ao abate e características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>3</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
PCA, kg	52,96	51,00	51,98	52,54	51,27	1,22	0,96
PCQ, kg	29,44	28,31	28,43	28,58	28,73	0,80	0,98
PCF, kg	28,88	27,83	27,90	27,98	28,11	0,79	0,98
RCQ, %	55,67	55,19	54,44	54,15	55,96	0,47	0,65
RCF, %	54,62	54,17	53,42	53,01	54,76	0,48	0,70
PR, %	1,89	2,34	1,88	2,11	2,16	0,06	0,11
EPC, mm	23,76	22,22	23,98	23,31	21,72	0,99	0,89
EGS, mm	1,54	1,74	1,78	1,58	1,79	0,08	0,78
EM	1,85a	1,28b	1,28 b	1,28 b	1,00 b	0,09	0,04
EADP	2,14	2,14	2,14	2,14	2,28	0,10	0,98
GPR, kg	0,72	0,78	0,69	0,74	0,81	0,06	0,96
AOL, cm <sup>2</sup>	20,07	18,93	18,46	19,21	19,21	0,49	0,84
pHCQ	7,01	6,98	7,14	6,64	7,20	0,08	0,16
pHCF	5,75	5,75	5,77	5,73	5,69	0,02	0,85

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</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 fria; PR: perda por resfriamento; EPC: espessura de parede corporal; EGS: espessura de gordura subcutânea; EM: escore de marmoreio (escala de 0: Ausente; 1: Traços finos; 2: traços e 3: abundante); EADP: escore de adiposidade; GPR: gordura peri-renal; AOL: área de olho de lombo; pHQ: pH de carcaça quente; pHCF: pH de carcaça fria.

<sup>a-b</sup>Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Tabela 10 - Efeito do uso de dietas sem forragem nas características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>3</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
CEC, cm	63,54	60,36	62,57	62,93	61,28	0,59	0,35
CIC, cm	66,57	64,14	64,43	65,50	64,43	0,52	0,44
CP, cm	36,28	35,14	36,14	36,00	34,14	0,44	0,47
PP, cm	45,14	45,43	45,14	46,28	46,00	0,72	0,93
ICP, kg/cm	1,51	1,56	1,49	1,48	1,61	0,02	0,34
ICC, kg/cm	0,43	0,43	0,43	0,42	0,43	0,01	0,99
CIT, cm	18,28	17,57	18,14	18,28	18,00	0,20	0,78
CET, cm	27,43	27,14	26,86	27,57	27,14	0,21	0,79
PG, cm	75,28	73,00	72,86	75,14	73,71	0,76	0,61

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>CEC: comprimento externo da carcaça; CIC: comprimento interno da carcaça; CP: comprimento do pernil; PP: perímetro de pernil; ICP: índice de compacidade do pernil; ICC: índice de compacidade de carcaça; CIT: comprimento interno do tórax; CET: comprimento externo do tórax; PG: perímetro da garupa.

Tabela 11 - Efeito do uso de dietas sem forragem nos pesos dos cortes da carcaça de cordeiros terminados em confinamento.

Itens	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
Cortes, kg							
Pescoço	0,97	0,94	0,92	1,06	1,01	0,03	0,55
Paleta	2,62	2,66	2,63	2,51	2,66	0,07	0,94
Matambre	0,92	0,84	0,77	0,83	0,88	0,03	0,58
Costela	3,79	3,49	3,62	3,59	3,53	0,11	0,89
Pernil	4,47	4,16	4,21	4,28	4,30	0,11	0,85
Rabo	0,12	0,16	0,16	0,16	0,13	0,01	0,44
Lombo	1,06	1,13	1,08	1,13	1,13	0,04	0,96

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

### 7.3.7 Avaliação do trato gastrointestinal e vísceras vermelhas

O volume ruminal foi afetado ( $P = 0,04$ ) pelos tratamentos, em que os menores valores foram observados para os cordeiros da dieta MM+F. Em contrapartida, o peso do trato gastrointestinal cheio e vazio e de suas respectivas vísceras não foi afetado pelos tratamentos (Tabela 12). Também não houve efeito dos tratamentos sobre o peso da gordura omental (Tabela 12).

Na avaliação da proporção dos componentes do trato gastrointestinal, verificou-se maior ( $P = 0,02$ ) proporção de omaso para os cordeiros da dieta CONT e os menores valores para os da dieta MM+P (Tabela 13). A proporção dos demais componentes do trato gastrointestinal não foi afetada pelos tratamentos.

Com relação à avaliação das papilas ruminais, o número, a área de superfície absorptiva (ASA), a área das papilas expressa como porcentagem de ASA, a largura e a altura das papilas não foram afetadas pelas dietas experimentais (Tabela 14). Vale ressaltar que nenhuma das dietas provocou qualquer tipo de lesão sugestiva de ruminite (dados não apresentados).

O uso de dietas sem forragem não afetou o peso do fígado, pulmão e traqueia, rim, diafragma, baço e coração. Contudo, na avaliação do fígado quanto à presença de abscesso hepático, um animal da dieta MI+F apresentou um abscesso (escore A+; dados não apresentados). Nos demais animais, nenhum abscesso hepático foi observado (Tabela 15).

