



**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E VALOR ENERGÉTICO
DE ALIMENTOS PARA CORDEIROS**

BRUNA RAYET AYUB

2018



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E VALOR ENERGÉTICO
DE ALIMENTOS PARA CORDEIROS**

Autor: Bruna Rayet Ayub

Orientador: José Augusto Gomes Azevêdo

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Março de 2018

BRUNA RAYET AYUB

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E VALOR ENERGÉTICO
DE ALIMENTOS PARA CORDEIROS**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. *D.Sc.* José Augusto Gomes Azevêdo

Co- Orientador: Prof. *D.Sc.* Luis Gustavo Ribeiro Pereira

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Março de 2018

636.085 A983a	Ayub, Bruna Rayet. Avaliação nutricional e valor energético de alimentos para cordeiros. / Bruna Rayet Ayub. – Itapetinga-BA: UESB, 2018. 190f.
	<p>Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D.Sc. José Augusto Gomes Azevêdo e coorientação do Prof. D.Sc. Luis Gustavo Ribeiro Pereira.</p>
	<p>1. Ovinos – Nutrição animal – Cordeiros. 2. Ovinos – Alimentos alternativos tropicais. 3. Ovinos – Nutrição animal – Resíduo - Subprodutos. 4. Nutrição animal – Ovinos - BR-Corte - NRC. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, <i>Campus</i> de Itapetinga. II. Azevêdo, José Augusto Gomes. III. Pereira, Luis Gustavo Ribeiro. IV. Título.</p>
	<p>CDD(21): 636.085</p>

Catalogação na Fonte:
Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Ovinos – Nutrição animal – Cordeiros
2. Ovinos – Alimentos alternativos tropicais
3. Ovinos – Nutrição animal – Resíduo – Subprodutos
4. Nutrição animal – Ovinos - BR-Corte – NRC

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

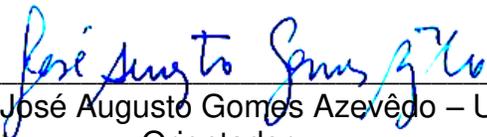
Título: “Avaliação nutricional e valor energético de alimentos para cordeiros.”

Autor (a): Bruna Rayet Ayub

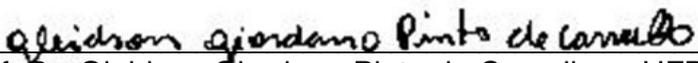
Orientador (a): Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo

Co-orientador (a): Prof. Dr. Luis Gustavo Ribeiro Pereira

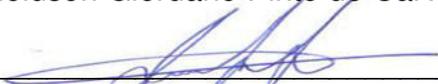
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



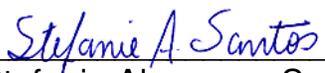
Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo – UESC
Orientador



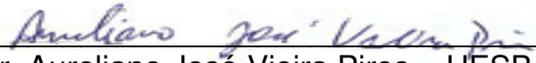
Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho – UFBA



Prof. Dr. José Esler de Freitas Junior - UFBA



Prof^a. Dr^a. Stefanie Alvarenga Santos - UFBA



Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires – UESB

Data de realização: 22 de março de 2018

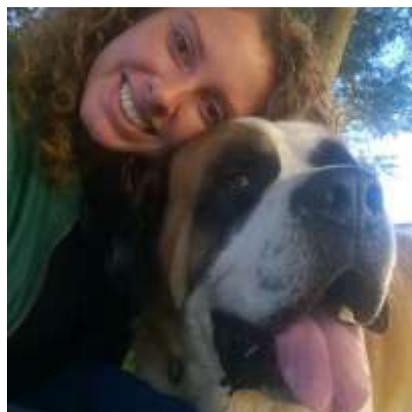
“Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e,
então, com todo o coração dedicar-se a ele.”

Buda

Aos que me proporcionaram os maiores aprendizados: amor, amizade, companheirismo, força, persistência e recomeço.

Aos meus pais Miguel e Nádía.

Ao Pacato.



DEDICO

BIOGRAFIA

BRUNA RAYET AYUB, filha de Miguel Barquet Ayub e Nadia Maria Maltauro Ayub, natural de União da Vitória-PR, nasceu em 12 de fevereiro de 1989.

Em dezembro de 2004, aos 16 anos concluiu o ensino médio no Colégio São José, em Porto União-SC.

Em fevereiro de 2005, ainda aos 16 anos, ingressou nas Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu – UNIGUAÇU, em União da Vitória – PR. Em setembro de 2010 recebeu o título de Bacharel em Medicina Veterinária.

De 2011 a 2013 foi colaboradora das Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu – UNIGUAÇU, a mesma instituição em que se formou como Médica Veterinária, lecionando nos cursos de Medicina Veterinária e Agronomia. No mesmo período também, trabalhou com consultoria na pecuária leiteira.

Em março de 2011, aos 22 anos, iniciou o Programa de Pós Graduação em nível de Mestrado na área de Desenvolvimento Regional com ênfase em Políticas Pública, pela Universidade do Contestado – UNC em Canoinhas-SC. Sua pesquisa foi direcionada às políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento rural/regional, especialmente as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da cadeia da pecuária leiteira, como o PRONAF.

Em setembro de 2012, recebeu o título de Mestre em Desenvolvimento Regional. No mesmo ano, foi contemplada com o Prêmio Schuh de melhor dissertação em Economia Rural pela Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER.

A partir de sua dissertação, publicou o capítulo “Política Pública do Pronaf mais alimentos: uma ferramenta de estímulo ao desenvolvimento da produção leiteira”, contido no livro Desenvolvimento Regional em Questão, lançado em julho 2016.

Aos 25 anos, em março de 2014, iniciou o Programa de Pós Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, com ênfase em Produção de Ruminantes pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB em Itapetinga –BA, realizando estudos na área de Nutrição de Ruminantes com a utilização de alimentos alternativos na alimentação animal.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUÇÃO GERAL.....	xix
CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1. Introdução	1
2. Subprodutos e resíduos na alimentação de ruminantes.....	2
3. Classificação dos alimentos	4
4. Caracterização dos resíduos e subprodutos em estudo.....	5
4.1 Alimentos energéticos.....	6
4.1.1 Farelo de trigo.....	6
4.1.2 Farinha de mandioca.....	7
4.1.3 Fubá de milho	9
4.1.4 Melaço em pó.....	11
4.2 Alimentos proteicos	12
4.2.1 Farelo de glúten de milho	12
4.2.2 Farelo de mamona.....	13
4.2.3 Farelo de soja.....	14
4.2.4 Torta de algodão	16
4.3 Alimentos Alternativos	17
4.3.1 Farinha de maracujá.....	17
4.3.2 Farelo de cacau	18
4.3.3 Farelo da vagem da algaroba	19
4.3.4 Torta de dendê	20
5. Predição do valor energético dos alimentos a partir da composição química.	21
6. Referências.....	23

CAPÍTULO II: DEGRADABILIDADE <i>IN VITRO</i> E CINÉTICA DA PRODUÇÃO DE GASES EM ALIMENTOS ALTERANTIVOS PARA DIETAS DE CORDEIROS EM CONDIÇÕES TROPICAIS.....	30
1. Introdução	32
2. Material e métodos.....	33
2.1 Princípios éticos da experimentação animal.....	33
2.2 Local e alimentos utilizados	33
2.3 Determinação da composição química	34
2.4 Cinética da fermentação e degradabilidade <i>in vitro</i>	35
3. Resultados	39
4. Discussão	56
5. Conclusão.....	60
6. Referências.....	61
CAPÍTULO III: CONCENTRADOS ENERGÉTICOS E SEUS EFEITOS SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E VALOR ENERGÉTICO EM DIETAS PARA CORDEIROS.....	64
1. Introdução	66
2. Material e métodos.....	67
2.1 Princípios éticos da experimentação animal.....	67
2.2 Local e alimentos utilizados	67
2.3 Animais, delineamento experimental e dietas	68
2.4 Coleta e armazenamento das amostras	70
2.5 Determinação da composição química	71
2.6 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade	72
2.7 Estimativa da produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio.....	72
2.8 Análise estatística	73
3. Resultados	74
3.1 Consumo de nutrientes.....	74
3.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes.....	76
3.3 Balanço de nitrogênio	78
3.4 Síntese de proteína microbiana	79
4. Discussão	80
5. Conclusão.....	83
6. Referências.....	84

CAPÍTULO IV: CONCENTRADOS PROTEICOS E SEUS EFEITOS SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E VALOR ENERGÉTICO EM DIETAS PARA CORDEIROS.....	87
1. Introdução	89
2. Material e métodos.....	90
2.1 Princípios éticos da experimentação animal.....	90
2.2 Local e alimentos utilizados	91
2.3 Animais, delineamento experimental e dietas	92
2.4 Coleta e armazenamento das amostras	94
2.5 Determinação da composição química	94
2.6 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade	95
2.7 Estimativa da produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio.....	96
2.8 Análise estatística	97
3. Resultados	97
3.1 Consumo de nutrientes.....	97
3.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes.....	100
3.3 Balanço de nitrogênio	102
3.4 Síntese de proteína microbiana	104
4 Discussão	105
5 Conclusão.....	108
6 Referências.....	109
CAPÍTULO V: ALIMENTOS ALTERNATIVOS E SEUS EFEITOS SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E VALOR ENERGÉTICO EM DIETAS PARA CORDEIROS.....	112
1. Introdução	114
2. Material e métodos.....	115
2.1 Princípios éticos da experimentação animal.....	115
2.2 Local e alimentos utilizados	116
2.3 Animais, delineamento experimental e dietas	117
2.4 Coleta e armazenamento das amostras	119
2.5 Determinação da composição química	120
2.6 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade	121
2.7 Estimativa da produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio.....	121
2.8 Análise estatística	122

3. Resultados	123
3.1 Consumo de nutrientes.....	123
3.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes.....	126
3.3 Balanço de nitrogênio	128
3.4 Síntese de proteína microbiana	130
4. Discussão	131
5. Conclusão.....	134
6. Referências.....	135

CAPÍTULO VI: PREDIÇÃO DE FRAÇÕES DIGESTÍVEIS E DO VALOR ENERGÉTICO DE DIETAS PARA CORDEIROS EM CONDIÇÕES TROPICAIS.....	138
1. Introdução	140
2. Material e métodos.....	141
2.1 Princípios éticos da experimentação animal.....	141
2.2 Local e alimentos utilizados	141
2.3 Dietas e animais	144
2.4 Coleta de materiais e armazenamento das amostras.....	145
2.5 Determinação da composição química	146
2.7 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade	148
2.8 Determinação da energia bruta e energia digestível	149
2.9 Predição do valor energético dos nutrientes	149
3 Resultados	153
3.1 Extrato etéreo e proteína bruta verdadeiramente digestíveis.....	154
3.2 Fibra em detergente neutro digestíveis	155
3.3 Carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis	156
3.4 Nutrientes digestíveis totais (ndt)	157
4 Discussão	158
5 Conclusão.....	162
6 Referências.....	163

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Estoque mundial de grãos.	2
FIGURA 2. Evolução da área plantada de milho no Brasil.....	10
FIGURA 3. Evolução da área plantada de soja no Brasil.....	15
FIGURA 4. Representação do delineamento quadrado latino com reversão simples dos níveis (100 e 300 g/kg) e fator adicional (silagem de milho), em dois períodos.....	70
FIGURA 5. Representação do delineamento quadrado latino com reversão simples dos níveis (100 e 300 g/kg) e fator adicional (silagem de milho), em dois períodos.....	93
FIGURA 6. Representação do delineamento quadrado latino com reversão simples dos níveis (100 e 300 g/kg) e fator adicional (silagem de milho), em dois períodos.....	117
FIGURA 7. Representação do delineamento quadrado latino com reversão simples dos níveis (100 e 300 g/kg) e fator adicional (silagem de milho), em dois períodos.....	145

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Nome científico e tipo de subprodutos e resíduos utilizados para caracterização da composição química e digestibilidade <i>in vitro</i>	6
TABELA 2. Nome científico e apresentação dos alimentos utilizados para caracterização da composição química e digestibilidade <i>in vitro</i>	34
TABELA 3. Composição química e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos.	36
TABELA 4. Degradabilidade da MS e da FDN estimados por tempo de avaliação (horas), em função do concentrado energético, em g/kg.	40
TABELA 5. Parâmetros do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h ⁻¹ , em função do concentrado energético, em g/kg.	42
TABELA 6. Parâmetro do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da FDN em função do concentrado energético, em g/kg.	42
TABELA 7. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação <i>in vitro</i> dos carboidratos fibrosos e não fibrosos em função do concentrado energético, em g/kg.	43
TABELA 8. Degradabilidade da MS e da FDN, estimados por tempo de avaliação (horas), em função do concentrado proteico, em g/kg.	44
TABELA 9. Parâmetro do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h ⁻¹ , em função do concentrado proteico, em g/kg.	46
TABELA 10. Parâmetros do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da FDN, em função do concentrado proteico, em g/kg.	47
TABELA 11. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação <i>in vitro</i> dos carboidratos fibrosos e não fibrosos em função do concentrado proteico, em g/kg. ...	47
TABELA 12. Degradabilidade da MS e da FDN, estimados por tempo de avaliação (horas), em função do alimento alternativo, em g/kg.	48

TABELA 13. Parâmetros do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h ⁻¹ , em função do alimento alternativo, em g/kg.	50
TABELA 14. Parâmetros do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da FDN, em função do alimento alternativo, em g/kg.	51
TABELA 15. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação <i>in vitro</i> dos carboidratos fibrosos e não fibrosos, em função do alimento alternativo, em g/kg. ..	51
TABELA 16. Degradabilidade da MS e da FDN, estimados por tempo de avaliação (horas), em função do volumoso, em g/kg.	52
TABELA 17. Parâmetro do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h ⁻¹ , em função do volumoso, em g/kg.	54
TABELA 18. Parâmetros do modelo de degradabilidade <i>in vitro</i> da FDN, em função do volumoso, em g/kg.	54
TABELA 19. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação <i>in vitro</i> dos carboidratos fibrosos e não fibrosos em função do volumoso, em g/kg.	55
TABELA 20. Composição química dos concentrados energéticos avaliados e da silagem de milho.	68
TABELA 21. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas contendo Farinha de mandioca, Melaço em pó, Fubá de milho e Farelo de trigo, expressas na base da matéria seca.	69
TABELA 22. Consumo de componentes nutricionais em dietas para cordeiros, contendo concentrados energéticos em dois níveis de substituição à silagem de milho.	75
TABELA 23. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados energéticos em dois níveis de substituição à silagem de milho para consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN _{cp}) em ovinos.	76
TABELA 24. Digestibilidade de componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) para cordeiros alimentados com dietas, contendo concentrados energéticos em substituição à silagem de milho.	77
TABELA 25. Frações digestíveis, em g/kg, dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos concentrados energéticos.	77
TABELA 26. Balanço de nitrogênio de dietas para cordeiros, contendo concentrados energéticos em dois níveis de substituição à silagem de milho.	78

TABELA 27. Síntese de proteína bruta microbiana (PBM) e eficiência microbiana em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes concentrados energéticos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.....	79
TABELA 28. Composição química dos concentrados proteicos avaliados e da silagem de milho.....	91
TABELA 29: Proporção dos ingredientes e composição química das dietas com 100 ou 300 g/kg de substituição de silagem de milho por concentrado proteico, expressas na base da matéria seca.....	92
TABELA 30. Consumo de componentes nutricionais em dietas para cordeiros, contendo concentrados proteicos em dois níveis de substituição à silagem de milho.....	98
TABELA 31. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados proteicos em dois níveis de substituição à silagem de milho, para consumo de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não fibrosos (CNF) em cordeiros.....	99
TABELA 32. Digestibilidade de componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) de cordeiros alimentados com dietas contendo concentrados proteicos em substituição à silagem de milho.....	100
TABELA 33. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados proteicos para a digestibilidade da fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) em cordeiros.....	101
TABELA 34. Frações digestíveis, em g/kg, dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos concentrados proteicos.....	102
TABELA 35. Balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas contendo concentrados proteicos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.....	103
TABELA 36. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados proteicos em dois níveis de substituição à silagem de milho para o nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado na urina, nitrogênio retido e nitrogênio retido em função do ingerido, em cordeiros.....	104
TABELA 37. Síntese de proteína bruta microbiana (PBM) e eficiência microbiana em cordeiros alimentados com dietas, contendo diferentes concentrados proteicos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.....	105
TABELA 38. Composição química dos alimentos alternativos avaliados e da silagem de milho.....	116
TABELA 39. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas, expressas na base da matéria seca.....	118

TABELA 40. Consumo de componentes nutricionais de dietas para cordeiros com inclusão de diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.	123
TABELA 41. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho para consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais em cordeiros.	125
TABELA 42. Digestibilidade dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas para cordeiros com inclusão de diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.	126
TABELA 43. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho para digestibilidade da proteína bruta em cordeiros.	126
TABELA 44. Coeficiente de digestibilidade e frações digestíveis, em g/kg, dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais dos alimentos alternativos.	127
TABELA 45. Balanço de nitrogênio de dietas para cordeiros com inclusão de diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.	128
TABELA 46. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho para ingestão, retenção e digestão do nitrogênio em cordeiros.	129
TABELA 47. Síntese de proteína bruta microbiana (PBM) e eficiência microbiana em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.	130
TABELA 48. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho, para derivados de purina presentes na urina de cordeiros.	131
TABELA 49. Nome científico e tipo de subprodutos e resíduos utilizados para caracterização da composição química e digestibilidade <i>in vitro</i>	142
TABELA 50. Composição química, digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro (DIVFDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia dos alimentos.	143
TABELA 51. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de EEvd.	150
TABELA 52. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de CNFvd.	150

TABELA 53. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001) utilizadas para predições de PBvd.....	150
TABELA 54. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de FDNd.	151
TABELA 55. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de NDT.	151
TABELA 56. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições da ED.	152
TABELA 57. Estatística descritiva para o conjunto de dados utilizados para predição do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.	154
TABELA 58. Estatística para regressão entre os valores observados (in vivo, n= 16) e preditos pelos modelos sugeridos pelo BR-Corte (2016) and NRC (2001), para valores verdadeiramente digestíveis de extrato etéreo (EEvd) e proteína bruta (PBvd).....	155
TABELA 59. Estatística para regressão entre os valores observados (in vivo, n= 16) e preditos pelos modelos adotados pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), para fibras digestíveis em detergente neutro (FDNd) e carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis (CNFvd).	156
TABELA 60. Estatística para regressão entre os valores observados (in vivo, n= 16) e preditos pelos modelos adotados pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), para nutrientes digestíveis totais (NDT).	158

RESUMO

AYUB, B. R. **Avaliação nutricional e valor energético de alimentos para cordeiros**. Itapetinga-BA: UESB, 2018. 166 p. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes)¹.

Este trabalho avaliou a utilização de alimentos tropicais tradicionais e alternativos na alimentação de cordeiros, através de cinco experimentos. Os alimentos em estudo foram divididos em: alimentos energéticos (melaço em pó, farinha de mandioca, fubá de milho e farelo de trigo), alimentos proteicos (torta de algodão com caroço, farelo de glúten de milho, farelo de mamona e farelo de soja), alimentos alternativos (farelo de vagem de algaroba, farelo de casquinha de cacau, torta de dendê e farelo de sementes e casca de maracujá), e alimentos volumosos (feno de alfafa, braquiária peletizada, silagem de milho e feno transvala). O **primeiro experimento** avaliou a efetiva degradabilidade de todos os alimentos em estudo, na digestão de cordeiros. Para isso, foram realizadas avaliações *in vitro* de degradabilidade na matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), além da avaliação da cinética de produção de gases também *in vitro*. Identificou-se que entre os concentrados energéticos, a farinha de mandioca e o melaço em pó apresentaram maior aproveitamento dos nutrientes, enquanto entre os concentrados proteicos, o farelo de soja e o glúten de milho apresentaram maior degradabilidade efetiva. Dos alimentos alternativos, o farelo de algaroba e o farelo de cacau possuem maior potencial de uso para alimentação de cordeiros, e dos alimentos volumosos, a silagem de milho apresentou maior degradação da matéria seca, ao mesmo tempo em que o feno transvala apresentou maior aproveitamento das fibras na digestão de cordeiros. No segundo, terceiro e quarto experimentos foram avaliados a composição química dos alimentos em estudo e os efeitos da inclusão desses alimentos na dieta de cordeiros sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção de proteína microbiana e síntese proteica. Nesses experimentos, também foram realizados a predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais (NDT) de cada alimento. No **segundo experimento**, referente aos alimentos energéticos, a farinha de mandioca foi semelhante ao fubá milho no consumo dos nutrientes, nas frações digestíveis totais, no balanço de nitrogênio e na eficiência microbiana. O melaço em pó e o farelo de trigo apresentaram efeitos semelhantes ao fubá milho para a digestibilidade dos nutrientes, digestão de nitrogênio, e, ainda, permitiram maior eficiência microbiana do que o fubá milho. Observou-se que a farinha de mandioca, o melaço em pó e o farelo de trigo proporcionaram aproveitamento dos nutrientes compatível ao fubá milho, podendo substituí-lo em dietas para cordeiros, e a utilização desses alimentos é indicada em até 300 g/kg na MS em substituição de silagem de milho. No **terceiro experimento**, referente aos alimentos proteicos, a torta de algodão foi o alimento no qual mais se

¹ Orientador: Prof. D.Sc. José Augusto Gomes Azevêdo – UESC; Co-orientador: Prof. D.Sc. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira – Embrapa Gado de Leite.

aproximou do farelo de soja para o consumo e digestibilidade dos nutrientes, para as frações digestíveis do NDT, para o balanço de nitrogênio e para a eficiência microbiana. O farelo de glúten de milho foi semelhante ao farelo de soja no consumo e digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio, e inferior ao farelo de soja na eficiência microbiana. O farelo de mamona apresentou efeitos semelhantes ao farelo de soja, para o consumo dos nutrientes, para o balanço de nitrogênio e para a eficiência microbiana, apresentando menor digestibilidade do NDT em relação ao farelo de soja. Dessa forma, o farelo de soja, a torta de algodão, o farelo de glúten de milho e o farelo de mamona proporcionaram aproveitamento dos nutrientes como concentrados proteicos, e indica-se a utilização de até 100 g de farelo de soja em substituição à silagem de milho, e até 300g torta de algodão, farelo de glúten de milho ou farelo de mamona em substituição à silagem de milho na dieta para cordeiros. No **quarto experimento**, referente aos alimentos alternativos, a algaroba e o maracujá apresentaram maior aproveitamento dos nutrientes, e melhor balanço de nitrogênio, como concentrado energético. O cacau revelou boa digestibilidade dos nutrientes. O dendê tem aproveitamento limitado, devido à quantidade de lignina que dificulta o consumo e a digestibilidade dos nutrientes ingeridos. Indica-se a utilização de até 100 g desses alimentos alternativos, em substituição à silagem de milho em dieta para cordeiros. O **quinto experimento** avaliou a utilização de equações de predição de frações digestíveis totais e de energia, indicadas pelo BR-Corte (2016) e pelo NRC (2001) para bovinos, na predição em dietas para cordeiros em condições tropicais. Foram avaliadas as composições químicas e as frações digestíveis *in vivo* e valor energético digestível *in vivo* dos dezesseis alimentos em estudo. Então, validou-se a predição da digestibilidade dos nutrientes e do valor energético, por intermédio de equações propostas pelo BR-Corte (2016) (abordagem meta-analítica) e pelo NRC (2001), utilizando valores observados obtidos com um ensaio *in vivo*. Identificou-se que as equações de predição propostas pelo BR-Corte (2016) e pelo NRC (2001), para digestibilidade verdadeira de extrato etéreo (EEvd), digestibilidade verdadeira para proteína bruta (PBvd), resultaram em dados não compatíveis aos dados observados *in vivo* em cordeiros. Porém, as equações de predição de carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis (CNFvd), e fibra em detergente neutro digestível (FDNd), propostas no NRC (2001), proporcionaram melhor ajuste ao comparar as estimativas aos valores coletados *in vivo* em cordeiros. Para as estimativas de nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia digestível (ED), as equações adotadas pelo BR-Corte (2016) foram as mais precisas e exatas na avaliação do viés médio e do coeficiente de correlação concordância. Dessa forma, indica-se a equação proposta pelo BR-Corte (2016), por abordagem meta-analítica, para predizer o valor dos nutrientes digestíveis totais e da energia de dietas para cordeiros.

Palavras-chave: nutrição animal, degradabilidade *in vitro*, digestibilidade, síntese proteica, predição de energia

ABSTRACT

AYUB, B. R. **Nutritional assessment and energetic value of lamb feed.** Itapetinga-BA: UESB, 2018. 166 p. (Thesis - Doctorate in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production)².