Tabela 12 - Efeito do uso de dietas sem forragem no peso dos componentes do trato gastrintestinal de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>3</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
Volume ruminal, L	15,54a	13,67ab	15,42a	16,33a	12,49b	0,01	0,04
Peso dos componentes do trato gastrintestinal, kg							
TGI cheio	9,51	8,01	9,03	9,05	7,91	0,23	0,10
TGI vazio	2,64	2,49	2,54	2,76	2,55	0,06	0,61
Rúmen	1,10	1,10	1,14	1,29	1,18	0,04	0,31
Retículo	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	<0,01	0,64
Omaso	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	<0,01	0,87
Abomaso	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,01	0,82
Intestino delgado	0,66	0,62	0,65	0,68	0,60	0,02	0,62
Intestino grosso	0,45	0,37	0,36	0,39	0,38	0,01	0,26
Ceco	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	<0,01	0,70
Omento, kg	1,50	1,43	1,23	1,50	1,74	0,10	0,40

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>TGI: trato gastrointestinal.

<sup>a-b</sup>Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Tabela 13 - Efeito do uso de dietas sem forragem na proporção dos componentes do trato gastrointestinal de cordeiros terminados em confinamento.

Itens <sup>3</sup>	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
Proporção dos componentes do trato gastrintestinal, %							
Rúmen	41,78	43,35	44,78	46,73	46,47	0,87	0,14
Reticulo	4,22	4,20	4,03	3,87	3,90	0,11	0,62
Omaso	3,26 a	2,74 ab	2,52 ab	2,31 b	2,97 ab	0,10	0,02
Abomaso	6,75	6,38	6,47	6,19	6,27	0,12	0,56
Intestino delgado	24,73	25,41	25,80	24,70	23,65	0,48	0,51
Intestino grosso	17,15	15,26	14,20	14,09	14,65	0,39	0,08
Ceco	2,10	2,21	2,17	2,11	2,09	0,05	0,89

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>a-b</sup>Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Tabela 14 - Efeito do uso de dietas sem forragem na morfometria ruminal de cordeiros confinados terminados em confinamento.

Itens	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P- valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
Nº papilas/cm <sup>2</sup>	66,57	71,43	67,85	63,43	68,71	2,11	0,75
Área papilas, cm <sup>2</sup>	0,34	0,24	0,37	0,30	0,31	0,02	0,14
ASA, cm <sup>2</sup>	23,32	18,43	20,60	19,71	20,60	1,06	0,16
% papilas/ASA	96,09	95,72	96,81	95,36	95,67	0,18	0,11
Largura, cm	0,25	0,22	0,28	0,23	0,23	0,01	0,06
Comprimento, cm	0,71	0,56	0,68	0,66	0,69	0,02	0,12

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

<sup>3</sup>ASA: área de superfície absorviva; % papilas/ASA: área das papilas expressa como porcentagem de ASA; Largura: largura média de papilas; Comprimento: comprimento média das papilas.

Tabela 15 - Efeito do uso de dietas sem forragem no peso das vísceras vermelhas de cordeiros.

Itens	Dietas <sup>1</sup>					EPM <sup>2</sup>	P-valor
	CONT	MI+P	MI+F	MM+P	MM+F		
Peso, kg							
Fígado	0,91	0,97	0,94	0,94	0,96	0,02	0,96
Pulmão e traqueia	0,64	0,57	0,54	0,56	0,55	0,01	0,21
Rim	0,13	0,12	0,13	0,13	0,14	<0,01	0,83
Diafragma	0,21	0,19	0,21	0,22	0,21	<0,01	0,56
Baço	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	<0,01	0,91
Coração	0,20	0,21	0,21	0,19	0,21	<0,01	0,52

<sup>1</sup>CONT (controle): dieta contendo 90% de concentrado e 10% de volumoso (feno de *coastcross*); MI+P: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico peletizado; MI+F: dieta à base de milho inteiro com núcleo proteico farelado; MM+P: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico peletizado; MM+F: dieta à base de milho moído grosso com núcleo proteico farelado.

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

## 7.4 Discussão

### 7.4.1 Desempenho

O protocolo de adaptação utilizado teve como base a restrição da quantidade de ração ofertada em relação ao peso corporal inicial dos cordeiros, que foi similar entre os tratamentos, isso justifica a ausência de efeito dos tratamentos sobre o CMS, o GMD e a EA durante a adaptação (Tabela 3). Em conjunto, estes resultados demonstram que a estratégia de adaptação foi eficiente para todas as dietas, mesmo elas apresentando forma física diferente.

O menor CMS expresso em g/kg de PC<sup>0,75</sup> observado para a dieta MI+P em relação à CONT no período 1, seguido de aumento progressivo nos períodos 2 e 3 (Figura 2), denota claramente que os cordeiros demandaram mais tempo para se adaptarem ao consumo do milho inteiro associado ao núcleo proteico peletizado. Os dados da Figura 2 evidenciam que quando os cordeiros habituam-se ao milho inteiro apresentam CMS nos patamares dos observados para dietas convencionais, então períodos mais longos de confinamento e animais bem adaptados ampliam as chances de sucesso no uso de dietas à base de milho inteiro para terminação de cordeiros jovens. A avaliação do CMS em g/kg de PC<sup>0,75</sup> ao longo dos períodos experimentais também indicou excelente estabilidade no consumo da dieta CONT ao longo dos períodos experimentais (Figura 2), o que deve ser atribuído ao fato da dieta CONT apresentar quantidade de FDN<sub>ref</sub> adequada para atender as exigências dos cordeiros (Tabela 1), o que garante maior segurança nutricional e desempenhos com menor variação no decorrer do confinamento. Por sua vez, os animais das dietas MI+F, MM+P e MM+F apresentaram consumos intermediários no decorrer do período de confinamento, sendo que a semelhança no CMS dos animais destes tratamentos em relação aos do tratamento CONT indica boa aceitação das dietas sem forragem com ingredientes moídos (milho ou *pellet*), inclusive no início do confinamento (Figuras 1 e 2). O maior tempo de adaptação à dieta MI+P provavelmente ocorreu porque os cordeiros utilizados neste experimento foram oriundos de sistema intensivo de produção onde receberam concentrado inicial à base de grãos moídos, então, os animais demandam um tempo maior para se habituarem a forma física dos grãos inteiros.

A similaridade no CMS em kg/d ao longo de todos os períodos experimentais explica a ausência de efeito dos tratamentos sobre o GMD, EA e conseqüentemente sobre o peso corporal final dos cordeiros (PF) (Figura 1; Tabela 4). O menor CMS expresso em g/kg de PC<sup>0,75</sup> observado para os animais que receberam a dieta MI+P no primeiro período experimental não comprometeu o GMD e a EA porque os animais deste tratamento aumentaram o CMS (g/kg de PC<sup>0,75</sup>) nos períodos 2 e 3, equiparando-se aos animais que receberam as demais dietas na maior parte do tempo de confinamento (Figura 2). A média do GMD considerando todos os tratamentos experimentais foi de 0,273 g/d e a média da EA foi de 0,268 (Tabela 4), o que é similar ao GMD (0,275 g/d) e EA (0,273) de outros trabalhos que utilizaram dietas tradicionais contendo de 90 a 95% de concentrado para terminação de cordeiros em confinamento (FERREIRA et al., 2014; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; RODRIGUES et al., 2008; TURINO et al., 2007; URANO et al., 2006; QUEIROZ et al., 2008). Portanto, é possível dizer que as dietas sem forragem à base de milho podem ser utilizadas com sucesso na terminação de cordeiros, contudo, é importante ponderar que no presente experimentos todas as dietas foram adicionadas com monensina sódica na concentração de 16 mg/kg de MS (Tabela 1), que sabidamente modula a fermentação e aumenta o pH ruminal (POLIZEL et al., 2021). Outro ponto importante a ser considerado é o histórico alimentar, todos os cordeiros utilizados no presente experimento foram criados em confinamento, tendo recebido a partir de 15 dias de vida até o momento do desmame ração inicial com 100% de concentrado à base de milho moído. Então, três ferramentas foram importantes e influenciaram o resultado do presente experimento, o histórico alimentar, o uso de ionóforo (monensina sódica) modulador da fermentação ruminal e a adaptação lenta e gradativa dos animais às dietas.

#### **7.4.2 Metabólitos sanguíneos**

No presente estudo, as concentrações séricas das enzimas AST e GGT não foram influenciadas pelas dietas experimentais (Tabela 5). Os valores de GGT permaneceram dentro do intervalo de referência estabelecido por Gallo et al. (2018; GGT (U/L) = 20 a 52). Entretanto, os valores encontrados para AST para as dietas CONT, MI+P, MM+P e MM+F foram ligeiramente inferiores ao intervalo estabelecido por Kaneco et al. (2008; AST: 60 a 280 U/L). É relatado na literatura que, para

ruminantes, a concentração sérica de AST tem influência do fator etário, ocorrendo aumento de seus valores conforme o aumento da idade (BORGES et al., 2011; FONTES et al., 2014; GOMES et al., 2010; GREGORY et al., 1999; MEIRA Jr. et al., 2009). Os animais do presente experimento eram jovens (Tabela 3), isso justifica as menores concentrações de AST observadas (Tabela 5) em relação aos valores de referência (KANECO et al., 2008), o que é favorável ao uso das dietas experimentais, uma vez que indica boa integridade hepática.

Para concentração sérica de glicose, não houve efeito de tratamento e os valores obtidos permaneceram dentro da faixa ideal (50 a 90 mg/dL; KANECO et al., 2008; WEISS; WARDROP, 2010). Apesar da concentração de glicose ser utilizada para avaliar o *status* energético, os ruminantes são eficientes no controle de sua homeostase, portanto, sua concentração apresenta pouca variação (PEIXOTO; OSÓRIO, 2010).

A concentração de ureia sanguínea é um indicador do metabolismo proteico. Sua concentração está diretamente relacionada com o teor de PB, PDR e com a relação energia/proteína da dieta (WITTEWER et al., 1993). A menor concentração de ureia para os animais da dieta MI+P no primeiro período experimental é coerente com o menor CMS expresso em g/dia também observado no primeiro período para os animais deste tratamento (Figura 3). Apesar disso, os valores encontrados no presente estudo permaneceram dentro do intervalo de referência estabelecidos por Kaneco et al. (2008) e Weiss e Wardrop (2010; 17 a 43 mg/dL), o que justifica não ter sido encontrada diferenças no desempenho dos cordeiros.

#### **7.4.3 Escore de fezes**

O menor escore de consistência fecal (ECF) observado para os animais que receberam a dieta MI+P quando comparados com o da dieta CONT deve ser atribuído à ausência de forragem na dieta MI+P e ao processamento do milho. Além disso, é possível observar que quando comparada com a dieta CONT a dieta MI+P possui menor tamanho médio de partículas e maior teor de amido (Tabela 1), o que pode ter favorecido o aumento na taxa de passagem e a formação de fezes mais friáveis e desuniformes (escore 2). Apesar disso, vale ressaltar que o ECF dos animais de todos os tratamentos nos diferentes períodos experimentais permaneceram entre 1 e 2, não apresentando em nenhum momento quadro de diarreia.