This work evaluated the use of traditional and alternative tropical foods in lambs feed, through five experiments. The foods under study were divided into: energy foods (molasses powder, cassava flour, corn meal and wheat bran), protein foods (cotton seed cake, corn gluten meal, castor bean meal and soybean meal), alternative foods (algaroba pod meal, cocoa bean meal, palm oil cake and seed meal and passion fruit peel), and bulky foods (alfalfa hay, pelletized brachiaria, corn silage and transval hay). The first experiment evaluated the effective degradability of all the foods under study in the digestion of lambs. For this purpose, *in vitro* evaluations of dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) degradability were performed, as well as evaluation of the kinetics of gas production also *in vitro*. It was identified that among the energy concentrates, cassava flour and powder molasses showed higher nutrient utilization, while soybean meal and corn gluten showed higher effective degradability among protein concentrates. From the alternative foods, the algaroba meal and the cacao meal have greater potential of use for feeding of lambs, and of the massive foods, the corn silage presented greater degradation of the dry matter, at the same time that the hay transvala presented greater utilization of the fibers in the digestion of lambs. In the second, third and fourth experiments were evaluated the chemical composition of the foods under study and the effects of the inclusion of these foods in the diet of lambs on consumption, nutrient digestibility, production of microbial protein and protein synthesis. In these experiments, the prediction of total digestible and total digestible nutrients (NDT) of each food was also carried out. **In the second experiment**, referring to energy foods, cassava flour was similar to maize corn in nutrient consumption, total digestible fractions, nitrogen balance and microbial efficiency. Molasses powder and wheat bran had similar effects to maize corn for digestibility of nutrients, nitrogen digestion, and also allowed greater microbial efficiency than maize corn. It was observed that cassava flour, molasses powder and wheat bran provided nutrient utilization compatible with corn maize, and it can be substituted in lamb diets, and the use of these foods is indicated up to 300 g / kg at MS in substitution of corn silage. **In the third experiment**, referring to protein foods, cotton cake was the food in which the soybean meal was the closest to consumption and digestibility of nutrients, NDT digestible fractions, nitrogen balance and microbial efficiency. Corn gluten meal was similar to soybean meal in the consumption and nutrient digestibility and nitrogen balance, and lower than soybean meal in microbial efficiency. Castor meal presented similar effects to soybean meal, nutrient consumption, nitrogen balance and microbial

² Advisor: D.Sc. José Augusto Gomes Azevêdo - UESC; Co-supervisor: D.Sc. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira - Embrapa Cattle of Milk.

efficiency, presenting lower NDT digestibility in relation to soybean meal. Thus, soybean meal, cottonseed meal, corn gluten meal and castor bean provided nutrients as protein concentrates, and the use of up to 100 g of soybean meal in substitution for silage of corn, and up to 300g cotton pie, corn gluten meal or castor bean meal replacing corn silage in the diet for lambs. **In the fourth experiment**, referring to alternative foods, algaroba and passion fruit showed greater utilization of nutrients, and better nitrogen balance, as energy concentrate. Cacao showed good digestibility of nutrients. The palm oil has limited use, due to the amount of lignin that makes it difficult to consume and the digestibility of the ingested nutrients. It is indicated the use of up to 100 g of these alternative foods, replacing the corn silage diet for lambs. **The fifth experiment** evaluated the use of total digestible and energy prediction equations, indicated by BR-Corte (2016) and NRC (2001) for cattle, in the prediction of diets for lambs in tropical conditions. The chemical compositions and the *in vivo* digestible fractions and *in vivo* digestible energy value of the sixteen foods under study were evaluated. The prediction of nutrient and energy digestibility was then validated through equations proposed by BR-Corte (2016) (meta-analytic approach) and NRC (2001), using observed values obtained with an *in vivo* assay. It was identified that the prediction equations proposed by the BR-Corte (2016) and the NRC (2001), for true digestibility of etheral extract (EE_{vd}), true digestibility for crude protein (PB_{vd}), resulted in data not compatible with the observed data *in vivo* on lambs. However, the prediction equations for true digestible non-fibrous carbohydrates (CNF_{vd}) and digestible neutral detergent fiber (NDF), proposed in the NRC (2001), provided a better fit when comparing the estimates to values collected *in vivo* in lambs. For the estimates of total digestible nutrients (NDT) and digestible energy (ED), the equations adopted by BR-Corte (2016) were the most accurate and accurate in the evaluation of the mean bias and correlation coefficient concordance. Thus, the equation proposed by the BR-Corte (2016), by meta-analytical approach, is used to predict the value of total digestible nutrients and the energy of diets for lambs.

Key-words: animal nutrition, *in vitro* degradability, digestibility, protein synthesis, energy prediction

INTRODUÇÃO GERAL

O agronegócio tem revelado ampla dedicação na produção agrícola, a qual se mostra cada vez mais especializada em atender o mercado internacional com produtos primários. Alguns produtos secundários dessa ampla produção, não possuem uso para o consumo humano, apresentando reduzido ou nulo valor de mercado. Alguns alimentos alternativos destacam pela alta disponibilidade, enquanto outros se evidenciam por suas características nutricionais.

Esses produtos podem ser uma alternativa viável para compor dietas para alimentação de ruminantes, com a finalidade de maximizar a eficiência da produção animal, ao mesmo tempo em que reduz os custos de alimentação. Com isso, surge então a necessidade de conhecer a possível contribuição nutricional destes alimentos alternativos na alimentação de ruminantes, a partir do estudo de suas composições químicas, bem como avaliar a resposta animal quanto ao consumo e a digestibilidade dos nutrientes.

Inúmeras pesquisas (Andrade *et al.*, 2014; Furtado *et al.* 2014; Giordani Junior *et al.*, 2014; Mallissety *et al.*, 2014; Azevêdo *et al.* 2015; Cabral *et al.* 2015; Oliveira *et al.*, 2015; Yerradoddi *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2017) têm sido realizadas com a finalidade de substituir fontes alimentares tradicionais, como o milho e a soja. Essas pesquisas são relevantes, por avaliar ingredientes não convencionais na alimentação de ruminantes. Porém, praticamente todos os estudos realizados na área avaliam dietas contendo alimentos alternativos, mas não trazem uma abordagem específica sobre o alimento em si.

O estudo dos constituintes químicos de um alimento pode definir o seu valor nutritivo. Contudo, a estimativa do valor energético dos alimentos é fundamental, uma vez que se faz necessário o fornecimento correto de energia para manutenção da vida dos seres heterotróficos. Devido a este fato, ocorreu o desenvolvimento de equações preditoras do valor energético, que possibilitam estimar o valor energético dos alimentos baseado nos teores de um ou mais constituintes químicos (Detmann *et al.*, 2016 e NRC, 2001).

Entretanto, o uso de equações preditoras de valor energético possui limitações, dentre elas, a de ser específica para uma determinada espécie animal. As equações já existentes para estimar energia dos alimentos para ruminantes foram validadas em

experimentos com bovinos. Apesar de bovinos e ovinos participarem de uma mesma classe (mamíferos) e sub-classe animal (ruminantes), cada espécie possui suas particularidades, o que torna necessária a realização da validação de equações de predição de energia na alimentação de ovinos.

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido em seis experimentos, cujos objetivos foram:

Experimento I: avaliar a cinética de degradação e cinética de produção de gases *in vitro*, e prever a fibra em detergente neutro digestível e indigestível, a partir dos tempos de incubação, dos parâmetros da cinética de degradação *in situ* e *in vitro*, e de equações ajustadas para alimentos.

Experimento II, III e IV: estimar a composição química e avaliar os efeitos da inclusão de alimentos tradicionais e alternativos em dois níveis (100 e 300 g/kg) na dieta em substituição parcial à silagem de milho, sobre os consumos e as digestibilidades totais dos nutrientes, produção de proteína microbiana e síntese proteica, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais.

Experimento V: Validar as equações adotadas por Detmann (2016) e NRC (2001), para estimar o conteúdo energético dos alimentos quando utilizadas para ovinos;

Os capítulos desta tese, relativos a cada experimento, estão descritos em forma de artigo técnico-científico.

CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

São vários os alimentos alternativos agroindustriais que podem ser utilizados como concentrado na alimentação de ruminantes, diminuindo o custo da produção, devido ao valor comercial reduzido ou nulo. Entende-se por alimentos alternativos, os produtos de um processo de produção com importância secundária e de baixo valor agregado, podendo até mesmo ser rejeitado pela indústria, por ser inviável para o comércio (Pires *et al.*, 2006; Penz Junior & Bruno, 2011).

No entanto, para que esses alimentos alternativos possam ser utilizados na alimentação de ruminantes com eficiência produtiva, é necessário conhecer as características nutricionais deles. Essas características envolvem a composição química dos alimentos, a aceitabilidade do alimento pelos animais (consumo e preferência alimentar), a forma com que os animais conseguem utilizar os nutrientes fornecidos pelo alimento (balanço de nitrogênio, digestibilidade e degradabilidade), as limitações no uso dos alimentos (efeitos da inclusão e níveis de inclusão) e os benefícios que os nutrientes do alimento trazem para a produção animal (produção de proteína microbiana) (Giordani Junior *et al.*, 2014; Goes *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2012). Dessa forma, justifica-se a elaboração desta revisão bibliográfica, que abrange os conceitos básicos para o estudo das características dos alimentos.

Este capítulo tem como objetivo geral a abordagem sobre os alimentos propostos para a pesquisa, assim como uma revisão dos conceitos básicos das análises que se pretende realizar sobre os alimentos. Como objetivos específicos, pretende-se: descrever a classificação dos alimentos; identificar os alimentos alternativos; caracterizar a produção, a disponibilidade e a composição dos alimentos selecionados para o estudo; revisar e referenciar os conceitos de cinética da degradação, cinética da produção de gases, consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana, predição de valor energético e preferência alimentar.

2 SUBPRODUTOS E RESÍDUOS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

O abastecimento de produtos de origem animal para consumo humano está diretamente ligado com a produção de insumos para as espécies produtoras. Os insumos incluem os ingredientes utilizados para alimentar os animais, sendo principalmente à base de milho e de soja. Porém, o crescimento populacional, a nível mundial, tem aumento a demanda por alimentos, o que acaba ocasionando uma competição por insumos entre a produção de proteína animal e o consumo humano, os quais requerem as mesmas fontes de nutrientes. Além disso, a utilização de grãos oriundos de plantas oleaginosas para a produção de biocombustíveis também acaba reduzindo a disponibilidade de insumos para a alimentação animal (Penz Junior & Bruno, 2011).

De acordo com dados do USDA (2008), em 2007/2008, o estoque mundial de grãos atingiu o menor nível em 30 anos de monitoramento (Figura 1). O baixo estoque é explicado pelo aumento do consumo de grãos como alimento e o aumento do uso de grãos para fins não alimentícios (produção de biocombustível). USDA (2008) exemplifica tal situação, utilizando o exemplo da China, onde nos últimos 10 anos elevaram a produção de grãos em 9%, entretanto o consumo aumentou em 30%.

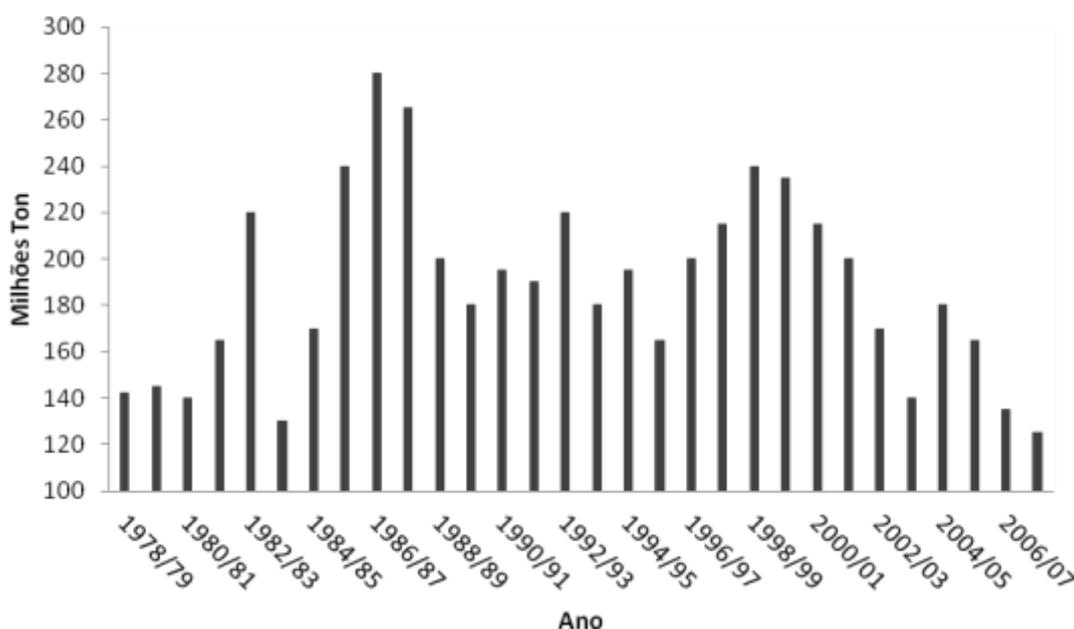


Figura 1. Estoque mundial de grãos.

Fonte: USDA (2008).

Uma alternativa para a redução da utilização de milho e soja para a produção de proteína animal é a substituição desses ingredientes por resíduos ou subprodutos na formulação das dietas para ruminantes, o que reduz os custos da produção da dieta, além ser uma prática sustentável. No caso dos ruminantes, a dependência da produção de proteína animal por milho e soja pode ser reduzida, visto que esses animais têm a capacidade de consumir uma maior variedade de alimentos (Penz Junior & Bruno, 2011).

Entende-se como resíduo a substância restante de um processo de produção, e o subproduto como um resíduo que pode ser utilizado para a produção secundária de outro produto (Pires *et al.*, 2006). Guimarães Junior *et al.* (2008) expõem que a diferença entre resíduo e subproduto está relacionada ao valor de mercado do produto, em que o subproduto tem valor de mercado, podendo ser comercializado. Diferente do resíduo que, por não ter valor de mercado, torna-se apenas um produto de descarte.

Segundo Guimarães Junior *et al.* (2008), são diversas as vantagens de se aproveitar resíduos ou subprodutos na alimentação animal. Nesse sentido, eles destacam o uso de alimentos não utilizados na alimentação humana; a agregação de valor a produtos que seriam descartados; a destinação apropriada a estes produtos e a diminuição dos riscos de poluição ambiental ocasionadas pelo acúmulo destes. Os autores afirmam que essa prática possui relevância nutricional, econômica e ambiental.

Penz Junior & Bruno (2011), comentam sobre as dificuldades da utilização de produtos alternativos na alimentação animal, apontando o fato desses alimentos estarem estritamente oferecidos em apenas algumas localidades, em pequenas quantidades, ou sazonalmente. A multiplicidade na composição nutricional de resíduos ou subprodutos também dificulta a utilização desses alimentos, visto que ocorre variação de acordo com a qualidade da matéria prima e do processamento pela qual é obtido. Ainda existe o fato de que alguns desses alimentos apresentam fatores antinutricionais e presença de algumas toxinas que, mesmo em baixas quantidades, podem ser letais, caso o alimento não passe por tratamento específico.

A utilização de ingredientes alternativos na composição das dietas destinadas aos animais é de interesse para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, pois o emprego destes visa mitigar os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado. Além disso, diminui os custos de produção quando fazem parte da composição das dietas para ruminantes (Giordani Junior *et al.*, 2014).

Existem inúmeros subprodutos e resíduos das agroindústrias que podem ser utilizados na alimentação animal. Alguns se destacam pela alta disponibilidade. Enquanto outros se destacam por suas características bromatológicas (Rogério *et al.*, 2009).

3 CLASSIFICAÇÃO DOS ALIMENTOS

Existe uma enorme variedade de alimentos que podem ser utilizados na alimentação dos animais, cada um com suas particularidades nutricionais. Devido à variedade, os alimentos foram classificados de acordo com suas semelhanças, formando grupos que facilitam na escolha dos ingredientes para elaboração das dietas, a depender das necessidades nutricionais dos animais.

O primeiro critério utilizado é a quantidade de fibras que possui o alimento. Podem-se utilizar as avaliações de FDN (fibra em detergente neutro = celulose + lignina + hemicelulose), FDA (fibra em detergente ácido = celulose + lignina + compostos nitrogenados lignificados), ou ainda FB (fibra bruta). A utilização do FDA representa a forma de avaliação mais precisa, na qual se determina que alimentos com níveis acima de 20% de FDA são classificados como volumosos, enquanto que alimentos com níveis abaixo de 20% de FDA são classificados como concentrados (NFT Alliance, 2011a). Esses mesmos níveis podem ser admitidos na forma de FB, em que concentrados apresentam menos de 18% de FB, e volumosos mais de 18% de FB (Van Soest, 1994).

Os alimentos volumosos podem ser secos (fenos, palhas e cascas) ou úmidos (pastagens e silagens), raízes e tubérculos. Já os alimentos concentrados são os que contêm níveis acima de 60% de nutrientes digestíveis totais (NDT), devido a um elevado teor de amido e/ou gorduras, podendo então ser classificados como energéticos ou proteicos. Os alimentos proteicos possuem mais de 20% de proteína bruta (PB), que disponibilizam aminoácidos utilizados na formação e manutenção da maioria dos órgãos e estruturas do organismo animal. Os alimentos energéticos possuem lipídios e carboidratos, os quais fornecem energia ao animal para ser utilizada em processos vitais ou armazenada para posterior formação de produtos (carne, leite, lã, ovos, etc), possuindo menos de 20% de proteína bruta (PB). Devido à essas características, os alimentos concentrados são geralmente utilizados como

complemento das dietas volumosas (Bértoli, 2010; Goes *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2012).

Os ruminantes, na maioria das vezes, possuem uma dieta baseada em volumosos. Porém, quando esses animais fazem parte de um processo de produção, faz-se necessário um adequado aporte de energia, proteína, minerais e vitaminas, os quais se obtêm a partir da utilização de alimentos concentrados na elaboração das dietas. Com a intenção de reduzir os custos da alimentação na produção, buscam-se alternativas de concentrados que fujam da utilização do milho e da soja. Por serem alimentos nobres, elevam os custos na produção das dietas (Borges *et al.*, 2008).

Ainda, além da classificação dos alimentos entre volumosos e concentrados, também existe os suplementos minerais (com mais de 75% de matéria mineral), os suplementos vitamínicos e os aditivos, que são ingredientes nos quais tem por função como catalizadoras, ativadoras de enzimas e sem nenhum valor nutricional, mas que devem ser adicionados à dieta, para potencializar a produção animal.

4. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E SUBPRODUTOS EM ESTUDO

Os alimentos em estudo (Tabela 1) foram selecionados de acordo com a disponibilidade do mercado no Estado da Bahia, devido à pesquisa ser desenvolvida no município de Ilhéus/BA.

A maior parte dos alimentos foi adquirida na região Sul da Bahia (farelo de cacau, torta de dendê, farinha de mandioca, resíduos de maracujá, farelo proteinoso de milho, farelo de glúten de milho, silagem de milho, farelo de soja e farelo de trigo), e outros alimentos foram adquiridos em outras regiões do Estado (farelo de mamona, farelo da vagem da algaroba, torta de algodão e melão em pó).

Tabela 1. Nome científico e tipo de subprodutos e resíduos utilizados para caracterização da composição química e digestibilidade *in vitro*.

Produto	Nome científico	Apresentação
<u>Alimentos energéticos</u>		
Cana de açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Melaço em pó
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Farinha
Milho	<i>Zea mays</i>	Fubá
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>	Farelo
<u>Alimentos proteicos</u>		
Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i>	Torta com caroço
Milho	<i>Zea mays</i>	Farelo de glúten
Mamona	<i>Ricinus communis</i>	Farelo
Soja	<i>Glycine Max</i>	Farelo do grão
<u>Alimentos Alternativos</u>		
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i>	Farelo de vagem
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Farelo com casquinha
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i>	Torta
Maracujá	<i>Passiflora ligularis</i>	Casca e sementes
<u>Volumosos</u>		
Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	Feno
Braquiária	<i>Brachiaria decumbens</i>	Pellet
Milho	<i>Zea mays</i>	Silagem
Transvala	<i>Digitaria decumbens</i>	Feno

4.1 Alimentos energéticos

4.1.1 Farelo de trigo

O trigo é uma gramínea com tradição milenar de cultivo e consumo humano. Pode ser cultivado em quase todas as partes do mundo, devido ao seu poder de adaptação e produção em condições adversas de solo e clima. Por ser tão difundido, tornou-se alimento básico para consumo humano.

Normalmente o trigo só é destinado ao consumo animal quando possui classificação inferior e é desclassificado para produção de farinha. Porém, nos últimos anos, por causa do aumento do preço dos ingredientes das rações destinadas aos

animais, com destaque para o milho, o trigo passou a ser uma potencial opção como alternativa de ingrediente para a composição de rações (Goes *et al.*, 2013).

Para a Conab (2016), a produção nacional de trigo na safra 2016/2017 atingirá 14,5% de aumento em relação à safra atual. Isso por causa da maior produtividade das áreas cultivadas, o que pode atingir 6,33 milhões de toneladas do produto. A demanda interna do trigo no Brasil está estimada em 10,7 milhões de toneladas, incluindo trigo para sementes e a moagem.

De acordo com Borges *et al.* (2008), o farelo de trigo é obtido a partir do tegumento que envolve o grão. Goes *et al.*, (2013), indica que esse subproduto apresenta teores médios de 71% de NDT, 18% de PB e 4,5% de EE e 11% de FDN, e classifica o produto como um alimento de alta digestibilidade e palatabilidade e, ainda, de melhor proteína quando comparada à proteína do milho. Em pesquisa recente de Andrade *et al.* (2014), o farelo de trigo apresentou 88,04% de MS; 22,01% de PB; 2,30% de EE; 51,45% de FDN; 15,10% de FDA; 69,01% de CT; 26,19% CNF; e 64,52% de NDT. Deve-se lembrar que o valor nutritivo dos subprodutos depende da forma de processamento dos grãos, o que justifica tais discrepâncias entre os resultados de FDN para os estudos de Goes *et al.* (2013) e Andrade *et al.* (2014).

Segundo Borges *et al.* (2008), o farelo de trigo pode ser utilizado em até 30% da dieta para ovinos. Porém, deve-se ficar atento ao fornecimento de dietas contendo alto teor de trigo para machos, pois pode ocasionar problemas reanis. Goes *et al.*, (2013) acredita que o farelo de trigo para ruminantes pode ser usado sem restrição, desde que o valor de extrato etéreo não ultrapasse 5% na ração.

4.1.2 *Farinha de mandioca*

A produção mundial de mandioca foi de 236,519 milhões de toneladas em 2010. Destes, 26,1 milhões de toneladas foram produzidos pelo Brasil, o segundo maior produtor de mandioca, atrás apenas da Nigéria (IBGE, 2010). A mandioca pode ser classificada como “de mesa”, comercializada na forma *in natura*; para a indústria onde é transformada principalmente em farinha e fécula, como uso alimentar; ou ainda como insumo em diversos ramos da indústria como alimentos embutidos, embalagens, colas, mineração, extração de petróleo, papel e celulose, cosméticos, têxtil e farmacêutica.

Para a alimentação animal, a raiz da mandioca é classificada como um concentrado energético (NDT $\geq 80\%$) que pode ser utilizada na dieta animal de várias formas. As mais comuns são na forma de raspa ou *in natura*. Pode possuir alguns compostos tóxicos devido à presença de glicosídeos cianogênicos, que quando sofrem hidrólise intoxicam o animal por causa do ácido cianídrico. É possível a eliminação desses compostos tóxicos com a desidratação da planta, podendo ser feita apenas com a exposição do alimento ao sol (Borges et al., 2008).

A indicação do uso da mandioca é sempre em forma de feno (folhas) ou de raspa (raízes), porque há riscos de intoxicação. Segundo Goes *et al.* (2013), a mandioca pode ser oferecida na forma de planta inteira, raízes picadas e secas na forma de raspas, ou ainda na forma de farelos e farinhas, em que a farinha integral é o resultado da mandioca descascada, desidratada e moída.

Os subprodutos oriundos da produção de farinha de mandioca e da fécula variam muito de nome, recebendo identificação diferente dependendo das regiões onde são produzidas, o que dificulta a caracterização dos subprodutos (Geron, 2007). A farinha de varredura é um subproduto originado a partir da limpeza das farinhas, muito parecido com a farinha de mandioca encontrado comercialmente, porém classificado como sujo e impróprio para o consumo humano. Entretanto, é uma boa fonte energética na alimentação de ruminantes, apresentando elevado teor de amido (80%) e de matéria seca (90%) (Caldas Neto et al., 2000). Borges *et al.* (2008) concorda ao afirmar que a raiz da mandioca pode ser utilizada como fonte de energia, por apresentar elevada concentração de amido (65-75%), acarretando com isso em uma melhor digestão do produto.