#### 7.4.4 Comportamento ingestivo

Nos dias de avaliação do comportamento ingestivo a interação entre tratamentos e períodos experimentais para o CMS (Tabela 7) foi resultado de mudanças brandas no padrão de consumo dos animais dos diferentes tratamentos no decorrer do tempo de confinamento, contudo, isso não foi suficiente para caracterizar diferença no CMS em kg/d entre os tratamentos em nenhum dos períodos experimentais (Figura 4). Sendo assim, o menor tempo de ingestão em min/d (Tabela 7) encontrado para os animais alimentados com as dietas sem forragem indicou maior taxa de consumo em comparação aos do tratamento CONT, o que pode ter sido reflexo da ausência de FDN de forragem e consequente maior peso específico das dietas sem forragem. Segundo Van Soest (1994), a eficiência com que o animal colhe o alimento está relacionada ao tempo destinado ao consumo e ao peso específico do alimento consumido, como em condições de confinamento o tempo que o animal destina à procura do alimento é reduzido, certamente o peso específico teve maior influência na taxa de consumo dos cordeiros.

O menor tempo de ingestão em min/d para os animais que receberam as dietas sem forragem aliado ao mesmo CMS não foi expressivo o suficiente para alterar o tempo de ingestão em min/g de MS (Figura 7). Tendo em vista a similaridade no CMS (Figura 4), o menor consumo de FDN (CFDN) dos animais que receberam as dietas sem forragem foi devido exclusivamente ao menor teor de FDN destas dietas em relação à CONT (Tabela 7; Figura 5).

O menor tempo para ingestão em min/g de FDN (Figura 8) para a dieta CONT em comparação a dieta MM+P no primeiro período foi resultado do maior CFDN pelos animais alimentados com a dieta CONT. Esta diferença não foi observada para o segundo e terceiro período, indicando uma similaridade na variação ao longo do tempo entre o tempo de ingestão (min/d) (Tabela 7) e o CFDN (g/d) (Figura 5), isso é coerente com a suposição anterior de que a presença de FDN de forragem na dieta CONT e ausência nas demais dietas foram a grande responsável pela modulação do tempo de ingestão e consequentemente da taxa de consumo dos cordeiros.

O menor CFDN (Figura 5) dos cordeiros que receberam as dietas sem forragem associado ao menor teor de FDN<sub>fe</sub> destas dietas (Tabela 1) explicam seus menores tempos de ruminação e mastigação em min/d (Figura 6) e em min/g MS (Tabela 7)

quando comparados aos cordeiros da dieta CONT (ALBRIGHT, 1993; DULPHY et al., 1980; PEREIRA et al., 2007; QUEIROZ et al., 2001; VAN SOEST et al., 1991; WELCH; HOOPER, 1988). Devido à presença do milho inteiro, o tamanho médio de partículas das dietas MI+P e MI+F foi superior ao da dieta CONT (Tabela 1), mas isso, como demonstrado anteriormente, não foi suficiente para equiparar os tempos de ruminação e mastigação das dietas com milho inteiro aos da dieta CONT, evidenciado a importância da FDN oriunda de forragem no estímulo das atividades de ruminação e mastigação. Este raciocínio é reforçado quando se observa que nas dietas sem forragem o milho inteiro não promoveu benefício adicional nos tempos (min/d) de ruminação e mastigação na comparação com o milho moído, isso certamente, decorreu do fato das dietas sem forragem terem apresentado teor similar de FDN, ainda que seus tamanhos médios de partículas tenham sido diferentes. Contudo, quando o tempo de mastigação foi expresso em min/g de FDN observou-se maiores valores para as dietas MI+P e MM+F em comparação a dieta CONT (Tabela 8). Tem sido consistentemente demonstrado na literatura que quando o teor de FDN das dietas diminuem os animais maximizam o tempo de mastigação por unidade de FDN (FERREIRA et al., 2011; GRANT, 1997), o que também ocorreu no presente experimento. O fornecimento das dietas sem forragem, devido ao menor tempo de ingestão, ruminação e mastigação, aumentou o tempo em ócio dos animais (Tabela 7). O que é consistente com o postulado na literatura de que o aumento no teor de concentrado da dieta diminui o tempo que os animais destinam ao consumo de alimento e à ruminação, ampliando o tempo de descanso (GOULARTE et al, 2011; MISSIO et al., 2010; MCQUEEN, 1997).

#### **7.4.5 Carcaças**

A ausência de efeito dos tratamentos sobre o GMD e PF (Tabela 4) justificam a similaridade nos resultados obtidos para PCA e conseqüentemente PCQ e PCF (Tabela 9). O RCF dos cordeiros no presente trabalho foi de 54,0% (Tabela 9), sendo pelo menos 5 pontos percentuais superior ao RCF médio (49,0%) relatado na literatura para cordeiros da raça Santa Inês recebendo dietas com 90% de concentrado (FERREIRA et al., 2011; FERREIRA et al., 2014; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008; URANO et al., 2006), tais resultados são muito favoráveis ao uso de dietas sem forragem. Contudo, vale mencionar que no presente experimento

o peso médio de abate dos animais foi de 52 kg vs 39,0 kg nos trabalhos supracitados (FERREIRA et al., 2011; FERREIRA et al., 2014; GASTALDELLO Jr. et al., 2010; QUEIROZ et al., 2008; URANO et al., 2006), além disso, os cordeiros do presente experimento foram mestiços Dorper x Santa Inês que apresentam maior potencial de deposição muscular que os da raça Santa Inês.