De acordo com estudos de Caldas Neto *et al.* (2000), a farinha de varredura apresenta 91,12; 1,98; 8,75; 1,23 e 79,50% de MS, PB, FDN, MM e Amido respectivamente. Os autores avaliaram a digestibilidade aparente de rações compostas com várias fontes de amido para novilhos holandeses, e verificaram que a digestibilidade aparente total da MS, MO, PB, FDN e energia não diferiu entre a utilização do milho e da farinha de varredura. Mouro *et al.* (2002) ao avaliar a substituição de milho pela farinha de varredura em dietas para cabras *Saanen* em lactação, também constatou que a ingestão, digestão, excreção fecal e digestibilidade total da MS (1815,17; 547,79; 1267,38 g/dia e 69,59% respectivamente), MO (1654,15; 410,07; 1244,08 g/dia e 74,95% respectivamente), PB (323,82; 100,41; 223,41 g/dia e 68,64% respectivamente), FDN (591,29; 255,50; 335,79 g/dia e

56,48% respectivamente), CNF (684,54; 41,68; 642,87 g/dia e 93,79% respectivamente) e a ingestão de NDT não diferiu (1302,88 g/dia), assim como também não foi afetada a composição do leite pelo uso da farinha de mandioca.

4.1.3 *Fubá de milho*

De acordo com o acompanhamento da safra brasileira pela Conab (2016), no Brasil atualmente, as áreas plantadas com milho aproximam-se de 5,5 mil hectares. Produção que há 10 anos estava próxima de 10 mil hectares (Figura 2). Essa diminuição da área de plantio pode ser explicada pelo aumento do cultivo de plantas oleaginosas para a produção do biocombustível. Na safra de 2015/2016, a produção de milho fechou em 66,7 milhões de toneladas, valor abaixo do esperado, principalmente devido aos fatores climáticos adversos. Ainda, foi registrada uma redução do consumo interno do milho ocasionado pela diminuição de unidades produtoras da avicultura e suinocultura, e pela necessidade de troca de milho por trigo em alguns momentos do ano.

Apenas nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, as áreas de cultivo de milho estão em expansão, em função de incentivo estadual, para garantir o abastecimento das cadeias produtivas que possuem o milho como matéria prima e ainda atenderem a renegociação das dívidas da safra passada (CONAB, 2016).

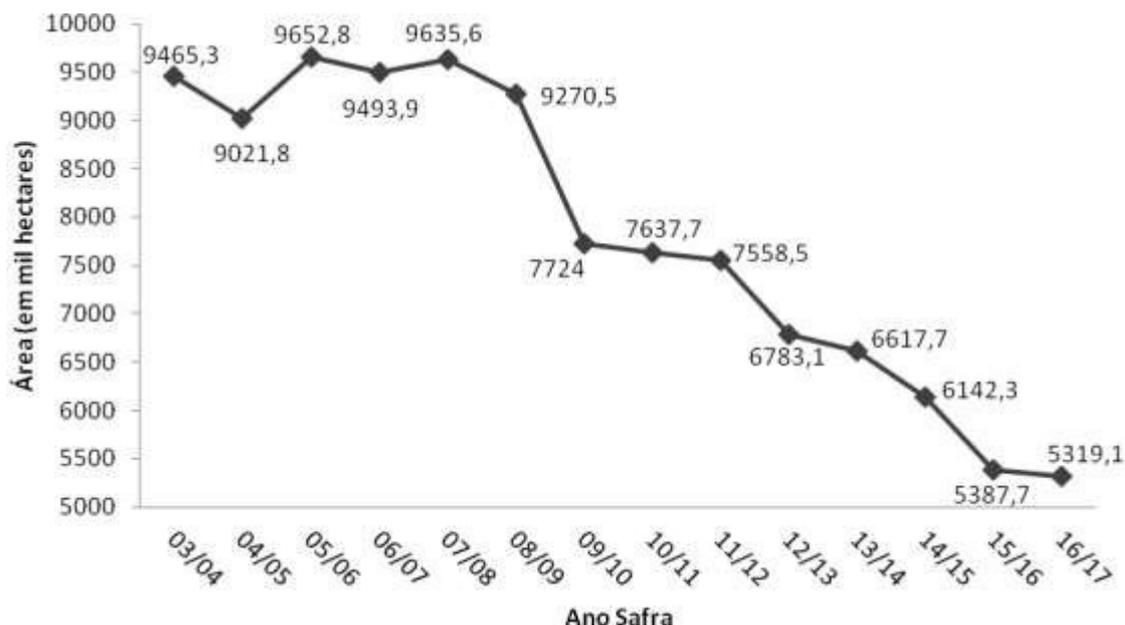


Figura 2. Evolução da área plantada de milho no Brasil

Fonte: Conab (2016).

Na composição de dietas, o milho é o alimento proteico padrão, apresentando 9%PB na MS. A composição do grão é de 61% amido, 19% de glúten, 4% de germe e 16% de água (Goes *et al.*, 2013).

O valor nutritivo dos subprodutos do milho depende da forma de processamento dos grãos. O milho em grão pode ser oferecido para bovinos em até 70% da dieta, no qual se deve aumentar a textura da moagem respectivamente ao aumento do teor de milho na ração. Já para ovinos, pode-se utilizar até mesmo o grão inteiro (Goes *et al.*, 2013).

Normalmente, o milho é usado em dietas na forma de fubá, que é o grão de milho triturado. Em pesquisa recente de Andrade *et al.* (2014), o fubá de milho apresentou 87,42% de MS; 11,42% de PB; 2,49% de EE; 22,74% de FDN; 3,70% de FDA; 84,80% de CT; 73,02% CNF; e 83,47% de NDT.

Recomenda-se o uso do milho (fubá) até 15% na matéria seca (MS) da dieta, pois níveis muito elevados podem ocasionar acidose nos animais (Borges *et al.*, 2008).

4.1.4 *Melaço em pó*

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil no período colonial em que se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira, podendo ser cultivada em climas tropicais e subtropicais (EMBRAPA, 2002).

De acordo com estimativa do IBGE (2011), a produção nacional de cana-de-açúcar na safra 2010 foi de 719.156.742 toneladas, com um rendimento médio de 79.196 kg/ha, sendo que deste total produzido, 90,3% destinam-se à indústria sucroalcooleira, e o restante, 9,7% à fabricação de cachaça, de alimentação animal, de sementes, de fabricação de rapadura, de açúcar mascavo, entre outros.

Segundo o levantamento feito pela CONAB (2014), a área cultivada com cana-de-açúcar colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2014/15 foi de aproximadamente 9.130.000 mil hectares, distribuídas em todos Estados produtores. São Paulo é o maior produtor com 51,7% (4.696,3 mil hectares) da área plantada, seguido por estados como Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Alagoas e Pernambuco. Esses sete estados são responsáveis por 91,9% da produção nacional. Os demais estados produtores possuem áreas menores, com representações abaixo de 3,0%.

Ainda de acordo com a CONAB (2014), no Nordeste, houve o crescimento no rendimento da cultura em 6,3% em 2014, mostrando uma recuperação da produtividade dos canaviais que foram severamente castigados por uma das maiores secas da região.

O grande destaque da produção da cana-de-açúcar é o seu aproveitamento total dentro dos processamentos industriais, gerando vários resíduos que utilizados de forma economicamente lucrativa tornam-se subprodutos. Castro (2008) exemplifica alguns desses resíduos da cana-de-açúcar, citando entre eles a ponta da cana-de-açúcar, levedura, vinhoto, melaço e bagaço.

De acordo com Goes *et al.* (2013), 1 tonelada de cana de açúcar produz 100kg de açúcar, e gera de 20 a 50kg de melaço. Esse subproduto apresenta 57% de NDT (Goes *et al.* 2013), sendo um alimento energético (devido à presença de sacarose e glicose), de elevada digestibilidade e palatabilidade para ruminantes. Contudo, possui baixos níveis de proteína (até 3%). Ainda, a ingestão de grandes quantidades de melaço pode ocasionar a redução da digestibilidade de alimentos fibrosos. Para Goes

et al. (2013), a utilização do melaço é recomendado em no máximo 15% da MS da ração para bovinos.

No Brasil, existem empresas que comercializam o melaço para ser utilizado como palatabilizante na ração de bezerras, ou como aglomerante em rações paletizadas.

4.2 Alimentos proteicos

4.2.1 Farelo de glúten de milho

O farelo de glúten de milho popularmente conhecido com Refinazil ou Promil (nomes comerciais) é composto pela porção fibrosa do grão de milho, pela parte do germe (após a extração do óleo), pela parte do glúten e pelas reduzidas frações de amido e proteínas solúveis, resultante do processamento do milho para obtenção do amido de milho e xarope de glicose (NFT Alliance, 2011b; Goes *et al.*, 2013).

O processamento industrial por via úmida, para obtenção do Refinazil®, em que ocorre a separação do óleo, do amido e do germen, através de imersão do milho em tanques que contém solução aquosa por aproximadamente 40 horas. Nos tanques, ocorre o amaciamento do milho através de maceração biológica (lactobacilos) e química (H_2SO_4). A água do tanque de imersão que está concentrada, é então drenada, carreando vários nutrientes solúveis. O resíduo do tanque passa por várias moagens, por peneiras e centrífugas, resultando na separação inicial do germe (do qual será extraído o óleo do milho), e, na sequência, a separação do amido e glúten. Diante disso, o que passa a restar no tanque é a fibra do milho, no qual é adicionada a solução aquosa que anteriormente foi drenada e que aumenta a concentração de proteínas nas fibras (por conter proteínas solúveis do grão e dos lactobacilos), bem como outros nutrientes solúveis, como o amido e os minerais. Esse material é seco e peneirado. A partir disso se obtém o farelo de glúten de milho (NFT Alliance, 2011b).

O farelo de glúten de milho é considerado uma fonte de proteína (23% de PB) e de energia (contém 45% de FDN e apenas 12% de FDA) (NTF Alliance, 2011b). Da proteína existente no glúten de milho, 78% são degradáveis. Destas, 48% possuem degradação extremamente rápida no rúmen (proteína solúvel) (NTF Alliance, 2011b). As fibras também são de rápida e elevada digestibilidade, porém, sabe-se que esse subproduto não é muito palatável (levemente ácido e azedo) (NTF Alliance, 2011b). É

conhecido por ser um concentrado proteico de alta energia (mais de 93% da energia do milho) (NTF Alliance, 2011b). O estudo realizado por Azevêdo *et al.* (2011a) expôs que o farelo de glúten de milho possui 94,22% de MO, 85,76% de MS, 21,86% de PB, 2,84% de EE, 36,97% de FDNcp, 12,46% de FDA, 46,84% de CNF e apenas 1,44% de lignina. Sabe-se ainda que o farelo de glúten de milho apresenta 68,83; 64,71; 56,65; 98,54 e 78,19% de coeficiente de digestibilidade para PB, EE, FDNcp, CNF e NDT respectivamente (Azevêdo *et al.*, 2011a).

4.2.2 Farelo de mamona

A mamona, cientificamente denominada *Ricinus communis* L., é uma planta da família Euforbiacea, que produz sementes com óleo glicídico. Uma das suas principais características é a sua capacidade de produção. Mesmo em condições adversas de precipitação pluviométrica, permitiu que sua produção tivesse um bom desenvolvimento em várias regiões do Brasil, principalmente nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste (Severino, 2005).

O plantio da mamona foi estimulado pelo governo federal como a principal oleaginosa para a produção do biodiesel, devido ao seu fácil cultivo, baixo custo de produção e resistência a seca. Para Santos *et al.* (2013), o interesse brasileiro na produção de óleo de mamona teve início a partir do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, o que tornou a atividade de cultivo da mamona uma tendência nos estados brasileiros.

A extração do óleo da mamona (biodiesel) pode ser realizada por pressão ou uso de solvente. Sob condições de elevada temperatura e pressão, tem-se como subproduto a torta de mamona. Sob extração por solvente, tem-se como subproduto o farelo de mamona. Tanto a torta como o farelo de mamona pode ser utilizada na alimentação animal (Abdalla *et al.*, 2008; Furtado *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2013).

Segundo Beltrão (2002), o rendimento de óleo de mamona e de farelo de mamona no processamento das sementes é de 50% óleo e 50% farelo. O farelo possui teor de proteína equivalente ao do farelo de soja (40,69% e 48,71%, respectivamente) (Beltrão, 2002), podendo ser uma alternativa de substituição. Embora os subprodutos de mamona demonstrem potencial utilização na alimentação de ruminantes, são considerados tóxicos pela presença de três toxinas, entre elas a ricina e a ricinina. Devido a essa toxicidade, os subprodutos de mamona têm sido utilizados principalmente

como fertilizante orgânico, reduzindo sua competitividade em relação aos subprodutos de outras oleaginosas (Furtado *et al.*, 2012).

A ricina em pequenas quantidades causa vômito, diarreia e entorpecimento. Já em altas quantidades, causa aglutinação das hemácias seguida de hemólise. A ricinina por sua vez, possui efeito depressor do crescimento quando ingerido em grandes quantidades. O processo de desintoxicação do alimento consiste no seu aquecimento, e o resíduo de mamona desintoxicado recebe o nome de Lex proteico. O Lex proteico pode ser utilizado na alimentação de ruminantes sem restrições, podendo constituir 100% da parte protéica de uma dieta (Borges *et al.*, 2008).

Gomes (2007) e Santos *et al.* (2012) afirmam que o farelo de mamona, sem e com destoxificação, apresenta diferenças na composição química e bromatológica. Além disso, pequenas variações no tipo de processamento podem influenciar na composição do produto, visto que os métodos de destoxificação não são padronizados.

4.2.3 Farelo de soja

Os três maiores produtores de soja mundial são os EUA, o Brasil e a Argentina. Juntos correspondem a 83% da produção mundial (UEDA, 2016). As áreas de cultivo da soja no Brasil apresentam avanço em áreas de rotação com outras culturas, como o algodão, o milho, o feijão e o arroz de sequeiro. Porém, a expansão dessa cultura também se deve a disponibilidade de sementes com alto desempenho agrônomico, disponíveis no mercado, e pacotes tecnológicos acessíveis. Isso faz com que a área plantada de soja (33.442,8 hectares) (Figura 3) se encontre em crescimento nos principais estados produtores, sendo o Mato Grosso o estado com maior área plantada (aproximadamente 9 mil hectares), tendo a perspectiva de crescimento acentuado por causa da abertura de novos mercados, em destaque o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Tal programa indica a adição de 5% de biodiesel ao óleo diesel de origem fóssil.

A produção de soja para a safra 2016/2017 está estimada em 102,94 milhões de toneladas, com 57 milhões de toneladas reservadas para a exportação (principalmente para a China), e um consumo total estimado em 45,25 milhões de toneladas, representando um aumento de 6,5% do consumo interno (CONAB, 2016).

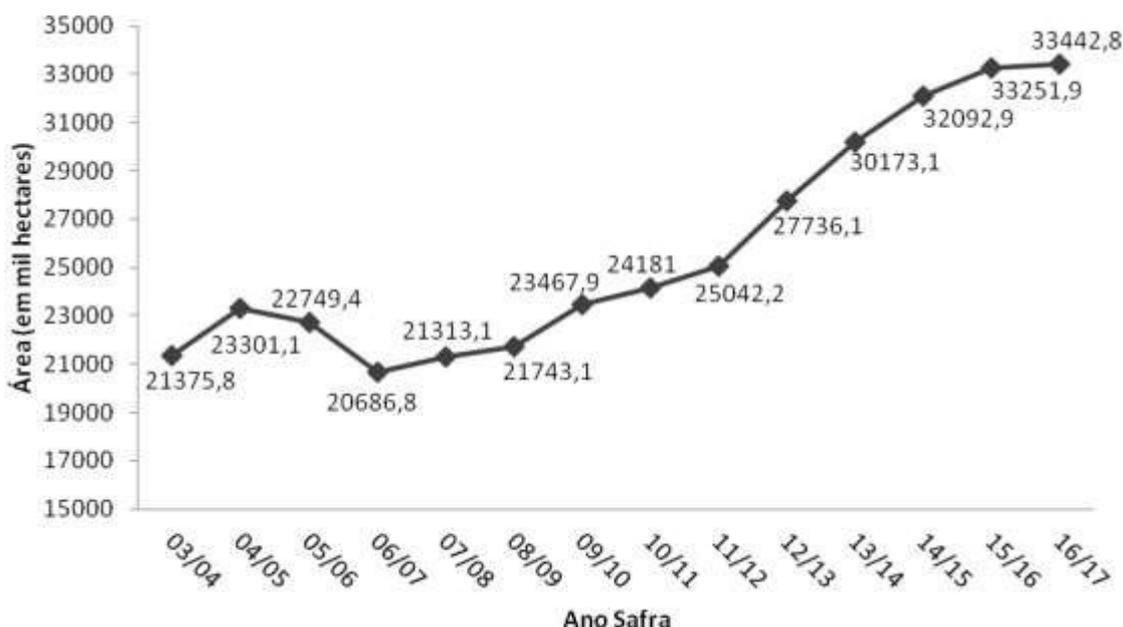


Figura 3. Evolução da área plantada de soja no Brasil

Fonte: Conab (2016).

A soja é a fonte proteica mais utilizada no mundo, possuindo 45% de PB na matéria natural e menos de 7% FB, além de ser rica em aminoácidos essenciais. O grão de soja apresenta de 90 a 100% de nutrientes digestíveis totais, devido ao seu alto teor de óleo (>20%) e proteína bruta (42%), podendo ser fornecido aos animais inteiro ou moído (Goes *et al.*, 2013). A recomendação para bovinos é de até 20% da MS total da dieta, desde que o teor de lipídios não ultrapasse 5% da MS da dieta total (Borges *et al.*, 2008).

O farelo de soja é obtido após a extração do óleo do grão da soja, através de solventes ou expeller. Dependendo do tipo de extração, o farelo de soja pode apresentar teores de 45 a 51% de PB (Goes *et al.*, 2013). Quando utilizado o método de expeller, a proteína do farelo de soja é menos degradável no rúmen do que a do farelo obtido por extração com solvente. Esse subproduto é considerado o melhor alimento proteico, por apresentar altos níveis de proteína de boa qualidade, energia e palatabilidade (Goes *et al.*, 2013).

Em pesquisa recente de Andrade *et al.* (2014), o farelo de soja apresentou 88,24% de MS; 53,29% de PB; 3,20% de EE; 24,03% de FDN; 10,35% de FDA; 37,02% de CT; 36,21% CNF; e 79,63% de NDT.

4.2.4 *Torta de algodão*

No Brasil, o algodoeiro é cultivado (aproximadamente 900 mil hectares) nas macro-regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste, sendo que cada região é caracterizada por um sistema de produção, desde agricultura familiar até áreas com cultivo tecnológico. Atualmente, 84% da produção brasileira se concentra em áreas de cerrado, principalmente no Mato Grosso e na Bahia, que são os Estados onde apresentam condições edafoclimáticas favoráveis à produção (Moreira, 2008; Conab, 2016).

Diversos são os produtos provenientes da cultura do algodão. A pluma e o óleo são considerados os produtos primários da produção, seguidos de subprodutos, como o caroço, a casca, a torta e o farelo de algodão, todos capazes de serem utilizados na alimentação animal como suplementos proteicos. De acordo com Moreira (2008), “o algodão é uma das culturas de aproveitamento mais completo, podendo gerar desde fibras têxteis, óleo e diversos subprodutos utilizados na alimentação animal”.

Para Moreira (2008), o caroço de algodão, assim como a torta proveniente da prensagem do caroço, é considerado alimentos proteicos, apresentando 22% de PB na MS com alta densidade energética, em função dos níveis elevados de extrato etéreo (média de 20% de EE na MS)”. Medeiros *et al.* (2015) concordam quando comenta que o caroço de algodão possui alta energia, contendo 20-23% de EE, com proteína de alta degradabilidade (72-77%) e bom valor biológico. Medeiros *et al.* (2015) ainda comentam que o caroço de algodão possui celulose isenta de lignina, sendo totalmente degradado no rúmen.

O fornecimento de farelo de algodão não é recomendado para cordeiros, devido à presença de gossipol livre, que causa intoxicação. A tolerância ao gossipol é adquirida com a idade, porém 400-600 ppm de gossipol ainda pode ser tóxico para um ovino jovem. Para animais adultos o farelo de algodão pode ser fornecido em até 30% da dieta. Já o caroço de algodão não é recomendado para alimentação de machos, pela presença do gossipol pois tem efeito anticoncepcional. Para fêmeas jovens ou adultas, recomenda-se fornecimento em até 20% da dieta (Borges *et al.*, 2008).

4.3 Alimentos Alternativos

4.3.1 Farinha de maracujá

A produção de frutas no Brasil destina-se principalmente para atender a demanda de frutas frescas para mesa, porém, existe uma tendência para o mercado de produtos transformados, como, por exemplo, conservas, polpas, geléias e doces. Em relação aos países em desenvolvimento, o Brasil se destaca como o maior produtor (776 mil toneladas de maracujá em 2012, sendo a Bahia o maior produtor, com 320 mil toneladas) e exportador de maracujá (IBGE, 2013), e esta produção está distribuída nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Alagoas e outros Estados das regiões Nordeste e Norte do país (Ferrari *et al.*, 2004; Cunha, 2013).

Após as colheitas de frutas frescas, são estimadas entre 20 a 50% de perdas, como frutas que se perdem durante o transporte, ou as que perdem a aptidão para o consumo humano devido à má manipulação. As cascas e as sementes do maracujá, provenientes da extração da polpa para obtenção do suco, ainda são descartadas como resíduos industriais.

Segundo dados do estudo de Ferrari *et al.* (2004), o maracujá é composto por 50,3% de casca, 23,2% de suco e 26,2% de sementes, ou seja, mais de 75% da fruta é descartada na forma de resíduo (casca e sementes).

Os resíduos dessa fruta podem sofrer variação na composição bromatológica, de acordo com os métodos de processamento, das variedades utilizadas para a produção dos sucos e ainda das proporções de cascas e sementes contidas no resíduo (Giordani Junior *et al.*, 2014). Destaca-se, na composição deste resíduo, a presença de pectina de aproximadamente 20% na casca, (Lima *et al.*, 2015), e concentração de lipídios nas sementes, correspondente à 25,7% do peso obtido do farelo (Ferrari *et al.*, 2004).

Atualmente, os resíduos do maracujá são utilizados na alimentação animal, na forma de ração para ruminantes e aves (Ferrari *et al.*, 2004). A semente do maracujá possui 32% de óleo, sendo fonte de carboidratos, proteínas e minerais, embora possua alto valor de celulose e lignina que contêm (39,3% de celulose e 9,5% de lignina) (Lousada Júnior *et al.*, 2005). Em estudo dos resíduos de frutas para alimentação animal, Lousada Júnior *et al.* (2005 e 2006), revela dados obtidos a partir da análise

dos nutrientes do maracujá, no qual encontrou: 83,3% de MS; 90,2% de MO; 9,8% de MM; 12,4% de PB; 56,2% de FDN; 49,0% de FDA; 39,3% de celulose; 10,3% de hemicelulose; e 9,5% de lignina.

Para Nunes *et al.* (2007), o resíduo da semente de maracujá pode ser utilizado como fonte de nutrientes para ruminantes. Entretanto, deve-se tomar cuidado com o teor de óleo deste ingrediente para a formulação de dietas, pois valores acima de 8,8% podem provocar queda na ingestão da MS. De acordo com o NRC (2001), o limite para o extrato etéreo deve ser de 6 a 7% da MS, evitendo interferir na fermentação ruminal, digestibilidade da fibra e na taxa de passagem da dieta. Ainda, Lousada Júnior *et al.* (2005) complementa que os subprodutos com sementes, no caso do maracujá, contém tanino, o que pode ocasionar a redução da digestibilidade aparente da proteína bruta nos ruminantes.

4.3.2 Farelo de cacau

Em 201, foram produzidas 261,7 mil toneladas de amêndoas secas de cacau, e, em 2014, 279 mil toneladas, mostrando com isso a ascensão da produção. O Estado da Bahia é responsável por 95% da produção total de amêndoas de cacau do Brasil. Os demais 5% ficam por conta dos Estados do Pará, Rondônia e Espírito Santo. Em 2015, a área plantada e destinada ao cultivo do cacau no Brasil foi de 678,349 ha, e a área colhida no mesmo ano foi de 676,902 ha, onde acarretou um rendimento de 403kg/ha de amêndoas (IBGE, 2016).

Obtido no processo de secagem da amêndoa do cacau, o farelo de cacau é o produto residual, após a obtenção da manteiga do cacau e do chocolate, que são os produtos secundários (Carvalho *et al.*, 2009). Considera-se que o farelo de cacau representa 10% da produção de amêndoas secas (Silva *et al.*, 2005).

O farelo de cacau possui 86,14%MS, podendo ser classificado com um alimento energético, por apresentar 13,62%PB e 11,09%EE na MS (SILVA *et al.*, 2005). Além disso, esse farelo se apresenta com 45,56% de FDN e 37,81% de FDA na MS (Silva *et al.*, 2005). Azevêdo *et al.* (2011b) relataram que o farelo de cacau possui 13,11; 82,00; 17,56; 64,90 e 41,23% de coeficiente de digestibilidade da PB, EE, FDNcp, CNF e NDT respectivamente.