A AOL apresentou valor médio de 19,2 cm<sup>2</sup> (Tabela 9) para todos os tratamentos. Valores para AOL de 18,1 cm<sup>2</sup> foram observados para cordeiros da raça Santa Inês alimentados com rações contendo 80% de concentrado (OLIVEIRA et al., 2002), com peso corporal de abate de 45,0 kg. Por sua vez, cordeiros abatidos com 33,1 kg também terminados com rações com alto teor de concentrado (90% da MS) apresentaram AOL de 12,6 cm<sup>2</sup> (RODRIGUES et al., 2008). Então, certamente a elevada AOL observada no presente experimento, pelo menos em parte pode ser atribuída ao peso de abate superior dos cordeiros quando comparados aos praticados em outros trabalhos (FERREIRA et al., 2014; RODRIGUES et al., 2008).

A ausência de efeito dos tratamentos sobre o peso da carcaça explica a similaridade no peso dos cortes principais (Tabela 11), na conformação e nas medidas lineares da carcaça, o que denota que os animais de todos os tratamentos apresentaram carcaças com desenvolvimento proporcional (Tabela 10).

A perda por resfriamento (PR) geralmente é inversamente correlacionada à espessura de gordura subcutânea (RODRIGUES et al., 2008). No presente experimento não houve efeito dos tratamentos sobre a EGS, isso explica a similaridade nas perdas por resfriamento que em média foi de 2,1% (Tabela 9), o que é coerente com os resultados de outros autores (FERREIRA et al., 2011). Apesar do maior teor de amido (Tabela 1), as dietas sem forragem diminuíram o escore de marmoreio das carcaças, o que certamente decorreu das modificações que as dietas sem forragem promoveram na fermentação ruminal, fato que necessita ser melhor estudado, uma vez que segundo Smith e Crouse (1984) o escore de marmoreio da carne aumenta em resposta ao aumento no teor de amido da dieta.

#### **7.4.6 Avaliação do trato gastrointestinal**

Sabe-se que o conteúdo do trato gastrointestinal é uma característica que influencia diretamente o rendimento de carcaça, então, no presente experimento a

semelhança no RCQ e RCF (Tabela 13) pode ser justificada pelo peso do TGIC e TGIV que foi similar entre os tratamentos (Tabela 12).

A maior proporção do omaso (Tabela 13) para a dieta CONT e menor para MM+P pode ser atribuída ao aumento no teor de concentrado da dieta (Tabela 1; VAN SOEST, 1994). Por sua vez, Ferreira et al. (2000) utilizando bovinos alimentados com diferentes teores de concentrado (25, 37,5, 50, 62,5 e 75%) também relataram diminuição linear no peso do omaso. De forma similar, em estudo realizado por Xie et al. (2020), em que foram utilizadas dietas com 14, 18, 22 e 26% de FDN para ovinos, houve aumento linear no peso e na proporção do omaso com o aumento no teor de FDN da dieta.

Para as variáveis relacionadas à avaliação das papilas ruminais (Tabela 14), a semelhança entre os tratamentos é um bom indicativo de que os cordeiros apresentaram boa saúde ruminal no decorrer do experimento.

Segundo Ferrell et al. (1976), o tamanho do fígado, rins e baço está relacionado com o maior consumo de nutrientes pelo animal, especialmente energia e proteína, já que os mesmos participam ativamente no metabolismo destes nutrientes. Portanto, a similaridade do peso do fígado, rins e baço entre os tratamentos (Tabela 15) pode ser atribuída ao consumo similar de MS e ao fato das dietas serem isonitrogenadas (Tabela 1). O peso do coração também foi semelhante entre os tratamentos, o que pode ser explicado pela similaridade no peso dos animais ao final do experimento.

## **7.5 Conclusões**

Ficou evidente a real possibilidade de utilização de dietas sem forragem à base de milho inteiro ou moído para terminação de cordeiros em confinamento, bem como a possibilidade de uso do núcleo proteico na forma peletizada ou farelada, tendo em vista que as dietas sem forragem independente da forma de processamento do milho ou do núcleo proteico propiciaram adequado desempenho, características de carcaça e indicadores de saúde hepática e ruminal. Contudo, vale ressaltar que todas as dietas possuíam monensina sódica na concentração de 16 mg/kg de MS, além disso, os animais foram submetidos a um protocolo de adaptação com aumento gradativo na quantidade de ração ofertada. Finalmente, é importante ponderar que os animais utilizados no presente experimento foram oriundos de um sistema de cria em que receberam ração inicial com 100% de concentrado a partir da segunda semana de

vida até o desmame e a partir do desmame receberam dieta contendo 90% de concentrado até o início do experimento, quando passaram a receber as dietas experimentais.

## Referências

ALBRIGHT, J.L. Feeding Behavior of Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 485–498, 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, 1997. 1141 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, 1990, 1117p.

BERNARDES, G.M.C.; CARVALHO, S.; PIRES, C.C.; MOTTA, J.H.; TEIXEIRA, W.S.; BORGES, L.I.; FLEIG, M.; PILECCO, V.M.; FARINHA, E.T.; VENTURINI, R.S. Consumo, desempenho e análise econômica da alimentação de cordeiros terminados em confinamento com o uso de dietas de alto grão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 1684–1692, 2015.

BOLZAN, I.T.; SANCHEZ, L.M.B.; CARVALHO, P.A.; VELHO, J.P.; LIMA, L.D.; MORAIS, J.; CADORIN, R.L. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou tratado com uréia, com três níveis de concentrado. **Ciência Rural**, v. 37, p. 229–234, 2007.

BORGES, C.A.A.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y.; SILVA, L.D.F.; PEREIRA, E.S.; ZARPELON, T.G.; CONSTANTINO, C.; FAVERO, R. Substituição de milho grão inteiro por aveia preta grão no desempenho de cordeiros confinados recebendo dietas com alto grão. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 2011–2020, 2011.

BROWN, M.S.; PONCE, C.H.; PULIKANTI, R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, v. 84 Suppl, p. 25–33, 2006.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149–169, 2004.

CARVALHO, S.; BERNARDES, G.M.C.; PIRES, C.C.; BIANCHI, G.; PILECCO, M.; VENTURINI, R.S.; MOTTA, J.H. Efeito de dietas de alto grão sobre o comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento. **Zootecnia Tropical**, v. 33, p. 145–152, 2015.

CEZAR, M.F.S.; WANDRICK, H. 2007. **Manual técnico-científico de avaliação da carcaça ovina e caprina**. João Pessoa, PB.

DICKSON, H.; JOLLY, S. **National Procedures and Guidelines for Intensive Sheep and Lamb Feeding Systems**. Meat & Livestock Australia Limited, 2011.

DULPHY, J.P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. 1980. **Ingestive behaviour and related activities in ruminants**. In: RUCKEBUSCH, Y., THIVEND, P. (eds). *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Springer, Dordrecht.

ECKERMANN, N.R. **Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN<sub>fef</sub>) para cordeiros em terminação**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9-18, 2014.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ARAUJO,

R.C.; AMARAL, R.C.; LOERCH, S.C. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 4120-4126, 2011.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; MUNIZ, E.B.; CHAVES VERAS, A.S. Características das carcaças, biometria do trato gastrintestinal, tamanho dos órgãos internos e conteúdo gastrintestinal de bovinos F1 Simental x Nelore alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1174–1182, 2000.

FERRELL, C.L.; GARRETT, W.N.; HINMAN, N. Estimation of body composition in pregnant and non-pregnant heifers. **Journal of Animal Science**, v. 42, p. 1158–1166, 1976.

FONTES, D.G.; MONTEIRO, M.V.B.; JORGE, E.M.; OLIVEIRA, C.M.C.; RITTER, R.A., NETO, J.D.B.; FILHO, E.S.; MONTEIRO, F.O.B. Perfil hematológico e bioquímico de búfalos (*Bubalus bubalis*) na Amazônia Oriental. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, p. 57–63, 2014.

GALLO, S.B.; ALMEIDA MERLIN, F.; MACEDO, C.M.; OLIVEIRA SILVEIRA, R.D. Whole grain diet for feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v. 120, p. 185–188, 2014.

GALLO, S.B.; BROCHADO, T.; ARIBONI BRANDI, R.; SILVA BUENO, I.C.; PASSARELI, D.; BIRGEL, D.B.; BIRGEL JUNIOR, E.H. Implications of low fiber levels in finishing lambs on performance, health, rumen, and carcass parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 767–773, 2018.

GARCIA NETO, A.F. Ruminite, abcessos hepáticos e enfermidades podais em ovinos : avaliação dos achados após o abate. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), 2018.

GASTALDELLO JR.; L.A.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; FERREIRA, E.M.; MOURÃO, G.B. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados

com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 556-562, 2010.

GOMES, V.; MADUREIRA, K.M.; BLAGITZ, M.G.; GALDINO, J.; VANTIM, G.; BENESI, F.J. Reference values and influence of age in biochemistry of liver function in healthy Murrah Buffaloes. **Ars Veterinaria**, v. 26, p. 128–131, 2010.

GOULARTE, S.R.; ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; DIAS, A.M.; MORAIS, M.G.; SANTOS, G.T.; OLIVEIRA, L.C.S. Comportamento ingestivo e digestibilidade de nutrientes em vacas submetidas a diferentes níveis de concentrado. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 414–422, 2011.

GRANT, R.J. Interactions among Forages and Nonforage Fiber Sources. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1438–1446, 1997.

GREGORY, L.; BIRGEL JUNIOR, E.H.; MIRANDOLA, R.M.S.; ARAÚJO, W.P.; BIRGEL, E.H. Valores de referência da atividade enzimática da aspartato-aminotransferase e da gama-glutamilttransferase em bovinos da raça Jersey. Influência dos fatores etários, sexuais e da infecção pelo vírus da leucose dos bovinos. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 51, p. 515–522, 1999.

HALL, M.B., 2000. **Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis**. A laboratory manual. Univ. Florida Ext. Bull. 339. Gainesville.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. 2002. **Evaluating particle size of forages and Tmrs using the new Penn State Forage Particle Separator**. Pennsylvania: the Pennsylvania State University, Department of Dairy and Animal Science. 14 p. (Technical Repost Das 02-42).

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. Academic Press, 2008, 928 p.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 922-928, 1996.

MANDARINO, R.A.; BARBOSA, F.A.; LOBO, C.F.; SILVA, I.S.; OLIVEIRA, R. V. Desempenho produtivo e econômico do confinamento de bovinos zebuínos alimentados com três dietas de alto concentrado. **Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1463-1471, 2013.