Em estudo cujo procedimento substituía o concentrado contendo milho e soja por 15 e 30% de farelo de cacau para cabras em lactação, Silva *et al.* (2005)

constataram que a substituição de parte do concentrado pelo farelo de cacau foi viável, uma vez que não encontraram diferença estatística para digestibilidade da MS (66,03%), MO (68,33%), PB (59,40%), EE (88,59%), FDN (47,33%), FDA (45,02%), e CNF (81,25%).

A aceitabilidade do farelo de cacau pelos animais é limitada, devido à presença de teobromina, em função do processamento ou variedade do cacau. A teobromina é considerada tóxica e pode limitar a utilização deste farelo na dieta dos animais (Carvalho *et al.*, 2006).

4.3.3 *Farelo da vagem da algaroba*

A algarobeira é uma leguminosa considerada como fonte de alimentação importante no semiárido, por suas características marcantes, como sua resistência a seca e a salinidade, capacidade de fixação do nitrogênio, também, pela produção de vagens, enquanto outras árvores comuns da caatinga estão desfolhadas pela estiagem. Devido à essas características, a algarobeira se torna uma alternativa importante para a nutrição de animais que habitam o semiárido, além de poder ser uma alternativa de fonte de renda para os produtores rurais da mesma área (Cruz, 2015).

A algarobeira concentra o seu valor nutritivo nos frutos em forma de vagem. O farelo de vagem de algaroba (FVA) é obtido pela secagem da vagem em temperaturas que variam entre 60 a 80°C, seguido de moagem. Na forma de farelo, ocorre a incorporação de todos os componentes da vagem, tornando o produto susceptível ao ataque de microrganismos e enzimas no compartimento ruminal. Ainda, por causa do aquecimento da vagem para a moagem, a produção do farelo favorece o controle de fatores antinutricionais termolábeis (Mendonça, 2013).

Ao realizar análises bromatológicas do farelo de vagem de algaroba, Rebouças (2007) encontrou os seguintes valores para as frações que compõe o alimento: 87,60% de matéria seca (MS); 82,24% de matéria orgânica (MO); 5,32% de matéria mineral (MM ou cinzas); 9,60% de proteína bruta (PB); 3,0% de extrato etéreo (EE); 20,90% de fibra em detergente neutro (FDN); 13,50% de fibra em detergente ácido (FDA). Vieira (2011) relatou 94,04% de MS; 2,47% de MM; 5,40% de PB; e 0,96% de EE. Mendonça (2013) descreveu o FVA contendo 93,94% de MS; 96,66% de MO; 3,34% de MM; 8,60% de PB; 1,35% de EE; 23,16% de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp); e 64,94% de carboidratos não fibrosos (CNF).

Mendonça (2013), ao comparar dietas para ovinos com níveis de substituição (0%, 33%, 66% e 100%) de fubá de milho por farelo de vagem de algaroba, observou aumento do consumo de MS, MO, PB, FDN_{cp}, CNF e nutrientes digestíveis totais (NDT) do nível 0% para o nível 33% (de 1053,86 para 1123,27 g/dia; de 995,63 para 1067,92 g/dia; de 217,57 para 231,15 g/dia; de 307,63 para 353,92 g/dia; de 577,70 para 600,02 g/dia; de 851,26 para 910,83 g/dia, respectivamente). Os demais níveis apresentaram redução no consumo. Após seu estudo, o autor indica até 33% de substituição, e explica que até este nível, a substituição não provoca efeito deletério no desempenho produtivo de cordeiros.

4.3.4 *Torta de dendê*

O dendezeiro é uma palmeira de origem africana que atinge até 15 metros de altura e possui vida útil próxima aos 25 anos. Segundo Perez *et al.* (2007), o dendezeiro é a planta que apresenta maior produtividade de óleo por área de cultivo, produzindo 10 vezes mais óleo que a soja, e podendo produzir, em condições favoráveis, até 8 toneladas por hectare ano. No Brasil, a produção do dendezeiro está concentrada nos Estados do Pará e da Bahia (Cuenca & Nazário, 2005).

Do fruto do dendezeiro, obtêm-se dois produtos principais: o óleo de dendê e o óleo de palmiste. Desses dois, o mais importante é o óleo de dendê, apreciado em todo o mundo na culinária, e conhecido internacionalmente como *palm oil* (Vasconcelos, 2010). O óleo da polpa seca do dendê é extraído após sua moagem, podendo ser feito por prensagem ou ainda com a utilização de solventes. O subproduto resultante da extração é a torta de dendê, que pode ser utilizada como fertilizante ou como ingrediente na alimentação animal (Perez *et al.*, 2007).

Para Vasconcelos (2010), a composição química bromatológica da torta do dendê pode ser bastante variável, devido à falta de padronização na extração do óleo. A autora ainda afirma que as variações encontradas no teor de nutrientes da torta de dendê são decorrentes da origem dos frutos do dendê, e do tipo de processamento aplicados para a extração do óleo.

De forma geral, a torta de dendê possui 88,38% de MS, podendo ser classificada como um alimento energético, por apresentar 14,51%PB e 7,19%EE na MS (Silva *et al.*, 2005). Além disso, esta torta ainda se apresenta 81,85% de FDN e 42,30% de FDA na MS (Silva *et al.*, 2005). Sá (2007) constatou 75,1% de FDN_{cp} e

46,4% de FDA com base na matéria seca. Em estudo que substituiu concentrado contendo milho e soja por 15 e 30% de torta de dendê para cabras em lactação, os mesmos autores constataram que não houve diferença na digestibilidade da MS, MO, PB, FDN, FDA, e CNF, e que a digestibilidade do EE foi maior quando utilizou-se 30% de torta de dendê, concluindo que a substituição de parte do concentrado pela torta de dendê é viável para cabras em lactação (Silva *et al.*, 2005).

Vasconcelos (2010) alerta que os fatores que podem limitar a utilização da torta de dendê na dieta de ruminantes estão relacionados aos teores de ácidos graxos, os quais podem apresentar efeitos negativos de acordo com a concentração, em que valores acima de 20% de ácidos graxos aceleram o processo de rancificação, e níveis acima de 8% afetam o consumo e a digestibilidade da dieta, no caso dos ruminantes (Van Soest, 1994). Outro limitante, apontado por Vasconcelos (2010), é o alto teor de cobre contido na torta de dendê, que para ovinos pode causar intoxicação quando ofertado por longos períodos. Costa *et al.* (2011) explica que a torta de dendê possui aproximadamente 11mg/g de MS de cobre em sua composição. A ingestão segura de cobre diária para ovinos é de 9mg. Devido a este comprometimento, é recomendada a inclusão de até 30% da torta de dendê na alimentação de ovinos.

5. PREDIÇÃO DO VALOR ENERGÉTICO DOS ALIMENTOS A PARTIR DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A partir do conhecimento dos coeficientes de digestibilidade de um alimento, pode-se quantificar o valor energético deste via NDT, o que permite o balanceamento adequado de dietas para atender os níveis de manutenção e de produção exigidas pelo animal. Porém, o processo para obtenção dessas informações é trabalhoso e demorado quando realizado pelos métodos *in vivo*.

A fim de simplificar este processo, foram produzidas tabelas a partir de compilação de dados, que informam a composição de alimentos e seus valores energéticos, servindo como material de consulta para as decisões no momento de elaboração de uma dieta. Como o território brasileiro é vasto, variável em condições climáticas e endêmicas, muitas vezes os valores apresentados nas tabelas são confiáveis e pertencem a uma distribuição normal, porém, com afastamentos variados da média populacional (Detmann *et al.*, 2016).

Para minimizar essas condições, com base em cálculos apresentados no NRC (2001), a predição do conteúdo energético dos alimentos passou a ser estimado a partir de análises laboratoriais isoladas de cada alimento, para estimar a sua capacidade de fornecimento de energia. Nessa situação, respeita-se a ideia de que cada alimento, dependendo de sua origem, variedade, processamento, entre outros, apresenta-se conteúdo energético específico. O método do NRC (2001) é aplicado através de equações aditivas, em que cada grupo de contribuição energético (PB, EE, CNF, FDN) recebe um submodelo para estimar suas frações realmente digestíveis, incluindo ainda correções para perdas metabólicas fecais e nível de consumo (Detmann *et al.*, 2006; Detmann *et al.*, 2016).

Apesar de usar características reais dos alimentos utilizados para aplicação da dieta a campo, foi constatado que o sistema adotado pelo NRC (2001) não apresenta eficiência de predição satisfatória, quando utilizado para alimentos obtidos em condições tropicais. A partir do conhecimento dessas limitações, Detmann *et al.* (2016), desenvolveu submodelos para a predição de frações digestíveis da PB, EE, CNF e FDN em condições tropicais, capazes de predizer com maior exatidão a concentração de NDT em dietas ofertadas para bovinos no Brasil. Esses submodelos estão sofrendo constante modificações, a fim de diminuir suas limitações e aprimorar as predições de NDT nos alimentos. Ainda é importante ressaltar que os submodelos, apresentados por Detmann *et al.* (2016), foram desenvolvidos de acordo com dados obtidos mediante estudos com vacas em lactação, bovinos em crescimento e terminação em condições tropicais.

6. REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L., J. C. SILVA FILHO, A. R. GODOI, C. A. CARMO, J. L. P. EDUARDO. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.spe p.260-528, 2008.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000.

ANDRADE, I. R. A.; CÂNDIDOM M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; GUIMARÃES, V. P.; SILVA, L. V.; EVANGELISTA, M. E. S. Productive and economic performance of feedlot sheep using different protein sources in concentrate food. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.15, n.3, p.717-730, 2014.

AZEVEDO, J. A. G.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; DINIZ, L. L.; FERNANDES, H. J. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas para ruminantes de subprodutos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.63, n.1, p.114-123, 2011a.

AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; VALADARES R. F. D.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; DINIZ, L.L.; FERNANDES, H. J. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.1052-1060, 2011b.

AZEVEDO, J. A. G.; SOUZA, L. L.; SALT, M. P. F. ; NASCIMENTO, L. S.; ALMEIDA, F. M.; PEREIRA, L. G. R.; SILVA, R. R.; OLIVEIRA, G. A.; FERREIRA, D. M. F.; ALMEIDA, V. V. S. Substituição do milho pela silagem de jaca em dietas para cordeiros confinados. **Semina. Ciências Agrárias (Online)**, v. 36, p. 1599-1608, 2015.

BELTRÃO, N. E. M. Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento. **Cominucado técnico 171**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2002.

BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, São Paulo: FUNEP, 2011. 615p.

BÉRTOLI, C. D. **Nutrição animal aplicada e alimentação dos animais domésticos**. Camboriú: IFSC, 2010. 43p.

BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C. e GOMES, S. P. Regulação da ingestão de alimentos. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. e FERREIRA, P. D. S. **Alimentação de gado de leite**. p.1-25. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.

BORGES, I.; GONÇALVES, L. C.; MACEDO JÚNIOR, G. L. e FERREIRA, M. I. C. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de caprinos e ovinos. **V Congresso Nordestino de Produção Animal**, 2008.

CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; SANTOS, G. T.; FREGADOLLE, F. L.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Mandioca e

Resíduos das Farinheiras na Alimentação de Ruminantes: Digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2099-2108, 2000.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R.. Desempenho e digestibilidade de ovinos alimentados com farelo de cacau (*theobroma cacao l.*) em diferentes níveis de substituição. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.2 p.115-122, 2006.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; VELOSO, C.; SILVA, R. R.; MENDES, F. B. L.; PINHEIRO, A. A.; SOUZA, D. R. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.3, p.689-697, 2009.

CASTRO, L. B. B. N; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, R. F.; MURTA, R. M. Bagaço de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. **PUBVET** v.2, n.41, p.30 2008.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. **International Feed Resources Unit**, occasional publication, 1995.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2016/2017 - primeiro levantamento - Outubro, **Companhia nacional de Abastecimento**, Brasília, 2016.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. Safra 2014/2015 - primeiro levantamento, Abril, **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, 2014.

CONRAD, H. R.; PRATT, A. D. e HIBBS, J. W. Regulations of feed intake in dairy cows. I change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.47, n.1, p.54-62, 1964.

COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; e VALADARES, R. F. D. Validação de equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.280-287, 2005.

CRUZ, B. C. C. **Caracterização físico-química e composição química do Semimembranosus e Tríceps Brachii de cordeiros Dorper X Santa Inês alimentados com diferentes componentes da algaroba**. Tese, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2015. 126p.

CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. Importância e evolução da dendeicultura na Região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia entre 1190 e 2002. Documentos 77, **EMBRAPA/CPATU**, p.1678-1953, 2005.

CUNHA, M. **Produtividade e características de frutas de pomares de maracujá implantados com sementes originais e reaproveitadas do híbrido BRS gigante amarelo**. Dissertação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013. 64p.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA,

M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012, p. 214.

DIAS, C. A. S.; BAGALDO, A. R.; CERUTTI, W. G.; BARBOSA, A. M.; DE CARVALHO, G. G. P.; COSTA, E. I. S.; BEZERRA, L. R.; OLIVEIRA, R. L. Peanut cake can replace soybean meal in supplements for lactating cows without affecting production. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, p. 651-657, 2018.

EMPRAPA. **Bagaço de cana-de-açúcar para ruminantes**. Aracaju: EMBRAPA de tabuleiros Costeiros, 2002.

FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá - aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1 p.101-102, 2004.

FERREIRA, A. L.; MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; OLIVEIRA, L. S. e PEREIRA, J. M. Nutritional divergence in genotypes of forage peanut. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.4, p.856-863, 2012.

FONDEVILLA, M. e BARRIOS, A. The gas production and its application to the study of the nutritive value of forages. **Cuban Journal Agriculture of Science**, v.35, n.1, p.187-196, 2001.

FURTADO, R. N.; CARNEIRO, M. S.; CÂNDIDO, M. D.; GOMES, F. T.; PEREIRA, E. S.; POMPEU, R. C. F.; SOMBRA, W. A. Valor nutritivo de dietas contendo torta de mamona submetida a métodos alternativos de destoxificação para ovinos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.64, n.1 p.155-162, 2012.

FURTADO, R. N.; CARNEIRO, M. S. S.; CÂNDIDO, M. J.; GOMES, F. H. T.; ROGÉRIO, M. C. P.; SILVA, D. S. Nitrogen balance and ruminal assessment in male and female sheeps fed rations containing castor cake under different treatments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3237-3248, 2014.

GERON, L. J. V. Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de animais de produção. **Publicação em Medicina Veterinária e Zootecnia**, p.1982-1263, 2007.

GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO M. O.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v.3, n.1, p.93-104, 2014.

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e Alimentação Animal**. UFGD, 2013. 80p.

GOMES, F. H. T. **Composição químico-bromatológica e degradação *in situ* de nutrientes de co-produtos da mamona e do pinhão-manso da cadeia produtiva do biodiesel**. Monografia, Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; R. C. F.; MARTINS, L. G. R.; PEREIRA, E. M.; CARVALHO, M. A. **Subprodutos da Agroindústria na alimentação de Bovinos: caroço de algodão**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

HARMEYER, J.; MARTENS, H. Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat. **Journal of Dairy Scienc**, v.63, p.1707-1728, 1980.

IBGE. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 172 p. **Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística**. 2013. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2013/PAM2010_Publicacao_completa.pdf>. (acesso em 26 de outubro de 2016).

IBGE. Estatística de indicadores Agropecuários. **Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística**. 2011. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispa/Ispa_201108_5.shtm (acesso em 16 de junho de 2011).

IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal: recordes de produção de soja e milho impulsionam agricultura em 2015. Vers. Comunicado Social. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sala de imprensa. 23 de set de 2016.

<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3263&busca=1&t=pesquisa-agricola-municipal-recordes-producao-soja-milho-impulsionam-agricultura-2015> (acesso em 04 de dezembro de 2016).

LADEIRA, M. M.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; SALIBA, E. O. S.; MIRANDA, L. F. Balanço de Nitrogênio, Degradabilidade de aminoácidos e concentração de ácidos graxos voláteis no rúmen de ovinos alimentados com feno de *Stylosanthes guianensis*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2357-2363, 2002.

LOUSADA JÚNIOR, J. E. **Digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos**. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. 184p.

LOUSADA JÚNIOR, J. E; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. N.; RODRIGUES, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

LOUSADA JÚNIOR, J. E; NEIVA, J. N. N.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.569-669, 2005.

MACEDO JÚNIRO, G. L.; PÉREZ, J. R. O.; ALMEIDA, T. V. Influência de diferentes níveis de FDN dietético no consumo e digestibilidade aparente de ovelhas Santa Inês. **Ciência e Agrotecnologia**, v.3, n.3, p.547-553, 2006.

MACHADO, F. S. **Consumo, digestibilidade aparente, partição de eneregia e produção de metano em ovios alimentados com silagens de sorgo em diferentes**

estádios de maturação. Tese, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais: UFMG, 2010. 107p.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F.; DHANOA, M. S. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, n.4, p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica *in vitro* semi automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n. 2, p.216-219, 2003.

MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações.** Brasília, DF: Embrapa, 2015.

MENDONÇA, F. H. O. **Farelo de vagem de algaroba na alimentação de cordeiros em confinamento.** Tese, Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2013.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR, D. C. **Forage quality, evaluation and utilization**, p450-492. Madison: American Society of Agronomy, 1994.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.

MORAES, S. A.; COSTA, S. A. P.; ARAÚJO, G. G. L. Nutrição e exigências nutricionais. In: VOLTOLINI, T. V. **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**, p.165-200. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2012.

MOREIRA, F. B. Subprodutos do algodão na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.2, n. 36, 2008. 61p.

MOURO, G. F.; BRANCO, A. F.; MACEDO, F. A. F.; RIGOLIN, L. P.; MAIA, F. J.; GUIMARÃES, K. C.; DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G. T. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: produção e composição do leite e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p.475-483, 2002.

NFT-ALLIANCE. Classificação dos alimentos. Vers. E-book. 12 de setembro de 2011a. <http://nftalliance.com.br/artigos/ebooks/classifica-o-dos-alimentos> (acesso em 29 de outubro de 2016).

NFT-ALLIANCE. Farelo de Gluten de Milho 21 - Refinazil®/Promill®. Vers. E-book. 12 de setembro de 2011b. <http://nftalliance.com.br/artigos/ebooks/farelo-de-gluten-de-milho-21-refinazil-promill> (acesso em 29 de outubro de 2016).

NOGUEIRA, A. R. A. Manual de Laboratório: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 289p.

NUNES, H.; ZANINE, A. M.; MACHADO, T. M. M.; CARVALHO, F. C. Alimentos alternativos na dieta dos ovinos: Uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, p.147-158, 2007.

OLIVEIRA, L. **Métodos em nutrição de ruminantes: estimativa do consumo através de índices fecais e estimativa de síntese microbiana ruminal**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS: UFSM, 2009. 78p.

ØRSKOV, E.R. New concepts of feed evaluation for ruminants with emphasis on roughages and feed intake. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, v.13, p.128-136, 2000.

PENZ JUNIOR, A. M.; D. G. BRUNO. Abastecimento mundial de alimentos: avicultura, suinocultura, laticínios. Vers. E-book. **Revista eletrônica NFT Alliance**. 12/09/2011. Disponível em: <http://nftalliance.com.br/artigos/ebooks/abastecimento-mundial-de-alimentos-avicultura-suinocultura-latic-nios>. Último acesso em 29/10/2016.

PEREZ, R.; SILVA JUNIOR, A. G.; MIRANDA, C. A.; SANTOS, M. M. S. Viabilidade de extração de óleo de dendê no Pará: Texto para revisão e crítica. Viçosa: MDA, 2007.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; DUTRA, G. S. Resíduos e subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes no nordeste: tratamentos e utilização. **X SNPA - Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes**, 2006.

REBOUÇAS, G. M. N. **Farelo de vagem de algaroba na alimentação de ovinos Santa Inês**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2007. 48p.

ROGÉRIO, M. C. P.; ARAÚJO, G. G. L.; ALVEZ, M. J.; NEIVA, J. N. M.; COSTA, H. H. A. Resíduos de frutas na alimentação de gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, L. e FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**, p.88-115. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.

RUSSELL, J. P.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SÁ, J. F. **Avaliação nutricional de alimentos para ruminantes**. Dissertação, Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga: UESB, 2007. 70p.

SANTOS, P. A.; LUDKE, M. C. M. M.; LUGKE, J. V.; SANTOS, M. J. B.; MELO, A. G. S.; OLIVEIRA, A. O.; CAVALCANTO, A. S. A. Farelo de mamona na

alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.10, n.06, p.2814-2827, 2013.

SANTOS, P. A.; LUDKE, M. C. M. M.; LUDKE J. V. Nutricional and energy aspectos of castor meal submitted the diferente processing for japonese quail. **XXVI Word's Poultry Congress**, 2012.

SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta de mamona. *Documentos 134*, **EMBRAPA Algodão**, p.31, 2005.

SILVA, D. J.; QUEIROZ A. C. **Análise de Alimentos : métodos químicos e biológicos**. 3ªed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; VELOSO, C. M.; CARVALHO, G. G. P.; CEZÁRIO, A. S.; SANTOS, C. C. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.405-411, 2005.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B.. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n. 11, p.3562-3577, 1992.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage Technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, n.2 p.104-111, 1963.

USDA. Grain: World Markets and Trade. Circular Series FG 01-08, **Foreign Agricultural Service**, 2008.

USDA. Soybeans: Brazil, Oilseed and Products Annual. **Global Agricultural Information Network**. Foreign Agricultural Service, 2016.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2º. Ithaca, Press: Cornell University, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J.; D. R. MERTENS. The use of neutral detergent fiber versus acid detergent fiber in balancing dairy ration. In: **Technical Symposium**. Fresno: Monsanto, 1984.

VASCONCELOS, H. G. R. **Potencial nutritivo da torta de dendê na alimentação de ruminantes no Estado do Pará**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Belém-PA: UFPA, 2010. 57p.

VIEIRA, P. A. S. **Tabelas nordestinas de composição de alimentos e predição do consumo de matéria seca por ovinos da raça Santa Inês em confinamento**. Dissertação de Mestrado, Campus de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, 2011. 186 p.

CAPÍTULO II: DEGRADABILIDADE *IN VITRO* E CINÉTICA DA PRODUÇÃO DE GASES EM ALIMENTOS ALTERATIVOS PARA DIETAS DE CORDEIROS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Resumo: O foco principal deste trabalho foi verificar a existência de alimentos alternativos tropicais que possuam efetiva degradabilidade na digestão de cordeiros. Consideraram-se quatro grupos alimentares compostos de resíduos e subprodutos (resultados de um processo de produção com importância secundária), divididos em: concentrados energéticos, concentrados proteicos, alimentos alternativos e volumosos. Foram estimadas as composições químicas de dezesseis alimentos, e avaliadas *in vitro* a degradabilidade na matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), além da cinética de fermentação dos alimentos para ovinos. Para avaliação de cada alimento, foi realizada incubação *in vitro* de amostras de cada alimento, junto ao líquido ruminal (coletado de ovinos adultos e fistulados) e solução tampão, macro e micromineral (imitando condições salivares). Parte das amostras foi destinada para análise da degradabilidade, sendo retiradas da incubação em tempos determinados (2, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 264 horas) e, posteriormente, analisadas em laboratório para determinação das frações de MS e FDN. Outra parte das amostras foi destinada à avaliação da cinética de fermentação, das quais foram mensurados os gases produzidos durante fermentação em horários determinados (1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 18, 24, 30, 48, 54, 60, 72, 96, 120, 144, 264 horas), através de transdutor de pressão. Identificou-se que entre os alimentos caracterizados como concentrados energéticos, a farinha de mandioca e o melaço em pó apresentaram maior aproveitamento dos nutrientes, enquanto entre os alimentos caracterizados como concentrados proteicos, o farelo de soja e o glúten de milho apresentaram maior degradabilidade efetiva. Dos alimentos alternativos, o farelo de algaroba e o farelo de cacau possuem maior potencial de uso para alimentação de ovinos, e dos alimentos volumosos, a silagem de milho apresentou maior degradação da matéria seca, ao mesmo tempo em que o feno transvala apresentou maior aproveitamento das fibras na digestão de cordeiros.

Palavras-chave: produção de gases, cinética da fermentação, nutrição animal, ovinos.