MEIRA JR, E.B.S.; RIZZO, H.; BENESI, F.J.; GREGORY, L. Influência dos fatores sexuais e etários sobre a proteína total, fração albumina e atividade sérica de aspartato-aminotransferase e gama-glutamilttransferase de ovinos da raça Santa Inês. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, p. 448, 2009.

MISSIO, R.L.; BRONDANI, I.L.; FILHO, D.C.A.; SILVEIRA, M.F.; FREITAS, L.S.; RESTLE, J. Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1571–1578, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Washington: National Academy Press, 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: The National Academies Press, 2007.

OLIVEIRA, L.S.; MAZON, M.R.; CARVALHO, R.F.; PESCE, D.M.C.; SILVA, S.L.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; GALLO, S.B.; LEME, P.R. Processamento do milho grão sobre desempenho e saúde ruminal de cordeiro. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1292–1298, 2015.

OLIVEIRA, M.V.; PÉREZ, J.R.; ALVES, E.; MARTINS, A.R.; LANA, R.P. Rendimento de carcaça, mensurações e peso de cortes comerciais de cordeiros Santa Inês e Bergamácia alimentados com dejetos de suínos em confinamento. **Revista Brasileira**

de **Zootecnia**, v. 31, p. 1451–1458, 2002.

ORTIZ, J.S.; COSTA, C.; GARCIA, C.A.; SILVEIRA, L.V.A. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta na ração sobre o desempenho e as características de carcaça de cordeiros terminados em creep feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, 2390–2398, 2005.

PASSINI, R.; RODRIGUES, P.H.M.; CASTRO, A.L.; SILVEIRA, A.C. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade ensilados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1266–1274, 2003.

PEIXOTO, L.; OSÓRIO, M. Perfil metabólico proteico e energético na avaliação do desempenho reprodutivo em ruminantes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, p. 299–304, 2007.

PEREIRA, J.C.; CUNHA, D.N.F.V.; CECON, P.R.; FARIA, E.S. Comportamento ingestivo e taxa de passagem de partículas em novilhas leiteiras de diferentes grupos genéticos submetidas a dietas com diferentes níveis de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 2134–2142, 2007.

PEREIRA, M.C.S.; DELLAQUA, J.V.T.; SOUSA, O.A.; SANTI, P.F.; FELIZARI, L.D.; REIS, B.Q.; PINTO, A.C.J.; BERTOLDI, G.P.; SILVESTRE, A.M.; WATANABE, D.H.M.; ESTEVAM, D.D.; ARRIGONI, M.D.B.; MILLEN, D.D. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nellore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. **Livestock Science**, v. 234, 103985, 2020.

POLIZEL, D.M.; MARTINS, A.S.; MISZURA, A.A.; FERRAZ JÚNIOR, M.V.C.; BERTOLONI, A.V.; OLIVEIRA, G.B.; BARROSO, J.P.R.; FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V. Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. **Scientia Agricola**, v. 78, e202000010, 2021.

QUEIROZ, A.C.; NEVES, J.S.; MIRANDA, L.F.; PEREIRA, J.C.; PEREIRA, E.S.; DUTRA, A.R. Efeito do nível de fibra e da fonte de proteína sobre o comportamento

alimentar de novilhas mestiças Holandês-Zebu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, p. 84–88, 2001.

QUEIROZ, M.A.Á.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S.; ALMEIDA, O.C.; AMARAL, R.C.; MOURÃO, G.B. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1193–1200, 2008.

RESENDE JUNIOR, J.C.; ALONSO, L.D.S.; PEREIRA, M.N.; ROCA, M.G.; DUBOC, M.V.; OLIVEIRA, E.C.;b MELO, L.Q. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, p. 526–536, 2006.

ROBINSON, P.H.; MCQUEEN, R.E. Influence of level of concentrate allocation and fermentability of forage fiber on chewing behavior and production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 681–691, 1997.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; URANO, F.S.; CASTILLO, C.J.C. Polpa cítrica em rações para cordeiros em confinamento: Características da carcaça e qualidade da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1869–1875, 2008.

SCHMID, M.; FOSTNER, L.A. 1986. **Laboratories Testing in Veterinary Medicine Diagnosis in the Clinical Monitoring**. Mannheim: Boehringer, 253p.

SMITH, S.B.; CROUSE, J.D. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **Journal of Nutrition**, v. 114, p. 792–800, 1984.

STEELE, M.A.; ALZAHAL, O.; HOOK, S.E.; CROOM, J.; MCBRIDE, B.W. Ruminal acidosis and the rapid onset of ruminal parakeratosis in a mature dairy cow: a case report. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 51, p. 39, 2009.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal**

of **Animal Science**, v. 63, p. 1649–1662, 1986.

TURINO, V.F.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; MENDES, C.Q.; MORAIS, J.B.; OLIVEIRA Jr., R.C. Casca de soja na alimentação de cordeiros confinados: Desempenho e características da carcaça. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 495-504, 2007.

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAUJO, R.C.; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1525-1530, 2006.

VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. Ed. London: Cornell University.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VARGAS JUNIOR, F.M.; SANCHEZ, L.M.B.; WECHSLER, F.S.; BIANCHINI, W.; OLIVEIRA, M.V.M. Influência do processamento do grão de milho na digestibilidade de rações e no desempenho de bezerros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 2056–2062, 2008.

WANG, Y.; WANG, Q.; DAI, C.; LI, J.; HUANG, P.; LI, Y.; DING, X.; HUANG, J.; HUSSAIN, T.; YANG, H. Effect of dietary protein level on growth, carcass characteristics, serum biochemical index, and meat quality of Hu male lambs. **Small Ruminant Research**, v. 194, 106294, 2020.