Abstract: The main focus of this work was to verify the existence of alternative tropical foods that have effective degradability in the digestion of lambs. Four food groups composed of residues and by-products (results of a production process with secondary importance) were divided into: energy concentrates, protein concentrates, alternative and bulky foods. The chemical compositions of sixteen foods were evaluated, and the in vitro dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) degradability was evaluated in addition to the feed fermentation kinetics for sheep. In order to evaluate each food, in vitro samples of each food were collected, together with ruminal fluid (collected from adult and fistulated sheep) and buffer solution, macro and micromineral (imitating salivary conditions). Part of the samples were destined for degradability analysis, being withdrawn from the incubation at specific times (2, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 264 hours) and later analyzed in the laboratory for determination of the fractions of MS and NDF. Another part of the samples was used to evaluate the fermentation kinetics, from which the gases produced during fermentation were measured at specific times (1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 18, 24, 30, 48, 54, 60, 72, 96, 120, 144, 264 hours) by pressure transducer. It was identified that foods characterized as energetic concentrates, cassava flour and powder molasses showed greater nutrients utilization, while among the foods characterized as protein concentrates, soybean meal and corn gluten showed a higher effective degradability. From the alternative foods, the algaroba meal and the cocoa meal have greater potential of use for feeding of sheep, and of the massive foods, the corn silage presented greater degradation of the dry matter, at the same time that the hay transvala presented greater utilization of the fibers in the digestion of lambs.

Key-words: gas production, fermentation kinetics, animal nutrition, sheep.

1. INTRODUÇÃO

A produção crescente do agronegócio tem aumentado a disponibilidade de grãos de cereais, frutas e açúcar/etanol, e, conseqüentemente, a produção de subprodutos que não são destinados à alimentação humana, sendo, portanto, passíveis de uso na alimentação animal.

Tanto resíduos como subprodutos são resultados de um processo de produção com importância secundária. Se ainda existe alguma forma de utilização industrial, podemos classificá-lo como subproduto. Porém, se é inútil e até mesmo gerador de custo para a sua eliminação, podemos classificá-lo como resíduo (Giordani Junior *et al.*, 2014). A busca por mais informações sobre a qualidade e a viabilidade do uso desses alimentos alternativos é contínua. Contudo, ainda existe carência de dados no que diz respeito ao valor nutricional de alimentos para ovinos em condições tropicais, visto que o maior volume de pesquisa produzida é referente aos bovinos em condições tropicais (Vieira *et al.*, 2017; Dias *et al.*, 2018; Matos *et al.*, 2018).

Além da composição química, os valores nutricionais dos alimentos envolvem o potencial de digestão e taxa de fermentação dos alimentos. Através de técnica *in vitro* é possível estimar parâmetros da degradação dos alimentos e de suas frações, estimando a qualidade de um alimento de forma precisa, simples e rápida (Guimarães Junior *et al.*, 2010; Maxin *et al.*, 2013; Zeoula *et al.*, 2014; Lei *et al.*, 2017).

Entretanto, é preciso considerar as interações entre a viabilidade de uso de um alimento e o seu aproveitamento pelo animal. Na alimentação animal, os subprodutos ou resíduos industriais podem ser classificados como concentrados energéticos, concentrados proteicos, alimentos alternativos e volumosos. Essa classificação dependerá da porção da planta utilizada como alimento para animais, e da sua composição química. De forma geral, os alimentos concentrados são os que contêm níveis acima de 60% de nutrientes digestíveis totais (NDT), sendo que os proteicos possuem mais de 20% de proteína bruta (PB), e os energéticos possuem lipídios e carboidratos, que fornecem energia ao animal (menos de 20% de proteína bruta; Goes *et al.*, 2013). Ainda, os alimentos volumosos podem ser identificados como os que contêm mais de 20% de fibra em detergente ácido (FDA) ou mais de 18% de fibra bruta (FB) (Van Soest, 1994). Os alimentos alternativos, além de poderem ser

classificados por sua composição química, são principalmente identificados por serem, até o presente momento, incomuns na alimentação animal.

Esta pesquisa se refere às características químicas e nutricionais de alimentos tradicionais e alternativos (subprodutos e resíduos industriais), identificando a composição dos alimentos, o aproveitamento de seus nutrientes (degradabilidade), e suas possíveis contribuições para a nutrição e alimentação de cordeiros em crescimento.

Tem-se como hipótese a existência de resíduos ou subprodutos, que possam ter seus nutrientes potencialmente degradados durante a digestão em ovinos, podendo assim fazer parte de dietas para cordeiros. Diante do exposto, objetivou-se estimar a composição química, a degradabilidade da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN), e a cinética da fermentação ruminal *in vitro*, de alimentos para ovinos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Princípios éticos da experimentação animal

Esta pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre as pesquisas com o uso de animais, e aprovada, registrado sob protocolo 95/2015, pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, localizada em Ilhéus, Bahia.

2.2 Local e alimentos utilizados

A pesquisa experimental foi realizada na Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, em Ilhéus, Bahia. A coleta de amostras dos alimentos avaliados (Tabela 2) foi realizada no Estado da Bahia, em lojas agropecuárias, nas cidades de Feira de Santa, Ilhéus e Itabuna, durante o período de maior disponibilidade destes (safra). O processamento dos materiais foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes – LaPNAR, e as análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Nutrição – LabNut (Tabela 3).

Tabela 2. Nome científico e apresentação dos alimentos utilizados para caracterização da composição química e digestibilidade *in vitro*.

Produto	Nome científico	Apresentação
<u>Alimentos energéticos</u>		
Cana de açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Melaço em pó
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Farinha
Milho	<i>Zea mays</i>	Fubá
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>	Farelo
<u>Alimentos proteicos</u>		
Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i>	Torta com caroço
Milho	<i>Zea mays</i>	Farelo de glúten
Mamona	<i>Ricinus communis</i>	Farelo
Soja	<i>Glycine Max</i>	Farelo do grão
<u>Alimentos Alternativos</u>		
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i>	Farelo da vagem
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Farelo com casquinha
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i>	Torta
Maracujá	<i>Passiflora ligularis</i>	Casca e sementes
<u>Volumosos</u>		
Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	Feno
Braquiária	<i>Brachiaria decumbens</i>	Pellet
Milho	<i>Zea mays</i>	Silagem
Transvala	<i>Digitaria decumbens</i>	Feno

2.3 Determinação da composição química

Todas as amostras de alimento fornecido foram descongeladas. Os alimentos úmidos foram submetidas à pré-secagem a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 72 horas e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro. Os alimentos secos passaram apenas por moagem, também em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro. Amostras de todos os alimentos foram armazenadas em local seco e arejado, para posteriores análises laboratorial.

As amostras foram analisadas quanto aos conteúdos de matéria seca (MS) (método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (procedimento de Kjeldahl; método INCT-CA N-001/1), proteína

insolúvel em detergente neutro (PIDN; método INCT-CA N-004/1), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA; método INCT-CA N-005/1), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN; método INCT-CA M-002/1), cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA; método INCT-CA M-003/1), extrato etéreo (EE; procedimento de Randall; método INCT-CA G-005/1); fibra em detergente ácido (FDA, método INCT-CA F-004/1) e lignina (as) determinada com solubilização da celulose em ácido sulfúrico (LIG, método INCT-CA F-005/1), conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA, Detmann *et al.*, 2012).

O conteúdo dos carboidratos não fibrosos (CNF) expresso em g/kg na MS foi obtido a partir dos resultados da composição química dos alimentos, sendo $CNF = g/kg\ MO - g/kg\ PB - g/kg\ EE - g/kg\ aFDN_{cp}$, Hall (2000). A fim de reduzir os erros associados à estimativa referentes a contaminantes, como compostos nitrogenados e cinzas que superestimam o teor da aFDN (fibra em detergente neutro digestível, utilizando amilase termoestável, sem uso de sulfito de sódio), substituiu-se nesta equação, os valores de aFDN por aFDN_{cpd} (como indicado por Detmann & Valadares Filho (2010)).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir dos resultados observados das composições químicas dos alimentos, conforme equações recomendadas e adaptadas de Weiss (1999), porém utilizando aFDN e CNF corrigindo para cinza e proteína, em que $NDT = PBd + 2,25*EEd + CNFd + aFDN_{cpd}$.

2.4 Cinética da fermentação e Degradabilidade *in vitro*

A degradação *in vitro* da MS (DIVMS), da FDN (DIVFDN) e a cinética da fermentação foram determinadas através da incubação dos alimentos junto ao líquido ruminal (inóculo), em condição de anaerobiose, temperatura de 39°C, capacidade tampão e pH de 6,8, em até 264 horas de digestão microbiana, como indicado por Menke & Steingass (1988), Tilleey & Terry (1963), Silva & Queiroz (2002). Foi necessário realizar três rodadas de incubação para abranger todos os alimentos propostos. Na primeira rodada, foi realizada a incubação da algaroba, algodão, braquiária, dendê, e farelo de glúten de milho. Na segunda rodada, foi realizada a incubação da mamona, mandioca, milho (fubá), soja, trigo, alfafa e transvala. Na

terceira rodada, foi realizada a incubação de cacau, maracujá, melação e silagem de milho. Em todas as três rodadas foram realizadas também a incubação de alimento padrão laboratorial (capim Tifton 85), para garantir a confiabilidade da análise realizada.

Tabela 3. Composição química e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos

Item	MS ^a	MO ^b	PB ^b	EE ^b	FDNcp ^b	CNF ^b	LIG ^b	NDT ^a
Braquiária peletizada	895,0	923,0	64,9	14,9	755,2	88,0	78,6	485,7
Farelo da vagem da algaroba	907,8	954,2	104,2	3,4	333,7	513,0	45,9	677,9
Farelo de cacau	850,4	917,9	168,4	62,4	425,1	262,0	121,1	587,0
Farelo de gluten de milho	844,7	928,7	230,7	30,5	450,0	217,6	5,6	739,0
Farelo de mamona	863,5	921,6	384,3	38,3	425,2	73,8	210,9	508,2
Farelo de maracujá	4924,0	959,2	122,3	163,8	465,4	207,7	224,2	667,7
Farelo de soja	890,6	931,3	495,2	19,8	94,4	321,9	1,9	822,7
Farelo de trigo	862,9	945,9	179,7	22,5	415,4	328,3	28,2	696,1
Farinha de mandioca	895,6	987,0	47,0	17,9	53,1	869,0	2,1	879,2
Feno de alfafa	849,4	918,4	180,8	9,7	437,2	290,7	49,9	605,3
Feno transvala	909,1	985,8	96,2	20,7	666,8	202,1	34,3	657,7
Fubá de milho	886,6	989,5	91,1	28,7	139,6	730,1	4,3	869,5
Melaço em pó	954,1	742,1	29,1	5,6	2,7	704,7	1,9	638,0
Silagem de milho	274,9	964,5	66,2	23,4	526,3	293,2	33,0	624,6
Torta de algodão	929,9	958,2	215,9	94,2	472,3	175,8	80,1	704,9
Torta de dendê	931,6	931,4	132,5	118,4	617,9	62,5	146,7	592,8
Média	850,0	929,2	163,0	42,1	392,5	327,7	66,8	672,3

^a g/kg; ^b g/kg na MS; ^c g/kg na PB; ^d cal/g.

2.4.1 Preparação pré-incubação

Em frascos de vidro com capacidade de 50 mL, como indicado por Schofield *et al.* (1994) e Maurício *et al.* (2003), previamente lavados, autoclavados, secos em estufa e identificados, foram alocados aproximadamente 300mg de cada alimento, sendo elaborados 36 frascos para cada alimento avaliado, 36 frascos para o alimento padrão laboratorial e 3 frascos vazios, para realização da prova em branco para cinética da fermentação, por bateria.

Duas horas antes da incubação, como descritos por Menke & Steingass (1988), foi preparado meio de cultura a partir de solução tampão, macro e micromineral. Manteve-se o meio de cultura aquecido a 39°C, com aferição

constante, utilizando termômetro imerso na solução, sob injeção contínua de CO₂, até que atingisse o pH de 6,8 e a utilização de homogeneizador do tipo “bailarina”.

Antes do início da incubação, também foi realizada coleta manual de líquido ruminal em dois ovinos adultos, machos, castrados e em jejum, através de fístula ruminal. Os ovinos estavam se alimentando com dieta que continha 700 g/kg de volumoso e 300 g/kg de concentrado, a base de farelo de milho e farelo de soja.

O líquido ruminal coletado (inóculo) foi filtrado em dois panos sobrepostos, tipo frauda de algodão, e imediatamente armazenado em garrafa térmica. Para garantia da temperatura correta durante a preparação dos frascos para incubação. Manteve-se tanto o meio de cultura quanto o líquido ruminal em banho Maria a 39°C (Menke & Steingass, 1988).

2.4.2 Incubação

Todos os frascos receberam 28,125 mL do meio de cultura e 3,125 mL do líquido ruminal (mensurado por pipeta calibrada), conforme relação proposta por Theodorou *et al.* (1994). Os frascos foram vedados imediatamente com rolhas de borracha para garantia de ambiente anaeróbio. Posteriormente, foram transferidos para a estufa com circulação forçada de ar a 39°C.

2.4.3 Manejo pós-incubação

Dentro da estufa, os frascos foram separados por duas áreas: a primeira área para medições da cinética da fermentação ruminal, continha três frascos de cada alimento avaliado, três frascos de alimento padrão e três frascos de branco (frasco contendo inóculo + meio de cultura, sem a presença de alimento); e a segunda área para avaliação da DIVMS e DIVFDN, continha 33 frascos de cada alimento avaliado e 33 frascos de alimento padrão.

Durante o período de incubação dos frascos da primeira área, a pressão originada pelos gases acumulados na parte superior dos frascos, medida em psi (libra por polegada quadrada), foi avaliada através de um transdutor de pressão tipo “Press DATA 800” nos tempos de 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 18, 24, 30, 48, 54, 60, 72, 96, 120, 144, 264 horas de incubação. Os resultados foram corrigidos para os valores dos frascos brancos, e comparados a amostras padrões, a fim de validar o procedimento

realizado. Os valores obtidos foram convertidos em volume de gases pela equação definida por Santos *et al.* (2010), seguindo metodologia proposta por Maurício *et al.* (2003), em equação de regressão utilizada para a conversão de pressão (P) para volume (mL) = $0,04755 + 1,9754P + 0,01407P^2$, ($R^2 = 0,99$).

Simultaneamente, os frascos da segunda área foram retirados da estufa, três por vez para cada alimento nos tempos 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 264 horas de incubação, e levados à refrigeração, a fim de cessar a atividade dos microrganismos, para realização de posterior análise laboratorial. Em cada momento de retirada de frascos, foi feita manutenção nos frascos que ainda permaneciam na segunda área, para retirar o excesso de gases, através de agulhas inseridas nas rolhas de borracha, evitando que os gases influenciassem no líquido e reduzissem o pH.

2.4.4 Análise laboratorial do material incubado

O conteúdo total de cada frasco foi filtrado em cadinho filtrante de porosidade 1 (previamente tarado), com o auxílio de água fervente e bomba a vácuo, no intuito da separação do alimento do restante do conteúdo do frasco. Os cadinhos foram então transferidos para estufa sem circulação de ar a 105°C, onde permaneceram por uma noite, para posterior pesagem e determinação da quantidade de MS degradada no alimento.

Posteriormente, foram adicionados 30 mL de solução de detergente neutro em cada cadinho, como proposto por Mertens (2002), acrescido de 3 gotas de enzima alfa amilase termoestável. Os cadinhos foram autoclavados durante 60 minutos a 105°C, como descrito por Pell e Schofield (1993); Barbosa *et al.*, (2015). Em seguida, os cadinhos foram novamente filtrados com ajuda de bomba a vácuo, com a utilização de água fervente e acetona para a retirada total do detergente neutro. Outra vez foram transferidos para a estufa a 105°C, por uma noite, para posterior pesagem e determinação da quantidade de FDN degradado no alimento.

2.5 Análise Estatística

Os dados sobre o desaparecimento da matéria seca foram ajustados por regressão não-linear, que prediz a degradabilidade potencial (DP) dos alimentos por meio do modelo proposto por MEHEZ e ORSKOV (1977): $DP = a + b(1 - e^{-ct})$ em

que a é fração solúvel; b , fração potencialmente degradável; e c , taxa de degradação da fração “ b ”. A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada segundo o modelo matemático proposto por ORSKOV e Mc DONALD (1979): $DE = a + ((b*c)/(c + k))$, em que k é taxa estimada de passagem de sólidos no rúmen.

Para a avaliação da cinética de degradação (técnica gravimétrica) da FDN, foi utilizado o modelo exponencial decrescente, corrigido para o período de latência descrito por Snedecor & Cochran (1989):

$$Y = b' - B * \exp(-c * t)$$

em que Y é o resíduo da MS no tempo t ; b' , a degradação potencial da fração da MS; B , a fração insolúvel potencialmente degradável, que será degradável em função do tempo, a uma taxa de degradação c ; \exp , a base dos logaritmos neperiano; c , a taxa de degradação da fração B por unidade de tempo (h^{-1}); e t , o tempo de incubação.

Os dados obtidos sobre os parâmetros da degradabilidade e produção dos gases dos CNF e CF foram ajustados por regressão não-linear pelo método de Gauss-Newton, implantado no programa *Statistical Analysis System*.

Foram realizadas análises de variância e, quando significativo, foram comparadas as médias entre os grupos de alimentos (Grupo 1: Concentrados energéticos, composto por mandioca, melação, milho e trigo; Grupo 2: Concentrados proteicos, composto por algodão, glúten de milho, mamona e soja; Grupo 3: Alimentos alternativos, composto por algaroba, cacau, dendê e maracujá; e grupo 4: Volumosos, composto por alfafa, braquiária, silagem e transvala) por meio do teste Tukey ($P < 0,05$). Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2000).

3. RESULTADOS

Os alimentos avaliados foram divididos em quatro grupos para comparação, sendo eles: concentrados energéticos, concentrados proteicos, alimentos alternativos e volumosos.

3.1 Concentrados energéticos

Entre os alimentos considerados concentrados energéticos (PB<200g por kg de MS; Goes et al., 2013), houve diferença (P<0,05) na degradabilidade da MS e do FDN em todos os tempos de avaliação da incubação *in vitro*, assim como na degradabilidade dos CF e CNF.

A degradabilidade da MS foi menor (P<0,001) para o farelo de trigo quando comparado à farinha mandioca, ao melaço em pó e ao fubá milho, em todos os tempos de avaliação (4, 12, 24, 48, 96 horas). A fração de MS indisponível do farelo de trigo foi maior (P<0,001) entre os alimentos avaliados (Tabela 4).

Tabela 4. Degradabilidade da MS e da FDN estimados por tempo de avaliação (horas), em função do concentrado energético, em g/kg.

Item	Concentrado energético				EPM	Valor de P
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo		
MS (g/kg)						
4	949,1 ^a	952,3 ^a	825,0 ^a	532,9 ^b	5,23	<0,001
12	936,9 ^a	957,7 ^a	868,0 ^a	624,7 ^b	4,90	<0,001
24	969,2 ^a	959,4 ^a	889,8 ^a	739,6 ^b	2,91	<0,001
48	983,5 ^a	970,7 ^a	966,2 ^a	823,0 ^b	1,98	<0,001
96	983,5 ^a	978,9 ^a	982,1 ^a	892,0 ^b	1,26	<0,001
<i>I</i>	14,3 ^b	12,4 ^b	16,1 ^b	106,1 ^a	1,21	<0,001
FDN (g/kg)						
4	355,8 ^b	548,0 ^a	662,4 ^a	121,8 ^c	6,88	<0,001
12	356,2 ^c	599,0 ^b	744,8 ^a	193,2 ^d	5,05	<0,001
24	542,7 ^b	608,6 ^b	842,2 ^a	428,1 ^c	4,10	<0,001
48	766,7 ^{ab}	722,5 ^{bc}	905,6 ^a	625,6 ^c	3,43	0,001
96	832,8 ^{ab}	799,8 ^{ab}	961,1 ^a	747,0 ^b	2,51	0,004
<i>I</i>	163,3 ^{ba}	117,4 ^{cb}	29,1 ^c	216,1 ^a	2,22	0,005

I= fração indisponível para degradação em 264 horas.

EPM: erro padrão da média

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Na degradabilidade da FDN, o fubá de milho apresentou maior degradabilidade (P<0,001) em todos os tempos de avaliação. O melaço em pó

apresentou maior degradabilidade ($P < 0,001$) que a farinha de mandioca e o farelo de trigo nos tempos de 4 e 12 horas de avaliação. Em 24 horas, a farinha de mandioca teve a mesma degradabilidade que o melaço em pó ($P < 0,001$), sendo estes dois alimentos mais degradáveis que o farelo de trigo ($P < 0,001$). A partir de 48 horas, a farinha de mandioca apresentou degradabilidade similar ao fubá de milho ($P = 0,001$), e maior em relação ao melaço em pó e ao farelo de trigo. Em 96 horas, a farinha de mandioca e o melaço em pó se apresentavam tão degradáveis quanto o fubá de milho ($P = 0,004$), porém não diferentes do farelo de trigo. As frações de FDN indisponível do farelo de trigo e da farinha de mandioca foram maiores ($P = 0,005$) que as do melaço em pó e do fubá de milho. Porém, a fração de FDN indisponível da farinha de mandioca e do melaço em pó foram semelhantes (Tabela 4).

O fubá de milho apresentou frações indisponíveis de MS e FDN de apenas 16,1 e 29,1 g/kg respectivamente, enquanto o farelo de trigo apresentou fração indisponível de MS de 106,1 g/kg e 216,1 g/kg de FDN (Tabela 4).

O melaço em pó e a farinha de mandioca apresentaram as maiores ($P < 0,001$) frações solúveis de MS, e as menores ($P < 0,001$) frações insolúveis potencialmente degradáveis de MS em comparação ao fubá de milho e ao farelo de trigo. Quanto à taxa de degradabilidade da fração insolúvel, o melaço em pó foi menor que a farinha de mandioca e o farelo de trigo ($P = 0,005$), porém semelhante ao fubá de milho (Tabela 5).

A degradabilidade potencial da MS em 48 horas da farinha de mandioca e do melaço em pó foi maior ($P < 0,001$) quando comparados ao fubá de milho e ao farelo de trigo. Os valores de degradabilidade efetiva da MS acompanharam as mesmas características da DP, sendo a farinha de mandioca e o melaço em pó os alimentos com maior ($P < 0,001$) degradabilidade efetiva em 2, 5 e 8 h⁻¹. O farelo de trigo apresentou maior ($P < 0,001$) fração indisponível da MS que os demais alimentos, e os menores valores ($P < 0,001$), tanto para degradabilidade potencial em 48 horas, quanto para degradabilidade efetiva (Tabela 5).

O fubá de milho apresentou maior ($P < 0,001$) degradação potencial da FDN, comparado ao farelo de trigo e à farinha de mandioca, enquanto o farelo de trigo apresentou a maior ($P = 0,001$) fração insolúvel degradável da FDN. A taxa de degradação da fração insolúvel não apresentou diferença ($P = 0,155$) entre os alimentos avaliados (Tabela 6).

Tabela 5. Parâmetros do modelo de degradabilidade *in vitro* da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h⁻¹, em função do concentrado energético, em g/kg.

Item	Concentrado energético				EPM	Valor de P
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de Trigo		
A	920,6 ^a	945,7 ^a	736,8 ^b	414,9 ^c	6,40	<,0001
B	63,8 ^c	3,7 ^c	257,1 ^b	466,8 ^a	5,17	<,0001
C	0,038 ^a	0,015 ^b	0,029 ^{ab}	0,035 ^a	0,01	0,005
MS _i	15,6 ^b	10,6 ^b	6,1 ^b	118,3 ^a	1,42	<,0001
DP 48h	973,8 ^a	968,3 ^b	927,5 ^b	729,5 ^c	2,22	<0,001
DE (h ⁻¹)						
2	962,3 ^a	964,5 ^a	887,4 ^b	710,4 ^c	3,12	<,0001
5	948,4 ^a	955,9 ^a	830,3 ^b	605,6 ^c	4,27	<,0001
8	941,1 ^a	952,7 ^a	804,7 ^b	555,6 ^c	4,83	<,0001

A: fração solúvel; B: fração potencialmente degradável; C: taxa de degradação; MS_i: matéria seca indisponível; DP: degradabilidade potencial; DE: degradabilidade efetiva da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h⁻¹.

EPM: erro padrão da média

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Tabela 6. Parâmetro do modelo de degradabilidade *in vitro* da FDN em função do concentrado energético, em g/kg.

Item	Concentrado energético*			EPM	Valor de P
	Farinha de mandioca	Fubá de milho	Farelo de trigo		
b ^ˆ	818,4 ^b	980,5 ^a	789,6 ^b	2,36	<,0001
B	480,2 ^b	522,4 ^b	827,8 ^a	5,12	0,001
c (h ⁻¹)	0,029	0,037	0,033	0,01	0,155
FDN _i	519,8 ^a	477,6 ^a	175,2 ^b	5,12	0,001
DP 48h	698,7 ^b	888,7 ^a	615,6 ^c	3,02	<0,001

b^ˆ- degradação potencial da fração da FDN; B - fração insolúvel potencialmente degradável; c - taxa de degradação da fração B; FDN_i: fibra em detergente neutro indisponível.

EPM: erro padrão da média

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

*O melaço foi retirado desta avaliação devido ao baixo teor de fibras em sua composição.

Na degradação potencial em 48 horas, o fubá de milho apresentou maior valor de degradação do que a farinha de mandioca e o farelo de trigo ($P < 0,001$). O valor de FDNi obtidos do farelo de trigo (175,2 g/kg) foram menores ($P = 0,001$) quando comparado à farinha de mandioca (519,8 g/kg) e ao fubá de milho (477,6 g/kg; Tabela 6).

Na degradabilidade das frações de CNF e CF, houve diferença ($P < 0,05$) na taxa de degradação destas frações e no período de latência, entre os alimentos avaliados. Os valores de desaparecimento de CNF da farinha de mandioca ($P < 0,001$) foram maiores em relação aos demais alimentos, embora a taxa de degradação dos CNF tenha sido similar ao do trigo. O desaparecimento de CF do melão em pó foi menor ($P < 0,001$) que dos demais alimentos, assim como a taxa de degradação dos CF. Nesse caso, a farinha de mandioca apresentou maior ($P < 0,001$) taxa de degradação dos CF, quando comparado aos demais alimentos (Tabela 7).

O melão em pó proporcionou menor ($P < 0,001$) período de latência (1,3 horas) quando comparado à farinha de mandioca (5,3 horas), ao fubá de milho (5,0 horas) e ao farelo de trigo (5,4 horas; Tabela 7).

Tabela 7. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos fibrosos e não fibrosos em função do concentrado energético, em g/kg.

Item	Concentrado energético				EPM	Valor de P
	Farinha de Mandioca	Melão em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo		
Vf1 (mL)	270,1 ^a	132,6 ^c	215,6 ^b	165,0 ^{bc}	17,66	<0,001
C1 (h ⁻¹)	0,149 ^a	0,114 ^b	0,068 ^c	0,158 ^a	0,01	<0,001
L (h)	5,3 ^a	1,3 ^b	5,0 ^a	5,4 ^a	0,56	<0,001
V2 (mL)	205,7 ^a	83,5 ^b	190,0 ^a	207,0 ^a	16,94	<0,001
C2 (h ⁻¹)	0,027 ^a	0,014 ^c	0,020 ^b	0,017 ^{bc}	0,01	<0,001
R ²	0,999	0,998	0,998	0,999	0,01	0,177

Vf1 - volume máximo de gás da fração de CNF; C1 – taxa de degradação para a fração de CNF; L – latência; V2 - volume máximo de gás da fração de CF; C2 – taxa de degradação para a fração de CF. EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

3.2 Concentrados proteicos

No grupo dos concentrados proteicos (PB>200g por kg de MS; Goes *et al.*, 2013), houve diferença (P<0,05) nas frações de desaparecimento da MS e FDN em todas as horas avaliadas (4, 12, 24, 48, 96 e 264 horas), assim como na degradabilidade dos CF e CNF.

Tabela 8. Degradabilidade da MS e da FDN, estimados por tempo de avaliação (horas), em função do concentrado proteico, em g/kg.

Item	Concentrado proteico				EPM	Valor de P
	Torta de algodão	Farelo de glúten de milho	Farelo de mamona	Farelo de soja		
MS (g/kg)						
4	437,0 ^b	638,9 ^a	406,9 ^b	618,5 ^a	3,17	<0,001
12	540,1 ^b	691,7 ^a	442,3 ^c	690,3 ^a	3,25	<0,001
24	568,9 ^c	757,7 ^b	515,9 ^c	872,7 ^a	5,03	<0,001
48	580,9 ^c	892,8 ^b	589,0 ^c	955,3 ^a	5,98	<0,001
96	581,6 ^c	938,3 ^b	609,7 ^c	983,5 ^a	6,34	<0,001
<i>I</i>	395,2 ^a	58,3 ^b	379,1 ^a	15,0 ^b	5,76	<0,001
FDN (g/kg)						
4	122,0 ^b	150,5 ^b	155,5 ^b	227,2 ^a	1,38	0,011
12	185,9 ^c	282,6 ^b	240,8 ^{bc}	398,5 ^a	2,36	0,002
24	208,2 ^d	436,1 ^b	338,5 ^c	752,7 ^a	6,59	<0,001
48	285,4 ^d	750,6 ^b	414,8 ^c	913,2 ^a	7,60	<0,001
96	311,2 ^d	856,4 ^b	444,3 ^c	967,9 ^a	9,82	<0,001
<i>I</i>	629,9 ^a	135,6 ^c	539,8 ^b	17,7 ^d	8,36	<0,001

I= fração indisponível para degradação em 264 horas.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Na degradabilidade da MS, o farelo de soja apresentou maior (P<0,05) desaparecimento em todos os horários de avaliação. Até 12 horas de avaliação, o farelo de soja e o farelo de glúten de milho apresentavam maior degradabilidade (P<0,001) do que a torta de algodão e o farelo de mamona. Entre 24 e 96 horas, o farelo de soja apresentou maior degradabilidade (P<0,001) em relação à torta de algodão, ao farelo de glúten de milho e ao farelo de mamona. Também entre 24 e 96

horas, a torta de algodão e o farelo de mamona apresentaram degradabilidade da MS semelhantes, porém inferior ($P < 0,001$) ao farelo de glúten de milho (Tabela 8).

Na degradabilidade da FDN, o farelo de soja também permaneceu apresentando a maior degradabilidade ($P < 0,05$) em relação aos demais alimentos, em todos os horários de avaliação. Em 4 horas de avaliação, a torta de algodão, o farelo de glúten de milho e o farelo de mamona apresentavam-se semelhantes ($P = 0,011$) quanto à degradabilidade da FDN. Em 12 horas, o farelo de glúten de milho se apresentou semelhante ao farelo de mamona, porém com maior degradabilidade ($P = 0,002$) do que a torta de algodão. A partir de 24 horas, definiu-se que o farelo de glúten de milho era mais degradável ($P < 0,001$) do que o farelo de mamona, e a mamona, por sua vez, era mais degradável ($P < 0,001$) do que o algodão. Esse resultado permaneceu até 96 horas (Tabela 8).

Na avaliação da MS e FDN em 264 horas, a fração de MS indisponível da torta de algodão e do farelo de mamona são maiores ($P < 0,001$) do que do farelo de glúten de milho e do farelo de soja. Ainda, a fração de FDN indisponível da torta de algodão é maior ($P < 0,001$) do que dos demais alimentos, enquanto o farelo de soja é menor ($P < 0,001$) do que dos demais alimentos (Tabela 8).

O farelo de glúten de milho apresentou a maior ($P < 0,001$) fração solúvel de MS, seguida do farelo de soja, farelo de mamona e torta de algodão, respectivamente. O farelo de soja teve a maior ($P < 0,001$) fração insolúvel potencialmente degradável de MS, quando comparado aos demais alimentos. A torta de algodão apresentou a maior ($P < 0,001$) taxa de degradação de MS (Tabela 9).

O farelo de soja apresentou a maior ($P < 0,001$) degradabilidade potencial da MS em 48 horas, em comparação com a torta de algodão, farelo de glúten de milho e farelo de mamona. Os valores de degradabilidade efetiva da MS, considerando a taxa de passagem (kp) em 2 h^{-1} , acompanharam as mesmas características da DP, em que ocorreu maior ($P < 0,001$) degradabilidade do farelo de soja. Em $kp \ 5 \text{ h}^{-1}$, tanto o farelo de soja como o farelo de glúten de milho apresentavam maior ($P < 0,001$) degradabilidade do que a torta de algodão e o farelo de mamona. Em $kp \ 8 \text{ h}^{-1}$, o farelo de glúten de milho apresentou degradabilidade superior ($P < 0,001$) ao farelo de soja e, conseqüentemente, aos demais alimentos avaliados (Tabela 9).

Tabela 9. Parâmetro do modelo de degradabilidade *in vitro* da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h⁻¹, em função do concentrado proteico, em g/kg.

Item	Concentrado proteico				EPM	Valor de P
	Torta de algodão	Farelo de glúten de milho	Farelo de mamona	Farelo de soja		
A	249,9 ^d	552,8 ^a	342,2 ^c	416,9 ^b	3,37	<0,001
B	304,2 ^c	396,4 ^b	268,5 ^c	568,0 ^a	3,52	<0,001
C	0,158 ^a	0,032 ^b	0,037 ^b	0,050 ^b	0,02	<0,001
MS _i	446,0 ^a	389,3 ^b	50,8 ^c	15,2 ^d	5,85	<0,001
DP 48h	553,8 ^c	863,2 ^b	563,4 ^c	932,9 ^a	5,18	<0,001
DE (h ⁻¹)						
2	519,3 ^c	796,3 ^b	515,7 ^c	822,6 ^a	4,41	<0,001
5	480,0 ^b	707,2 ^a	456,2 ^b	701,1 ^a	3,57	<0,001
8	450,9 ^c	665,8 ^a	427,3 ^c	635,6 ^b	3,23	<0,001

A: fração solúvel; B: fração insolúvel potencialmente degradável; C: taxa de degradação; MS_i: matéria seca indisponível; DP: degradabilidade potencial; DE: degradabilidade efetiva da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h⁻¹.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Quanto à degradabilidade *in vitro* da FDN, os valores de degradação potencial em 48 horas seguiram os mesmos resultados da degradação potencial da fração solúvel e insolúvel da FDN, cujo farelo de soja teve maiores resultados (P<0,001) do que os demais alimentos (Tabela 10).

O oposto foi observado para a torta de algodão, que teve menor (P<0,001) degradação da fração solúvel e insolúvel da FDN. Porém, apresentou maior (P<0,001) para a taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável (Tabela 9). Esse mesmo alimento teve maior fração (P<0,001) indisponível para degradação da MS e da FDN que os demais alimentos (Tabelas 9 e 10).

Quanto às frações de CNF e CF, o farelo de soja apresentou maior (P=0,008) degradação de CNF do que os demais alimentos, embora a taxa de degradação dos CNF tenha sido semelhante (P=0,044) ao dos outros alimentos. O desaparecimento de CF do farelo de glúten de milho e do farelo de soja (P=0,003) foram maiores que da torta de algodão e do farelo de mamona. Não foram observadas diferenças

($P=0,070$) para na taxa de digestão dos CF e no período de latência ($P=0,296$) entre os alimentos avaliados (Tabela 11).

Tabela 10. Parâmetros do modelo de degradabilidade *in vitro* da FDN, em função do concentrado proteico, em g/kg.

Item	Concentrado proteico				EPM	Valor de P
	Torta de algodão	Farelo de glúten de milho	Farelo de mamona	Farelo de soja		
DP 48h	303,2 ^d	669,8 ^b	398,0 ^c	893,6 ^a	7,17	<0,001
b'	311,4 ^d	887,2 ^b	466,4 ^c	987,2 ^a	8,50	<0,001
B	316,3 ^d	872,3 ^b	360,5 ^c	953,0 ^a	8,72	<0,001
c (h ⁻¹)	0,077 ^a	0,032 ^c	0,032 ^c	0,048 ^b	0,01	<0,001
FDNi	683,7 ^a	127,8 ^c	639,5 ^b	47,0 ^d	8,72	<0,001

b' - degradação potencial da fração da FDN; B - fração insolúvel potencialmente degradável; c - taxa de degradação da fração B; FDNi: fibra em detergente neutro indisponível.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Tabela 11. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos fibrosos e não fibrosos em função do concentrado proteico, em g/kg.

Item	Concentrados proteicos				EPM	Valor de P
	Torta de algodão	Farelo de glúten de milho	Farelo de mamona	Farelo de soja		
Vf ₁ (mL)	55,0 ^b	70,3 ^b	50,9 ^b	129,1 ^a	12,13	0,008
C1 (h ⁻¹)	0,110 ^{ab}	0,230 ^a	0,070 ^b	0,121 ^{ab}	0,02	0,044
L (h)	3,3	6,9	4,7	5,3	0,58	0,286
Vf ₂ (mL)	53,0 ^b	151,3 ^a	56,8 ^b	165,3 ^a	18,50	0,003
C2 (h ⁻¹)	0,009	0,030	0,012	0,020	0,01	0,070
R ²	0,997	0,998	0,996	0,998	0,01	0,089

Vf₁ - volume máximo de gás da fração de CNF; C1 - taxa de degradação para a fração de CNF; L - latência; Vf₂ - volume máximo de gás da fração de CF; C2 - taxa de degradação para a fração de CF.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

3.3 Alimentos alternativos

No grupo dos alimentos alternativos, houve diferença ($P < 0,05$) entre os alimentos na degradabilidade da MS e FDN em todos os tempos de avaliação (4, 12, 24, 48, 96 e 264 horas). Na degradabilidade de CF e CNF, houve diferença ($P < 0,05$) apenas no período de latência.

Tabela 12. Degradabilidade da MS e da FDN, estimados por tempo de avaliação (horas), em função do alimento alternativo, em g/kg.

Item	Alimentos alternativos				EPM	Valor de P
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá		
MS (g/kg)						
4	618,5 ^a	505,5 ^b	238,9 ^c	499,5 ^b	4,21	<0,001
12	690,3 ^a	518,3 ^b	470,2 ^b	515,3 ^b	2,80	<0,001
24	872,7 ^a	608,6 ^b	525,9 ^b	551,7 ^b	4,80	<0,001
48	955,3 ^a	687,4 ^b	579,6 ^c	569,5 ^c	5,06	<0,001
96	983,5 ^a	722,9 ^b	613,9 ^c	572,0 ^c	5,37	<0,001
<i>I</i>	15,0 ^b	257,9 ^a	360,9 ^a	426,8 ^a	5,12	0,002
FDN (g/kg)						
4	141,5 ^{ab}	195,1 ^a	23,2 ^c	89,8 ^{bc}	2,20	0,001
12	239,5 ^a	216,0 ^{ab}	320,1 ^a	115,3 ^b	2,60	0,002
24	248,7 ^{ab}	363,0 ^{ab}	391,6 ^a	18,6 ^b	3,03	0,025
48	266,8 ^b	491,2 ^a	420,2 ^a	206,4 ^b	3,79	0,002
96	335,3 ^{bc}	549,0 ^a	504,5 ^{ab}	218,8 ^c	4,28	0,007
<i>I</i>	630,7 ^a	419,7 ^b	463,2 ^b	773,2 ^a	4,24	0,004

I = fração indisponível para degradação em 264 horas.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

A degradabilidade da MS foi maior ($P < 0,05$) para o farelo de vagem de algaroba, em comparação ao farelo de casquinha de cacau, à torta de dendê e ao farelo de maracujá, em todos os tempos de avaliação (4, 12, 24, 48 e 96 horas). Em 4 horas de avaliação, o farelo de cacau e o farelo de maracujá apresentaram valores de degradabilidade maior ($P < 0,001$) do que o dendê. Em 12 e 24 horas, o farelo de cacau, a torta de dendê e o farelo de maracujá tinham valores semelhantes ($P > 0,05$)

de degradabilidade da MS. Após 48 horas, o farelo de cacau teve maior valor ($P<0,001$) de degradabilidade, em comparação à torta de dendê e ao farelo de maracujá. O farelo de cacau, a torta de dendê e o farelo de maracujá tiveram maiores ($P=0,002$) frações indisponíveis da MS que o farelo da vagem da algaroba (257,9; 360,9; 426,8 e 15,0 g/kg respectivamente; Tabela 12).

Na degradabilidade da FDN, em 4 horas de avaliação, o farelo de cacau foi maior ($P=0,001$) do que a torta de dendê e o farelo de maracujá, e semelhante ($P>0,05$) ao farelo da algaroba. Em 12 horas, o farelo de algaroba e a torta de dendê foram maiores ($P=0,002$) que o farelo de maracujá. O farelo de cacau apresentou degradabilidade semelhante ($P>0,05$) a todos os alimentos comparados. Em 24 horas, a torta de dendê foi maior ($P=0,025$) que o farelo de maracujá, enquanto que o farelo de algaroba e o farelo de cacau foram semelhantes ($P>0,05$), tanto a torta de dendê quanto ao farelo de maracujá. Em 48 horas, o farelo de cacau e a torta de dendê apresentaram degradabilidade semelhantes ($P>0,05$) e maior ($P=0,002$) que o farelo de algaroba e o farelo de maracujá. Em 96 horas, manteve-se a semelhança ($P>0,05$) na degradabilidade do farelo de cacau e da torta de dendê. Porém, o farelo de cacau foi maior ($P=0,007$) que a farelo da algaroba e o farelo do maracujá (Tabela 12).

O farelo da vagem de algaroba e o farelo de maracujá apresentaram valores semelhantes ($P>0,05$) da fração indisponível da FDN (630,7 e 773,2 g/kg respectivamente) avaliado em 264 horas de incubação *in vitro*, sendo estes maiores ($P=0,004$) que o farelo de cacau (419,7 g/kg) e a torta de dendê (463,2 g/kg; Tabela 12).

Na degradabilidade da MS, o farelo de algaroba apresentou maior ($P<0,001$) fração solúvel, quando comparado ao farelo de cacau, torta de dendê e farelo de maracujá. Já a fração potencialmente degradável da MS e a taxa de degradação foram maiores ($P<0,001$) para a torta de dendê, em comparação aos demais alimentos (Tabela 13).

A degradabilidade potencial da MS em 48 horas do farelo de cacau e do farelo de algaroba foi maior ($P<0,001$), quando comparado à torta de dendê e ao farelo de maracujá. Na degradabilidade efetiva da MS, considerando o k_p em 2 h^{-1} , o farelo de algaroba e o farelo de cacau tiveram maior degradabilidade ($P<0,001$). No entanto, em 5 e em 8 h^{-1} , apenas o farelo da algaroba manteve a maior degradabilidade ($P<0,001$) comparado aos outros alimentos. A menor

degradabilidade efetiva da MS em kp 2, 5 e 8 h^{-1} s ($P < 0,001$) foi da torta de dendê (Tabela 13).

Tabela 13. Parâmetros do modelo de degradabilidade *in vitro* da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h^{-1} , em função do alimento alternativo, em g/kg.

Item	Alimento alternativo				EPM	Valor de P
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá		
A	561,4 ^a	425,7 ^b	86,4 ^c	446,0 ^b	5,35	<0,001
B	152,0 ^c	306,5 ^b	519,7 ^a	109,7 ^c	4,89	<0,001
C (h^{-1})	0,016 ^d	0,027 ^c	0,065 ^a	0,051 ^b	0,01	<0,001
MS _i	286,6 ^c	267,8 ^c	393,9 ^b	444,3 ^a	2,25	<0,001
DP 48h	644,0 ^a	647,4 ^a	582,9 ^b	546,1 ^b	1,36	<0,001
DE (h^{-1})						
2	629,7 ^a	601,2 ^a	483,7 ^c	524,7 ^b	1,79	<0,001
5	599,0 ^a	532,7 ^b	380,1 ^d	501,3 ^c	2,40	<0,001
8	587,3 ^a	502,7 ^b	319,3 ^c	488,6 ^b	2,94	<0,001

A: fração solúvel; B: fração potencialmente degradável; C: taxa de degradação; MS_i: matéria seca indisponível; DP: degradabilidade potencial; DE: degradabilidade efetiva da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h^{-1}

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O farelo de cacau teve a maior ($P < 0,001$) degradação potencial da FDN, quando comparados aos demais alimentos. Na degradação potencial da FDN, durante 48 horas, o farelo de cacau e a torta de dendê foram maiores ($P < 0,001$) do que o farelo de algaroba e o farelo de maracujá. A fração insolúvel potencialmente degradável da FDN e sua taxa de degradação foram as maiores ($P < 0,001$) para a torta de dendê (Tabela 14).

Na avaliação de 264 horas de incubação *in vitro*, o farelo de maracujá teve fração de MS e fração de FDN indisponível maior ($P < 0,001$) do que os demais alimentos avaliados como alimentos alternativos (Tabela 13 e 14).

Tabela 14. Parâmetros do modelo de degradabilidade *in vitro* da FDN, em função do alimento alternativo, em g/kg.

Item	Alimento Alternativos				EPM	Valor de P
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá		
DP 48h	292,8 ^b	472,6 ^a	479,8 ^a	207,1 ^b	3,60	<0,001
b ⁷	405,9 ^c	588,1 ^a	500,9 ^b	218,1 ^d	4,16	<0,001
B	308,8 ^c	450,8 ^b	600,5 ^a	193,0 ^d	4,62	<0,001
c (h ⁻¹)	0,022 ^c	0,028 ^c	0,072 ^a	0,051 ^b	0,01	<0,001
FDN _i	691,2 ^b	549,2 ^c	399,5 ^d	807,0 ^a	4,62	<0,001

B⁷- degradação potencial da fração da FDN; B – fração insolúvel potencialmente degradável; c – taxa de degradação da fração B; FDN_i: fibra em detergente neutro indisponível.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Tabela 15. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos fibrosos e não fibrosos, em função do alimento alternativo, em g/kg.

Item	Alimentos Alternativos				EPM	Valor de P
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá		
Vf ₁ (mL)	88,7	84,5	101,5	78,4	10,61	0,917
C1 (h ⁻¹)	0,204	0,066	0,079	0,108	0,03	0,208
L (h)	4,0 ^{ab}	0,1 ^b	8,0 ^a	0,1 ^b	1,10	0,002
Vf ₂ (mL)	101,9	119,6	21,9	143,6	18,95	0,096
C2 (h ⁻¹)	0,021	0,015	0,013	0,011	0,01	0,645
R ²	0,996	0,996	0,999	0,971	0,01	0,073

Vf₁ - volume máximo de gás da fração de CNF; C1 – taxa de degradação para a fração de CNF; L – latência; Vf₂ - volume máximo de gás da fração de CF; C2 – taxa de degradação para a fração de CF.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Na cinética de degradação dos CNF e CF, houve diferença (P<0,05) apenas no período de latência, em que o farelo de cacau e o farelo de maracujá proporcionaram menor (P=0,002) estimativa do período de latência, (0,1 hora para ambos), em relação ao período de latência da torta de dendê (8,0 horas). O tempo de latência do farelo de algaroba foi similar (P>0,05) a todos os alimentos avaliados (Tabela 15).

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) no desaparecimento das frações de CNF e CF e nas respectivas taxas de degradação (Tabela 15).

3.4. Volumosos

No grupo dos alimentos volumosos, houve diferença ($P<0,05$) na degradabilidade da MS e do FDN, assim como na degradabilidade dos CF e CNF.

Na degradabilidade da MS, a braquiária peletizada apresentou menor ($P<0,05$) degradabilidade do que o feno de alfafa e a silagem de milho em todos os horários de avaliação, exceto em 12 horas, que a degradabilidade da silagem de milho foi similar ($P>0,05$) à degradabilidade da braquiária peletizada durante 96 horas, do que a degradabilidade do feno alfafa. Também foi similar ($P>0,05$) a degradabilidade da braquiária peletizada (Tabela 16).

Tabela 16. Degradabilidade da MS e da FDN, estimados por tempo de avaliação (horas), em função do volumoso, em g/kg.

Item	Volumosos				EPM	Valor de P
	Feno de alfafa	Braquiária peletizada	Silagem de milho	Feno transvala		
MS (g/kg)						
4	453,5 ^a	248,8 ^b	462,6 ^a	271,8 ^b	3,03	<0,001
12	514,9 ^a	329,7 ^b	478,8 ^{ab}	363,2 ^{ab}	2,73	0,012
24	621,8 ^a	425,7 ^b	556,2 ^a	465,1 ^b	2,40	<0,001
48	689,2 ^a	569,4 ^b	691,7 ^a	676,8 ^a	1,55	<0,001
96	744,2 ^{ab}	679,0 ^b	788,5 ^a	763,8 ^a	1,45	0,015
<i>I</i>	251,1 ^b	307,1 ^a	182,8 ^c	222,0 ^b	1,51	<0,001
FDN (g/kg)						
4	85,7	40,4	37,4	24,9	0,79	0,154
12	145,8 ^a	128,7 ^{ab}	66,4 ^b	96,1 ^{ab}	1,30	0,047
24	365,5 ^a	253,4 ^b	205,1 ^b	283,8 ^{ab}	1,87	0,004
48	452,7 ^b	440,3 ^b	447,8 ^b	567,2 ^a	1,63	<0,001
96	549,6 ^b	582,7 ^b	557,7 ^b	683,7 ^a	1,77	<0,001
<i>I</i>	430,4 ^a	399,1 ^a	327,4 ^b	289,0 ^c	1,79	<0,001

I= fração indisponível para degradação em 264 horas.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Até 24 horas de avaliação, a degradabilidade do feno transvala também foi similar ($P>0,05$) a da braquiária peletizada. Entretanto, , após 48 horas, o feno transvala teve maior degradabilidade ($P<0,05$) do que a braquiária peletizada. A braquiária peletizada apresentou maior ($P<0,001$) fração indisponível de MS (307,1 g/kg), quando comparado ao feno de alfafa (251,1 g/kg), ao feno transvala (222,0 g/kg) e a silagem de milho (182,8 g/kg; Tabela 16).