WEIDNER, S.J.; GRANT, R.J. Soyhulls as a Replacement for Forage Fiber in Diets for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 513–521, 1994.

WEISS, D.J.; WARDROP, K.J. 2010. **Schalm's Veterinary Hematology**, Wiley Blackwell, New York.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.R.S. A Theoretically – Based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

WELCH, J. G.; HOOPER, A. P. **Ingestion of feed and water. The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs: Reston, p. 108-116, 1988.

WITTWER, F.; REYES, J.M.; OPITZ, H.; CONTRERAS, P.A.; BÖHMWALD, H. Determinación de urea en muestra de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. **Archivos de Med Veterinaria**, v. 25, 165172, 1993.

XIE, B.; HUANG, W.; ZHANG, C.; DIAO, Q.; CUI, K.; CHAI, J.; WANG, S.; LV, X.; ZHANG, N. Influences of starter NDF level on growth performance and rumen development in lambs fed isocaloric and isonitrogenous diets. **Journal of Animal Science**, v. 98, skaa093, 2020.

## CAPÍTULO VIII

### 8 PLANOS PARA O FUTURO

A terminação de cordeiros em confinamento e o uso de dietas com alto teor de concentrado tem se difundido no Brasil. Eu tenho a convicção que nos próximos anos o confinamento será o principal sistema de terminação de cordeiros no Brasil, superando os sistemas de produção de cordeiros a pasto, cujos resultados em termos de taxa de sobrevivência, ganho de peso e qualidade de carcaça, infelizmente, são ruins nas condições nacionais, o que tem desencorajado muitos produtores a iniciarem, permanecerem ou prosperarem na ovinocultura. Contudo, vale ressaltar que sou entusiasta do uso de pasto para manutenção dos animais adultos, com certeza, a viabilidade econômica da ovinocultura no Brasil passa pela utilização eficiente de pastagens, especialmente para manutenção das ovelhas.

A tese ora apresentada teve dois importantes propósitos. O primeiro foi definir o teor ideal de FDN fisicamente efetiva de forragem ( $FDN_{\text{ref}}$ ) em dietas à base de grãos de milho moídos ou inteiros para cordeiros e o segundo foi propor alternativas de uso de dietas sem forragem para terminação de cordeiros em confinamento. Para dar continuidade a esta linha de pesquisa outros estudos estão sendo conduzidos.

Com objetivo de tornar as dietas sem forragem mais seguras, estão sendo conduzidos dois estudos para avaliar o uso de bicarbonato de sódio em dietas com 100% de concentrado à base de grãos de milho moídos e núcleo farelado, s resultados preliminares são promissores quanto ao uso desta tecnologia.

A monensina sódica é o aditivo ionóforo mais utilizado no mundo nos sistemas de produção ruminantes, sendo muito importante nos sistemas de produção de ovinos, cujo efeito extrapola a ação ruminal, tendo em vista a grande efetividade que possui no controle de coccidiose, enfermidade de grande incidência nos plantéis de ovinos. Contudo, em 2006 a União Europeia banuiu o uso de antibióticos como promotor de crescimento na alimentação de ruminantes, sendo os ionóforos uma das classes proibidas. Então, também estamos desenvolvendo pesquisas com óleos essenciais com potencial modulador da fermentação ruminal em ovinos recebendo dietas com alto teor de concentrado. Nesta área estão em andamento quatro experimentos, dois avaliando o óleo essencial de arnica (*Lychnophora pinaster*) e dois avaliando o óleo essencial de laranja (*Citrus sinensis*) como fonte de limoneno

(limoneno). Os resultados preliminares indicam que os dois óleos essenciais apresentam grande potencial como aditivo alimentar.

O uso de coprodutos fibrosos como fonte de fibra com a finalidade de aumentar a segurança no uso de dietas sem forragem para cordeiros também será estudado em pesquisas futuras, além disso, serão conduzidos experimentos para determinar a exigência de fibra não forragem em dietas sem forragem para cordeiros em terminação.

Com base em observações de campo é possível hipotetizar que a raça do cordeiro afeta sua adaptação às dietas com altos teores de concentrado, então, experimentos avaliando a interação raça x teor de concentrado na dieta também serão conduzidos.

Com cooperação de profissionais da área de economia também deveremos fazer levantamento de custos de produção e de viabilidade econômica de sistemas intensivos de produção de ovinos em ciclo completo, bem como aplicados apenas para fase de terminação de cordeiros em confinamento.

Ainda existem muitas dúvidas com relação ao sabor da carne de cordeiros recebendo dietas com diferentes teores de concentrado, com isso, deveremos incorporar nos projetos de avaliação de desempenho e características da carcaça, avaliações relacionadas à qualidade sensorial da carne. Nesta linha, também deveremos avaliar o efeito das diferentes estratégias de uso de dietas com alto teor de concentrado sobre o perfil de ácidos graxos da carne.

No passado realizamos experimentos de metabolismo para definir a influência dos ácidos graxos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) na biohidrogenação ruminal de ácidos graxos, na digestibilidade intestinal dos nutrientes e no perfil de ácidos graxos da carne e do leite de ovinos, os resultados permitiram elucidar pontos importantes realcioandos aos efeitos do uso de EPA e DHA em associação ao ácido linoleico sobre o metabolismo ruminal e pós-absortivo de ácidos graxos. Então, pesquisas relacionadas ao metabolismo de lipídios com ovinos serão retomadas.