Na degradabilidade da FDN, até 4 horas de avaliação, não houve diferença ($P=0,154$) na degradabilidade dos volumosos em estudo. Em 12 horas, a degradabilidade da FDN do feno alfafa foi maior ($P=0,047$) do que da silagem de milho. Em 24 horas, foi maior ($P=0,004$) do que da silagem de milho e da braquiária peletizada. Tanto em 12 como em 24 horas, a degradabilidade do feno de alfafa foi semelhante ($P>0,05$) à degradabilidade do feno transvala (Tabela 16).

Entre 48 e 96 horas, a degradabilidade da FDN o feno transvala foi maior ($P<0,001$) do que todos os outros volumosos. A avaliação em 264 horas de degradabilidade identificou que o feno transvala apresenta menor ($P<0,001$) fração indisponível de FDN do que os outros volumosos (Tabela 16).

Na avaliação da degradabilidade da MS (Tabela 16), observou-se que a silagem de milho apresentou a maior ($P<0,001$) fração solúvel de MS, em comparação à braquiária peletizada e aos fenos de alfafa e transvala. Tanto a braquiária peletizada quanto o feno transvala tiveram a maior ($P<0,001$) fração potencialmente degradável de MS, quando comparado aos demais alimentos. A silagem de milho teve a menor ($P=0,005$) taxa de degradação de MS (Tabela 17).

Na degradabilidade potencial da MS em 48 horas, a braquiária peletizada foi menor ($P<0,001$) do que os demais volumosos. Na degradabilidade efetiva da MS, em k_p 2, 5 e 8 h^{-1} , houve maior ($P<0,001$) degradabilidade da silagem de milho, e menor ($P<0,001$) degradabilidade da braquiária peletizada, em comparação aos fenos de alfafa e transvala (Tabela 17).

Na avaliação da degradabilidade da FDN (Tabela 18), o feno transvala teve maior ($P<0,001$) degradação potencial, fração solúvel potencialmente degradável da FDN e degradação potencial em 48 horas, em comparação aos demais volumosos. Entretanto, a taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável foi semelhante ($P>0,05$) para todos os volumosos (Tabela 18).

Tabela 17. Parâmetro do modelo de degradabilidade *in vitro* da MS, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h⁻¹, em função do volumoso, em g/kg.

Item	Volumoso				EPM	Valor de P
	Feno de alfafa	Braquiária peletizada	Silagem de milho	Feno transvala		
A	334,4 ^b	90,9 ^d	373,5 ^a	140,3 ^c	3,66	<0,001
B	384,0 ^c	588,6 ^a	430,2 ^b	638,6 ^a	3,28	<0,001
C (h ⁻¹)	0,028 ^a	0,028 ^a	0,021 ^b	0,030 ^a	0,01	0,005
MS _i	281,5 ^{ab}	320,4 ^a	196,3 ^c	221,1 ^{bc}	1,60	0,001
DP 48h	618,5 ^a	519,4 ^b	647,0 ^a	625,0 ^a	1,51	<0,001
DE (h ⁻¹)						
2	558,6 ^b	429,8 ^d	594,1 ^a	521,6 ^c	1,86	<0,001
5	472,5 ^b	298,3 ^d	501,0 ^a	378,0 ^c	2,43	<0,001
8	434,2 ^b	240,4 ^d	463,2 ^a	313,0 ^c	2,73	<0,001

A: fração solúvel; B: fração insolúvel potencialmente degradável; C: taxa de degradação; MS_i: matéria seca indisponível; DP: degradabilidade potencial; DE: degradabilidade efetiva da MS na taxa de passagem de 2; 5; e 8 h⁻¹.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Tabela 18. Parâmetros do modelo de degradabilidade *in vitro* da FDN, em função do volumoso, em g/kg.

Item	Volumosos				EPM	Valor de P
	Feno de alfafa	Braquiária peletizada	Silagem de milho	Feno transvala		
DP 48h	449,5 ^b	431,7 ^b	402,7 ^b	528,2 ^a	1,49	<0,001
b ⁻	582,9 ^c	596,8 ^c	676,8 ^b	729,3 ^a	1,82	<0,001
B	567,7 ^c	652,9 ^b	711,8 ^b	806,9 ^a	2,67	<0,001
C (h ⁻¹)	0,031	0,029	0,028	0,029	0,01	0,049
FDN _i	430,3 ^a	347,1 ^b	288,2 ^b	193,1 ^c	2,67	<0,001

b⁻: degradação potencial da fração da FDN; B - fração insolúvel potencialmente degradável; c - taxa de degradação da fração B; FDN_i: fibra em detergente neutro indisponível.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Na avaliação de 264 horas de incubação *in vitro*, a braquiária peletizada e o feno de alfafa apresentaram fração de MS indisponíveis maiores ($P=0,001$) do que os demais alimentos, embora os valores do feno de alfafa também fossem semelhantes ($P>0,05$) ao feno transvala. Em relação à fração de FDNi, o feno de alfafa exibiu maior quantidade ($P<0,001$) do que os demais volumosos (Tabela 17 e 18).

Na degradabilidade das frações de CNF e CF, a braquiária peletizada apresentou menor ($P=0,007$) desaparecimento de CNF quando comparado aos fenos de alfafa e transvala. A taxa de degradação do feno transvala foi menor ($P=0,005$) do que da alfafa e da silagem de milho.

A silagem de milho apresentou maior ($P<0,001$) desaparecimento de CF do que dos demais alimentos. O feno de alfafa apresentou o menor ($P<0,001$) desaparecimento de CF e a maior ($P=0,002$) taxa de degradação dos CF entre os volumosos comparados. Quanto ao período de latência, a braquiária peletizada e o feno transvala proporcionaram maior ($P=0,001$) tempo de latência (9,6 e 8,1 horas, respectivamente), quando comparado ao feno alfafa e a silagem de milho (4,3 e 2,1 horas, respectivamente; Tabela 19).

Tabela 19. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos fibrosos e não fibrosos em função do volumoso, em g/kg.

Item	Volumosos				EPM	Valor de P
	Feno de alfafa	Braquiária peletizada	Silagem de milho	Feno transvala		
Vf ₁ (mL)	136,8 ^a	79,0 ^b	108,1 ^{ab}	113,8 ^a	7,09	0,007
C1 (h ⁻¹)	0,096 ^a	0,072 ^{ab}	0,090 ^a	0,046 ^b	0,01	0,005
L (h)	4,3 ^b	9,6 ^a	2,1 ^b	8,1 ^a	0,95	0,001
Vf ₂ (mL)	132,0 ^c	147,6 ^b	181,2 ^a	157,1 ^b	5,49	<0,001
C2 (h ⁻¹)	0,020 ^a	0,015 ^b	0,015 ^b	0,016 ^b	0,01	0,002
R ²	0,998	0,999	0,999	0,999	0,01	0,415

Vf1 - volume máximo de gás da fração de CNF; C1 – taxa de degradação para a fração de CNF; L – latência; Vf2 - volume máximo de gás da fração de CF; C2 – taxa de degradação para a fração de CF. EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

4. DISCUSSÃO

Na comparação dos alimentos energéticos, devido à composição química, o farelo de trigo apresentou menor degradabilidade da MS e FDN, e maior quantidade de MS indisponível quando comparado à farinha de mandioca, ao melaço em pó e ao fubá de milho. A composição química também influenciou na maior degradabilidade da FDN e menor quantidade de FDN indisponível, ao qual apresentou o fubá de milho.

Na avaliação da degradabilidade *in vitro* da MS, o melaço em pó e a farinha de mandioca apresentaram as maiores frações solúveis da MS, degradabilidades potenciais, e rápidas degradabilidades efetivas da MS, devido aos baixos teores de fibras na composição desses alimentos e aos altos teores de carboidratos não fibrosos, que possibilitam maior degradabilidade da porção não fibrosa.

Na avaliação da degradabilidade da FDN, o melaço em pó foi retirado da comparação entre os alimentos, por causa dos baixos valores de fibras que possuem esse alimento. Identificou-se que o farelo de trigo é um alimento energético fibroso com boa degradabilidade da fibra, devido à maior degradabilidade da fração insolúvel potencialmente degradável e menor FDN indisponível, em comparação à farinha de mandioca e ao fubá de milho.

Pinho (2016) comenta que o trigo é uma fonte de energia rapidamente degradável no rúmen por causa da maior degradação do amido que representa 59% da MS do trigo, sendo este 92% degradado no rúmen. Afirma, ainda, que o trigo apresenta vantagem sobre o milho, pela maior percentagem de PB na MS, de 14,2 e 9,4% PB respectivamente. A rápida degradação do amido favorece a sincronização provável entre CNF e N, auxilia na estabilidade do pH e favorece a produção de microrganismos fibrolíticos (Costa et al., 2015).

O fubá de milho apresentou os melhores resultados para a degradabilidade da fração solúvel e insolúvel potencialmente degradável, taxa de degradabilidade e degradabilidade potencial, evidenciando apresentar melhor degradabilidade da FDN do que a farinha de mandioca e o farelo de trigo.

A farinha de mandioca apresentou maior desaparecimento dos CNF do que os demais alimentos; a taxa de degradabilidade dos CNF da farinha de mandioca foi similar ao do farelo de trigo, devido às características da degradabilidade da FDN do farelo de trigo e à rápida degradação do amido. Já o desaparecimento dos CF no

melaço em pó foi menor do que nos demais alimentos, provavelmente por causa da menor disponibilidade de FDN. O período de latência do melaço em pó também foi menor do que nos outros alimentos, por possuir menor porção fibrosa, o qual impedia a degradabilidade da porção não fibrosa.

Já no grupo de alimentos proteicos, o farelo de soja teve maior degradabilidade da MS, da FDN, dos CNF e CF, e menor quantidade de MS e FDN indisponível, quando comparado aos demais alimentos. O farelo de glúten de milho apresentou resultados semelhantes ao farelo de soja na degradabilidade da MS, até 12 horas de incubação *in vitro*, além de baixa quantidade de MS indisponível. Tais resultados são esclarecidos pela composição química desses alimentos, com alto teor de CNF, baixo teor de FDNcp e pouca lignina.

Além disso, identificou-se que o farelo de soja apresentou a melhor degradação da fração insolúvel potencialmente degradável da MS, o que leva ao entendimento de que esse alimento possui frações como CNF e EE, localizadas em meio à pequena porção estrutural (fibras), dependentes do acesso dos microrganismos ruminais para serem liberados e degradados.

Ferro *et al.* (2017) revela que o farelo de soja possui apenas 15,70 g/kg de FDN indisponível na MS. Portanto, entende-se que a reduzida porção fibrosa (FDNcp e lignina) que apresenta o farelo de soja possibilitou a maior degradabilidade potencial em 48 horas, efetiva da MS em $kp\ 2$ e $5\ h^{-1}$, e maior degradabilidade da fração solúvel e insolúvel da FDN, quando comparado aos demais alimentos proteicos.

Também, destaca-se o farelo de glúten de milho, por possuir 10,76 g/kg da proteína na forma de PIDN, protegido por 450,0 g/kg de FDNcp na MS, o que justifica a baixa degradabilidade efetiva da MS em $kp\ 2\ h^{-1}$, e maior degradabilidade efetiva em $kp\ 5$ e $8\ h^{-1}$, tempo necessário para colonização das fibras e acesso à esta fração protéica.

A torta de algodão, devido à maior fração de FDNcp na MS entre os alimentos comparados, apresentou a menor fração solúvel de MS, a maior fração solúvel e insolúvel de FDN, e as maiores frações indisponíveis da MS e FDN. A presença de lignina e de compostos nutricionais, protegidos na torta de algodão, reduz seu potencial de degradabilidade, tanto da MS como do FDN, dificultado o acesso dos microrganismos ruminais aos nutrientes.

Portanto, observou-se que para alimentos energéticos, quanto maior a fração solúvel da MS, maior a porção do alimento a ser degradado. Percebe-se com isso que mais rápido ocorreu a sua degradação. Porém, para alimentos proteicos, o maior potencial de degradabilidade e degradabilidade efetiva, ocorreu devido à maior presença da fração insolúvel potencialmente degradável da MS. Costa *et al.* (2015) explica que as proteínas e os carboidratos são os nutrientes mais requeridos pelos microrganismos ruminais. Contudo, a atuação dos microrganismos é influenciada pela proporção desses nutrientes na dieta, na qual as proteínas, em quantidade adequada, proporcionam o balanço de nitrogênio, e tem maior impacto sobre a eficiência e o crescimento bacteriano. Já os açúcares livres e amido (carboidratos) são mais intensamente fermentados no rúmen, porém em quantidades elevadas podem causar disfunção ruminal, decréscimo na taxa de crescimento microbiano e distúrbios metabólicos.

No grupo de alimentos alternativos, destacou-se o farelo da vagem da algaroba na degradabilidade da MS, sendo também o alimento com menor valor de MS indisponível dentre os alimentos avaliados. Observou-se que o farelo de algaroba possui frações de CNF, PB e EE muito superiores à fração fibrosa, em que mais da metade da MS do farelo da algaroba é composta por CNF. No entanto, o farelo de algaroba apresentou a segunda maior fração de FDN indisponível entre os alimentos avaliados, o que não permitiu diferença na degradabilidade dos CNF e CF do farelo de algaroba dos demais alimentos, ou seja, mesmo possuindo mais de 50% de sua composição química na forma de CNF, estes CNF estão protegidos por fibras indegradáveis.

Destacou positivamente o farelo de cacau pela degradabilidade potencial da MS em 49 horas, degradabilidade efetiva da MS em $\text{kp } 2 \text{ h}^{-1}$, e degradabilidade da FDN, na qual apresentou maior degradação potencial da FDN. Porém, apresentou menor taxa de degradação da FDN, o que significa que a FDN do farelo de cacau tem bom potencial de degradabilidade, mas os microrganismos ruminais não conseguem degradá-lo rapidamente.

Já a torta de dendê, devido à grande quantidade de frações fibrosas, em comparação aos outros constituintes da MS, apresentou menor degradabilidade de fração solúvel e maior degradabilidade de fração insolúvel da MS. Porém, como a degradabilidade potencial e efetiva da torta de dendê foram as menores em relação aos outros alimentos, entende-se que os microrganismos ruminais não conseguiram

acessar com facilidade os nutrientes. Além disso, na avaliação da cinética de degradação *in vitro* dos CF e CNF, a torta de dendê apresentou maior tempo de latência, ou seja, período em que o alimento não está sendo degradado.

Quanto à degradabilidade da FDN, também se entende que por possuir mais FDN_{ncp} do que os outros nutrientes da MS, a fração insolúvel degradável da FDN foi maior, e, conseqüentemente, mais acessada pelo microrganismos ruminais, uma vez que a taxa de degradabilidade da FDN foi consideravelmente maior do que nos demais alimentos.

Dentre os alimentos comparados como alimentos alternativos, o farelo de maracujá apresentou a maior quantidade de lignina, o que lhe conferiu a pior degradabilidade da MS e FDN, assim como os maiores valores de MS e FDN indisponíveis, sendo 426,8 g/kg da MS indisponível e mais de 3/4 da FDN indisponível. Com isso, entende-se que as quantidades de fibras presentes no farelo de maracujá reduziram as frações solúveis da MS, e as quantidades de lignina reduziram a porção potencialmente degradável do FDN e sua fração insolúvel.

Entre os alimentos volumosos, na avaliação da degradabilidade da MS, destacou-se negativamente a braquiária peletizada, que apresentou 307,1 g/kg da MS indisponíveis à degradação, consequência do alto teor de FDN e lignina em comparação aos demais volumosos, que resultou em baixa disponibilidade de fração solúvel e alta disponibilidade de fração insolúvel na degradabilidade da MS, reduzindo assim a sua digestibilidade potencial. A silagem de milho, que possui 526,3 g/kg de FDN e apenas 33,0 g/kg de lignina (ambos na MS), ao contrário da braquiária peletizada, destacou-se positivamente entre os alimentos volumosos, pelo baixo valor de MS indisponível, maior fração solúvel de MS, maior degradabilidade potencial e efetiva em k_p 2, 5 e 8 h^{-1} .

Na avaliação da composição química dos alimentos volumosos, a silagem de milho apresentou maior fração solúvel e menor taxa de degradação da MS, com maior degradabilidade efetiva da MS em k_p 2, 5 e 8 h^{-1} , e menor taxa de MS indisponível. Isso se explica por sua composição química, que possui menor porção fibrosa na constituição da matéria seca, quando comparado à braquiária peletizada ou ao feno transvala, e apenas 33,0 g/kg de lignina na MS em sua composição. O feno de alfafa possui menos FDN em sua composição do que a silagem de milho, porém maior teor de lignina. Ainda a silagem de milho apresentou a maior degradação dos CF e a menor taxa de degradabilidade dos CF.

O feno transvala apresentou maior degradabilidade da fração solúvel e insolúvel da FDN, assim como maior degradabilidade potencial em 48 horas, e menor fração de FDN indisponível, resultado do menor teor de lignina entre os alimentos volumosos, apesar de possuir 666,8 g/kg de FDN na MS. Esse resultado indica que o abundante FDN do feno transvala foi mais facilmente acessado pelos microrganismos ruminais do que nos demais alimentos (Tabela 18).

O feno de alfafa revelou 281,5 g/kg de MS indisponível, e 430,3 g/kg de FDN indisponível, além de apresentar a menor degradação dos CF com maior período de latência até o início da degradação. O feno de alfafa é o volumoso com maior quantidade proteína e carboidratos não fibrosos dentre os alimentos avaliados. Porém, a sua porção fibrosa pode impedir o acesso dos microrganismos ruminais a estas frações.

A braquiária peletizada apresentou menor digestibilidade efetiva e potencial em 24 horas da MS, menor degradabilidade e menor taxa de degradação dos CNF em comparação aos outros alimentos volumosos. Isso também é justificado pela composição química da braquiária peletizada, que é o volumoso, com maior fração de FDN e menor fração de CNF em sua composição. Além disso, apresentou a maior quantidade de lignina quando comparado aos demais volumosos.

5. CONCLUSÃO

Dentre os alimentos energéticos, a farinha de mandioca e o melaço em pé são os alimentos com maior aproveitamento da matéria seca pela população microbiana *in vitro*. Para os concentrados proteicos, os farelos de soja e o farelo de glúten de milho são aqueles de maior degradabilidade. Para os alimentos alternativos, o farelo da vagem da algaroba e o farelo da casquinha do cacau são os alimentos de maior potencial para utilização para cordeiros. Já para os volumosos, a silagem de milho apresenta maior degradabilidade dos componentes da matéria seca, enquanto o feno transvala apresenta maior degradabilidade das fibras.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. R. A.; CÂNDIDOM M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; GUIMARÃES, V. P.; SILVA, L. V.; EVANGELISTA, M. E. S. Productive and economic performance of feedlot sheep using different protein sources in concentrate food. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.15, n.3, p.717-730, 2014.
- BARBOSA, M. M.; DETMANN, E.; ROCHA, G.C.; FRANCO, M. O.; FILHO, S. C. V. Evaluation of laboratory procedures to quantify the neutral detergent fiber content in forage, concentrate, and ruminant feces. **Journal of AOAC International**, v. 98, p. 883-889, 2015.
- CABRAL, I. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; DE ALMEIDA, F. M; PEREIRA, L. G. R.; DE ARAÚJO, G. G. L.; NOGUEIRA, A. S.; SOUZA, L. L.; OLIVEIRAM G. A.; DE OLIVEIRA FILHO, C. A. A. Silage or fresh by-product of peach palm as roughage in the feeding of lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 3, p. 525-531, 2015.
- COSTA, N. D. L.; MONTEIRO, A. L. G.; SILVA, A. L. P.; DE MORAES, A.; GIOSTRI, A. F.; STIVARI, T. S. S.; GILAVERTE, S.; BALDISSERA, T. C.; PIN, E. A. Considerações sobre a degradação da fibra em forragens tropicais associada com suplementos energéticos ou nitrogenados. **Archivos de Zootecnia**, v. 64, n.247, p.31-41, 2015.
- FERRO, M. M.; ZANINE, A. M.; FERRO, R. M.; SOUZA, A. L. Cinética de fermentação ruminal in vitro de dietas com inclusão do resíduo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) substituindo a torta de algodão. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n.255, p.325-331, 2017.
- FURTADO, R. N.; CARNEIRO, M. S. S.; CÂNDIDO, M. J.; GOMES, F. H. T.; ROGÉRIO, M. C. P.; SILVA, D. S. Nitrogen balance and ruminal assessment in male and female sheeps fed rations containing castor cake under different treatments. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 3237-3248, 2014.
- GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO M. O.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v.3, n.1, p.93-104, 2014.
- GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e Alimentação Animal**. UFGD, 2013. 80p.
- GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇASLVES, L. C.; JAYME, D. G.; PIRES, D. A. A.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, T. R. Degradabilidade *in situ* de silagens de milho em ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.334-343 ,2010.
- LEI, Y. G.; LI, X. Y.; WANG, Y. Y.; LI, Z. Z.; CHEN, Y. L.; YANG, Y. X. Determination of ruminal dry matter and crude protein degradability and degradation kinetics of several concentrate feed ingredients in cashmere goat. **Journal of Applied Animal Research**, v.1, n.1 p.1-7, 2017.

MALISSETY, V.; RUDDY, V. R.; DEVANABOINA, N.; MALLAM, M.; MITTA, P. Effect of feeding sorghum straw based complete rations with different roughage to concentrate ratio on dry matter intake, nutrient utilization, and nitrogen balance in Nellore ram lambs. **Tropical Animal Health and Production**. v. 46, n.5, p.759-764, 2014.

MATOS, L. H. A. ; CARVALHO, G. G. P. ; SILVA, R. R. ; LEITE, L. C. ; SANTOS, S. A. ; CONCEICAO, C. P. ; SANTOS, L. M. ; AZEVEDO, J.A.G. ; PINA, D. S. ; DE OLIVEIRA ALENCAR, DAIANE ; RUFINO, L. M. A. The use of castor meal, a by-product of the biodiesel industry, on a beef production system in tropical pastures. **Annals of Animal Science** , v. 18, p. 1-27, 2018.

MAURÍCIO, R. M.; MOULD, F.; DHANOA, M. S. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R. M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica *in vitro* semi automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n. 2, p.216-219, 2003.

MAXIN, G.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Ruminal degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distillers grains. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5151-5160, 2013.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, n.3, p.645-650, 1977.

MENKE, K. H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development** v. 28, n.1 p.7-55, 1988.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, E.L.D.P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.

PINHO, S. C. M. Os Aminoácidos Lisina e Metionina na Nutrição e na Alimentação da Vaca Leiteira. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, **Universidade do Porto**, Portugal, 2016. 45p.

ORSKOV, E.R., Mc DONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agriculture of Science**. vol.92, n.2, p.499, 1979.

SANTOS, M.G.M.F; AZEVÊDO, J.A.G; PEREIRA, L.G.R.; SILVA, T.C.; CABRAL, I.S.; FARIAS, D.S. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* de produção de gases no trópico úmido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47^a, Salvador. **Anais**. 2010.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n. 11, p.2980-2991, 1994.

SILVA, D. J.; QUEIROZ A. C. **Análise de Alimentos : métodos químicos e biológicos**. 3^oed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TILLEEY, J. M. A; TERRY, R. A. A two-stage Technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, n.2 p.104-111, 1963.

TONISSI, R. H.; GOES, B.; SOUZA, K. A.; NOGUEIRA, K. A. G.; FARIA PEREIRA, D.; OLIVEIRA, E. R.; SILVA BRABES, K. C. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 373-378, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2^o. Ithaca, Press: Cornell University, 1994. 476p.

VIEIRA, P. A. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; SILVA, F. F.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; SANTOS, A. B.; SOUZA, L. L.; SANTOS, R. D. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária brasileira**, v. 37, p. 883-890, 2017.

YERRADODDI, R. R., KHAN A. A.; MALLAMPALLI, S. R.; DEVULAPALLI, R.; KODUKULA, P.; BLÜMMEL, M. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, n.1, p.743-749, 2015.

ZEOULA, L. M.; PRADO, O. P. P.; GERON, L. J. V.; BELEZE, J. R. F.; AGUIAR, S. C.; MAEDA, E. M. Total digestibility and *in situ* degradability of bulky diets with the inclusion of ionophores or probiotics for cattle and buffaloes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2063-2076, 2014.

CAPÍTULO III: CONCENTRADOS ENERGÉTICOS E SEUS EFEITOS SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E VALOR ENERGÉTICO EM DIETAS PARA CORDEIROS

Resumo: O foco principal deste trabalho foi verificar a existência de concentrados energéticos com o mesmo valor nutricional do fubá de milho em dietas para cordeiros. Considerou-se que alimentos como a farinha de mandioca, o melaço em pó e o farelo de trigo poderiam apresentar estas características. Foram avaliadas as composições químicas dos alimentares, e seus efeitos, na substituição da silagem de milho por dois níveis (100 e 300 g/kg) desses concentrados. Avaliou-se o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais. Foram utilizados 18 cordeiros no total. Para avaliação de cada alimento, utilizou-se 4 animais, realizando 2 períodos experimentais, com 2 níveis de oferta do alimento em estudo (100 e 300 g/kg), e outros 2 animais comuns ao estudo de todos alimentos avaliados, alimentados apenas com silagem de milho. O delineamento foi definido como inteiramente casualizado em sistema *Crossover*. Identificou-se que a farinha de mandioca foi o alimento que mais se assemelhou ao fubá milho, principalmente no consumo dos nutrientes, nas frações digestíveis totais, no balanço de nitrogênio e na eficiência microbiana. O melaço em pó e o farelo de trigo apresentaram efeitos semelhantes ao fubá milho para a digestibilidade dos nutrientes, digestão de nitrogênio, e, ainda, permitiram maior eficiência microbiana do que o milho. Portanto, a farinha de mandioca, o melaço em pó e o farelo de trigo proporcionaram aproveitamento dos nutrientes compatível ao fubá milho, podendo substituí-lo em dietas para cordeiros. Indica-se a utilização de até 300 g desses concentrados energéticos/kg na MS em substituição de silagem de milho.

Palavras-chave: nutrição animal, ovinos, subprodutos.

Abstract: The main focus of this work was to verify the existence of energetic concentrates with the same nutritional value of maize meal in diets for lambs. It was considered that foods such as cassava flour, molasses powder and wheat bran could have these characteristics. The chemical composition of the feed and its effects on the substitution of corn silage for two levels (100 and 300 g / kg) of these concentrates were evaluated. Consumption, nutrient digestibility, nitrogen balance and microbial protein synthesis were evaluated, as well as the prediction of total digestible and total digestible nutrients. Eighteen lambs were used in total. For the evaluation of each food, 4 animals were used, performing 2 experimental periods, with 2 levels of supply of the food under study (100 and 300 g / kg), and 2 other animals common to the study of all evaluated foods, fed only with corn silage. The design was defined as a completely randomized Crossover system. It was identified that cassava meal was the food that most resembled maize corn, mainly in nutrient consumption, total digestible fractions, nitrogen balance and microbial efficiency. Molasses powder and wheat bran had similar effects to maize corn for nutrient digestibility, nitrogen digestion, and also allowed greater microbial efficiency than maize. Therefore, cassava flour, powdered molasses and wheat bran provided nutrient utilization compatible with maize corn, and could be substituted in diets for lambs. It is indicated the use of up to 300 g of these energy concentrates / kg in DM to replace corn silage.

Key-words: animal nutrition, sheep, by-products.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de substituir fontes alimentares tradicionais, como o milho e a soja, por alimentos alternativos, objetivando diminuir custos com a alimentação animal (Andrade *et al.*, 2014; Furtado *et al.*, 2014; Giordani Junior *et al.*, 2014; Azevêdo *et al.*, 2015; Cabral, *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2015; Eliyahu *et al.*, 2015; Inthapanya *et al.*, 2016; Gobindram *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017).

Para a alimentação animal, a farinha de mandioca, o melaço em pó, o fubá de milho e o farelo de trigo são classificados como alimentos concentrados energéticos. A mandioca (*Manihot esculenta*) na forma de farinha de varredura, oriunda da limpeza das farinheiras, apresentam elevado teor de amido (65-70%; Goes *et al.*, 2013). O melaço em pó, resíduo da indústria sucroalcooleira, é um alimento energético, devido à presença de sacarose e glicose, e apresenta 57% de nutrientes digestíveis totais (NDT), com elevada digestibilidade e aceitabilidade para ruminantes, (Goes *et al.*, 2013). O farelo de trigo (*Triticum vulgare*) possui valor nutritivo dependente da forma de processamento dos grãos. Andrade *et al.* (2014), encontrou valores de 64,52% de NDT. O milho (*Zea mays*) é um alimento tradicional, de alta disponibilidade, e é considerado o alimento padrão com maior fonte de energia para a produção animal. Uma das formas de uso é o fubá de milho, que consiste nos grãos de milho secos e triturados. Segundo Andrade *et al.* (2014), o fubá de milho apresenta 83,47% de NDT.

Neste estudo foram abordadas as características químicas e nutricionais de alimentos tradicionais e alternativos (subprodutos e resíduos industriais), classificados como energéticos. Foram identificados a composição dos alimentos, o aproveitamento de seus nutrientes, e suas possíveis contribuições para a nutrição e alimentação de cordeiros em crescimento.

Tem-se como hipótese de que o fubá milho é a melhor opção de concentrado energético para dietas de cordeiros. Contudo, podem existir outros concentrados energéticos com potencial valor nutricional para o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais. Além disso, acredita-se que quanto maior a proporção de substituição de volumoso por concentrado

energético, maior será o consumo de nutrientes, e melhor será o aproveitamento destes nutrientes pelos cordeiros.

Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da fonte (farinha de mandioca, melaço em pó, fubá de milho e farelo de trigo) e do nível (100 e 300 g/kg) de concentrados energéticos na dieta de cordeiros, em substituição parcial à silagem de milho, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Princípios éticos da experimentação animal

Esta pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre as pesquisas com o uso de animais, e aprovada sob protocolo 95/2015, pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, localizada em Ilhéus-BA.

2.2 Local e alimentos utilizados

A pesquisa experimental foi realizada na Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, em Ilhéus, Bahia. A coleta das amostras e o processamento dos alimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes – LaPNAR, e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal – LabNut.

Os concentrados energéticos avaliados foram a farinha de varredura da mandioca (*Manihot esculenta*), o melaço em pó da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), o fubá de milho (*Zea mays*) e o farelo de trigo (*Triticum vulgare*), todos adquiridos em lojas agropecuárias nas proximidades de Ilhéus-BA, no período de safra. Além disso, utilizou-se a silagem de milho como alimento volumoso padrão. A composição química desses alimentos encontra-se na Tabela 20.

Tabela 20. Composição química dos concentrados energéticos avaliados e da silagem de milho.

Item	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de Trigo	Silagem de milho
MS ¹	895,6	954,1	886,6	862,9	274,9
MO ²	987,0	742,1	989,5	945,9	964,5
PB ²	47,0	29,1	91,1	179,7	66,2
PIDN ³	0,9	0,0	12,2	35,0	9,7
PIDA ³	0,5	0,0	0,5	11,3	3,0
EE ²	17,9	5,6	28,7	22,5	23,4
FDNcp ²	53,1	2,7	139,6	415,4	526,3
CNF ²	869,0	704,7	730,1	328,3	293,2
FDA ²	15,9	2,5	11,8	96,8	252,9
LIG ²	2,1	1,9	4,3	28,2	33,0
NDT	879,2	638,0	869,5	696,1	624,6

¹ g/kg, ² g/kg na MS, ³ g/kg na PB

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; FDA = fibra em detergente ácido; LIG = lignina.

2.3 Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizados 18 cordeiros, não castrados, com aproximadamente 180 dias e com corporal (PC) médio inicial de 21,5 kg \pm 4,5 kg. Antes do início do experimento, todos os animais foram identificados e medicados (Albemendazol 10%) contra endo e ectoparasitas. Após a primeira pesagem, realizou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada dieta experimental.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, em local coberto, protegido de chuva e irradiação solar direta, arejado e de fácil higienização. Ficaram alojados em gaiolas metabólicas individuais de 0,96 m², com piso ripado e suspenso a 1 m do solo, providas de comedouro e bebedouro de polietileno.

As dietas experimentais foram calculadas para conter 100 ou 300 g/kg dos concentrados energéticos na base da MS, silagem de milho e mistura ureia/sulfato de amônio (9:1), para que as rações se mantivessem isoproteicas (Tabela 21). Cada dieta

experimental foi representada por uma fonte e nível de concentrado energético na dieta.

Tabela 21. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas contendo Farinha de mandioca, Melão em pó, Fubá de milho e Farelo de trigo, expressas na base da matéria seca.

Item	Fonte e nível (g/kg) de concentrado energético da dieta							
	Farinha de mandioca		Melão em pó		Fubá de milho		Farelo de Trigo	
	100	300	100	300	100	300	100	300
	Proporção dos ingredientes (g/kg)							
Silagem de milho	867	666	867	665	869	671	872	681
Ureia	23	24	23	25	21	19	18	09
Sal mineral ¹	10	10	10	10	10	10	10	10
	Composição química (g/kg)							
MS	375,2	488,1	381,1	505,3	375,0	487,1	373,9	483,2
PB	118,7	105,4	116,9	116,8	117,6	118,9	118,2	118,1
EE	19,7	19,2	18,5	15,4	20,9	22,5	20,3	20,8
FDNcp	489,0	387,5	484,0	371,8	498,8	416,2	528,0	504,5
CNF	341,1	456,0	324,7	406,4	327,8	415,8	288,5	298,2

MS= matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos.

¹ Composição: 170 g de cálcio (máximo); 85 g de fósforo; 800 mg de cobre; 1650 mg ferro, 45 mg cobalto; 80 mg iodo; 1350 mg de manganês; 13 g de magnésio; 16 mg de selênio; 4000 mg de zinco; 19 g de enxofre, 113 g de sódio, 20 mg de cromo e 850 mg flúor (máximo).

Para avaliação de cada recurso alimentar proposto, foram utilizados 6 animais, em 2 períodos experimentais, com 4 repetições, em delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover* (Figura 4).

No primeiro período, para dois animais foram fornecidas dietas contendo 100 g do alimento avaliado/kg de matéria seca. Para dois animais foram fornecidas dietas contendo 300 g/kg. Para dois animais fornecidos apenas silagem de milho. No segundo período, os dois animais que antes receberam dietas com 100 g /kg, passaram a receber dietas com 300 g/kg, enquanto que os dois animais que antes receberam dietas com 300 g do alimento avaliado /kg, passaram a receber dietas com 100 g/kg. Os animais que no primeiro período receberam somente silagem de milho,

por não conter nível de substituição, continuaram a receber a mesma dieta no segundo período. Dessa forma, foi possível utilizar seis animais que representaram três níveis de substituição, com quatro repetições cada (12 unidades experimentais). Cada um dos dois períodos teve duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três de coleta.

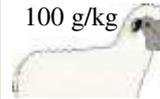
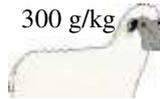
1º PERÍODO			2º PERÍODO		
Quadrado Latino		Fator Adicional	Quadrado Latino		Fator Adicional
Animal 1 100 g/kg 	Animal 2 300 g/kg 	Animal 5 Silagem 	Animal 1 300 g/kg 	Animal 2 100 g/kg 	Animal 5 Silagem 
Animal 3 300 g/kg 	Animal 4 100 g/kg 	Animal 6 Silagem 	Animal 3 100 g/kg 	Animal 4 300 g/kg 	Animal 6 Silagem 

Figura 4. Representação do delineamento quadrado latino, com reversão simples dos níveis (100 e 300 g/kg) e fator adicional (silagem de milho), em dois períodos.

As dietas foram fornecidas na quantidade média de 40 g/kg do peso corporal dos animais, de forma a permitir consumo à vontade e sobras correspondentes de 100 g/kg da quantidade fornecida, ofertadas duas vezes ao dia, às 07h00 (60 g/kg da oferta) e às 15h00 (40 g/kg da oferta). As sobras foram pesadas e amostradas diariamente.

2.4 Coleta e armazenamento das amostras

Foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente, e coletadas, de forma total, as sobras, as fezes e a urina, com auxílio de bolsas coletoras de fezes (adaptadas aos animais) e baldes coletores de urina (acoplados nas gaiolas metabólicas).

Os ingredientes das dietas foram amostrados individualmente. As sobras e fezes foram mensuradas em balança semi-analítica digital (em gramas por dia) e homogeneizadas, para confecção das amostras compostas (três dias), das quais

separou-se alíquotas de aproximadamente 100 g/kg do volume total, que foram identificadas e armazenadas a -20°C, para posterior processamento e análises laboratoriais.

A urina total, coletada no período de 24 horas, com a adição de 100 mL de H₂SO₄ a 200 mL/L, depois de mensurada em proveta graduada (em mililitros por dia), foi amostrada em uma alíquota de 100 mL, acondicionada em recipiente plástico com tampa rosqueável e armazenada a -20°C, para posterior análise laboratorial. Ao final do primeiro período experimental, todos os cordeiros foram novamente pesados, a fim de reajustar a quantidade da dieta para o segundo período.

2.5 Determinação da composição química

Todas as amostras de alimento fornecido, sobras e fezes foram descongeladas, submetidas à pré-secagem a 60 ± 5°C durante 72 horas, e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro.

As amostras foram analisadas quanto aos conteúdos de matéria seca (MS) (método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (procedimento de Kjeldahl; método INCT-CA N-001/1), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN; método INCT-CA N-004/1), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA; método INCT-CA N-005/1), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN; método INCT-CA M-002/1), cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA; método INCT-CA M-003/1), extrato etéreo (EE; procedimento de Randall; método INCT-CA G-005/1); fibra em detergente neutro, utilizando amilase termoestável, sem uso de sulfito de sódio (aFDN) corrigida para cinzas e proteína (aFDN_{cp}, método INCT-CA F-002/1), fibra em detergente ácido (FDA, método INCT-CA F-004/1) e lignina(as) determinada com solubilização da celulose em ácido sulfúrico (LIG, método INCT-CA F-005/1) conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA, Detmann *et al.*, 2012).

O conteúdo dos carboidratos não fibrosos, (CNF) expresso em g/kg na MS, foi obtido a partir dos resultados da composição química dos alimentos, sendo CNF= g/kg MO - (g/kg PB - g/kg PB derivada da ureia + g/kg de ureia) - g/kg EE - g/kg aFDN_{cp}, em que a ureia é representada em g/MS, adaptadas de Hall (2000). A fim de reduzir os erros associados à estimativa da aFDN, referentes a contaminantes,

como compostos nitrogenados e cinzas que superestimam o teor da fibra, substituiu-se nessa equação, os valores de aFDN por aFDNcp, como indicado por Detmann & Valadares Filho (2010).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir dos resultados observados das composições químicas dos alimentos, conforme equação recomendada e adaptadas de Weiss (1999), porém utilizando aFDN e CNF, corrigindo para cinza e proteína, em que $NDT = PBD + 2,25 * EED + CNFD + aFDNcpD$.

2.6 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade

Através dos registros realizados no período de coleta de dados, obteve-se pela diferença entre a quantidade fornecida e a quantidade de sobras nos comedouros, o consumo dos alimentos.

Após análise laboratorial das dietas fornecidas, sobras e fezes, foi possível estimar o coeficiente de digestibilidade das dietas, obtido através da diferença entre o consumido e o excretado, em função do consumido. Posteriormente, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, do extrato etéreo, da FDNcp e dos carboidratos não fibrosos de cada concentrado energético foram estimados a partir dos coeficientes médios de digestibilidade das dietas específicas de concentrado, por sistema de equações lineares (Silva & Leão, 1979).

2.7 Estimativa da produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

Após descongelamento e diluição das amostras de urina, foram realizadas as análises dos derivados de purinas (alantoína, xantina e hipoxantina) pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara *et al.* (1987), descrita por Chen & Gomes (1992). O ácido úrico foi estimado por meio colorimétrico, utilizando kit comercial Bionclin® (REF K057).

A excreção total de derivados de purinas (DP) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretados na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (DP, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = 0,84X + (0,150PC^{0,75e-0,25X})$$

em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas, e 0,150 a contribuição endógena para a excreção de purinas (Chen & Gomes, 1992). O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (Nmic, g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$Nmic = (70 * Pabs) / (0,83 * 0,116 * 1000)$$

em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116, a relação N purina:N total dos microrganismos ruminais (Chen & Gomes, 1992).

A ureia foi determinada por meio colorimétrico, utilizando kit comercial Bionclin® (REF K057). A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,4667.

O balanço de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi calculado com: N-retido = N ingerido (g) – N nas fezes (g) – N na urina (g).

2.8 Análise Estatística

Os quatro concentrados energéticos foram combinados em duas concentrações (100 e 300 g/kg na matéria seca), com quatro repetições para cada nível, a partir de um delineamento em reversão simples com fator adicional, cujo modelo estatístico encontra-se a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + N_j + P_k + FN_{ij} + A_{(i)l} + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = observação referente a i-ésima alimento, j-ésimo nível, k-ésimo período e l-ésimo animal dentro de alimento;

μ = média geral;

F_i = efeito relativo ao alimento i , $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

N_j = efeito relativo ao nível de substituição do alimento j , $j = 1$ e 2 ;

P_k = efeito relativo ao período k , $k = 1$ e 2 ;

FN_{ij} = efeito da interação entre alimento i e o nível de substituição do alimento j ;

$A(i)l$ = efeito relativo ao animal l , aninhado ao alimento i , $l = 1, 2, 3$ e 4 ;

e_{ijkl} = erro aleatório, associado à cada observação, pressuposto NID $(0, \sigma^2)$.

Foram realizadas análises de variância para todas as variáveis. Quando a probabilidade foi significativa ($P < 0,05$), para variáveis referentes aos níveis, aplicou-se o teste F. Para as variáveis referentes aos concentrados, quando a probabilidade foi significativa ($P < 0,05$), realizou-se o Teste Tukey. Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS Institute, 2000).

3. RESULTADOS

3.1 Consumo de nutrientes

O consumo da maioria dos nutrientes não apresentou interação entre concentrado e nível ($P > 0,05$), exceto o consumo de FDN_{cp} ($P = 0,001$; Tabela 22).

O concentrado energético não influenciou ($P > 0,624$) apenas o consumo de PB. Todos os demais nutrientes foram influenciados ($P < 0,05$) pela fonte do concentrado. Cordeiros alimentados com dietas que continham fubá de milho apresentaram maior consumo ($P < 0,001$) de MS ($\text{g/kgPC}^{0,75}$), quando comparados aos cordeiros alimentados com as demais dietas. Cordeiros alimentados com dietas contendo farelo de mandioca ou fubá de milho apresentaram maior consumo ($P > 0,05$) de MO, EE e CNF (g/dia), quando comparados aos cordeiros alimentados com melão em pó e com farelo de trigo. O consumo de NDT (g/dia) foi menor ($P = 0,003$) em cordeiros alimentados com farelo de trigo (Tabela 22).

O nível de concentrado influenciou ($P = 0,006$) apenas o consumo de CNF, em que cordeiros que recebem dietas contendo 300g/kg de concentrado, consumiram mais CNF do que cordeiros alimentados com dietas contendo 100 g/kg de concentrado energético na MS (Tabela 22).

Tabela 22. Consumo de componentes nutricionais em dietas para cordeiros, contendo concentrados energéticos em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)			Valor P		
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo	100	300	EPM	C	N	C x N
Consumo (g/dia)										
MS	578,43 ^a	533,71 ^{ab}	574,71 ^a	499,00 ^b	549,38	543,54	11,17	0,002	0,636	0,093
MO	546,94 ^a	479,82 ^b	536,46 ^a	469,41 ^b	514,32	502,00	10,93	0,001	0,310	0,074
PB	57,08	59,05	57,16	58,86	57,94	58,13	1,10	0,624	0,887	0,188
EE	13,39 ^a	8,77 ^b	13,95 ^a	10,43 ^{ab}	11,29	11,98	0,60	0,001	0,400	0,312
FDNcp	248,85	222,57	253,97	243,51	260,12	224,33	5,86	0,002	<0,001	0,001
CNF	221,49 ^a	187,02 ^b	220,78 ^a	162,85 ^b	187,47	208,58	7,44	<0,001	0,006	0,822
NDT	344,86 ^a	330,79 ^a	357,25 ^a	276,91 ^b	328,75	326,15	8,69	0,003	0,857	0,601
Consumo (g/kg PC)										
MS	24,26 ^{ab}	22,75 ^b	25,90 ^a	22,22 ^b	23,95	23,61	0,36	<0,001	0,521	0,175
FDNcp	10,18	9,46	11,49	11,02	11,38	9,69	0,26	<0,001	<0,001	0,003
Consumo (g/kg PC ^{0,75})										
MS	53,14 ^b	49,82 ^b	57,89 ^a	48,73 ^b	53,10	51,69	0,92	<0,001	0,163	0,122

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível ; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Para cordeiros alimentados com 100 g/kg de concentrado energético, os consumos de FDNcp (g/dia e g/kgPC), não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre as dietas com farinha de mandioca, melaço em pó, fubá de milho ou farelo de trigo (Tabela 23). Nas dietas com 300 g/kg de concentrado, tanto o consumo de FDNcp em g/dia, como em g/kg PC, foram maiores ($P < 0,05$) para as dietas que continham fubá de milho ou farelo de trigo (Tabela 23). Ainda, o consumo de FDNcp (g/dia e g/kgPC) pelos cordeiros que receberam as dietas com farinha de mandioca ou melaço em pó diminuiu quando ocorreu a elevação do nível de concentrado energético na dieta (Tabela 23).

Tabela 23. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados energéticos em dois níveis de substituição à silagem de milho para consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) em ovinos.

Nível (g/kg)	Fonte de concentrado energético da dieta			
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo
	FDNcp (g/dia)			
100	281,40 ^{Aa}	252,74 ^{Aa}	264,01 ^a	242,33 ^a
300	216,29 ^{Bab}	192,40 ^{Bb}	243,93 ^a	244,70 ^a
	FDNcp (g/kgPC)			
100	11,69 ^{Aa}	10,71 ^{Aa}	12,11 ^a	11,02 ^a
300	8,68 ^{Bb}	8,22 ^{Bb}	10,85 ^a	11,01 ^a

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F (P<0,05).

3.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes

A digestibilidade dos nutrientes não apresentou interação (P>0,05) entre o concentrado energético e o nível de substituição da silagem de milho (Tabela 24).

Quando avaliado apenas os concentrados energéticos utilizados, observou-se que todos os nutrientes apresentaram diferenças significativas (P<0,05). A menor digestibilidades (P<0,05) de MS, MO e PB foram apresentadas em dietas contendo farinha de mandioca. As dietas que apresentaram menor digestibilidade de EE (P<=0,002) foram as que continham melaço. No caso da FDNcp, as maiores digestibilidades (P<0,001) foram para as dietas com melaço em pó ou com farelo de trigo. O consumo de NDT não foi influenciado (P=0,287) pelo concentrado energético (Tabela 24).

A digestibilidade do CNF apresentou diferenças independentes para fonte e nível de concentrado. Cordeiros alimentados com farinha de mandioca ou farelo de trigo apresentaram maior (P<0,001) consumo de CNF, e, ainda, cordeiros alimentados com dietas contendo 300g/kg de concentrado apresentaram maior consumo de CNF (P=0,025), quando comparados aos cordeiros alimentados com apenas 100 g/kg de concentrado na dieta.

Tabela 24. Digestibilidade de componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) para cordeiros alimentados com dietas, contendo concentrados energéticos em substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo	100	300		C	N	C x N
Digestibilidade (g/dia)										
MS	55,40 ^b	64,18 ^a	63,28 ^a	64,19 ^a	60,82	62,71	0,95	0,001	0,216	0,258
MO	55,20 ^b	65,83 ^a	62,99 ^a	65,43 ^a	61,20	63,52	1,03	<0,001	0,145	0,463
PB	53,22 ^b	65,13 ^a	62,18 ^a	63,45 ^a	60,42	61,56	1,12	0,001	0,516	0,949
EE	77,78 ^a	67,56 ^b	78,13 ^a	72,82 ^{ab}	74,56	73,59	1,18	0,002	0,578	0,084
FDNcp	29,63 ^c	57,03 ^a	44,89 ^b	52,58 ^a	45,81	46,25	2,25	<0,001	0,732	0,065
CNF	83,13 ^a	75,77 ^b	86,66 ^a	81,03 ^{ab}	80,07	83,22	1,00	<0,001	0,025	0,164
NDT	57,34	60,60	61,03	61,72	59,37	60,98	0,80	0,287	0,318	0,381

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Tabela 25. Frações digestíveis, em g/kg, dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos concentrados energéticos.

Item	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo	Silagem de milho	EPM ²	Valor P
Proteína bruta	513,6 ^b	650,9 ^a	600,7 ^a	635,4 ^a	639,9 ^a	1,27	<0,001
Extrato etéreo	765,1 ^a	631,0 ^b	807,8 ^a	721,4 ^{ab}	797,9 ^a	1,61	0,001
FDNcp	322,8 ^c	575,8 ^a	426,7 ^b	525,2 ^a	552,8 ^a	1,93	<0,001
CNF	824,7 ^{ab}	753,4 ^b	866,0 ^a	811,4 ^{ab}	750,1 ^b	1,00	<0,001
NDT	788,8 ^a	559,4 ^c	795,1 ^a	635,2 ^b	595,2 ^{bc}	1,83	<0,001

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF= carboidratos não fibrosos; NDT= nutrientes digestíveis totais.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Quanto às frações digestíveis dos nutrientes (Tabela 25), a mandioca apresentou a menor fração de PB (P<0,001) e FDNcp (P<0,001). O melaço em pó apresentou menor fração de EE (P=0,001) e menor fração de CNF (P<0,001), o qual

influenciou negativamente o valor do NDT digestível (apenas 559,4 g/kg de MS). O fubá de milho e a farinha de mandioca apresentaram os maiores valores de NDT digestível ($P < 0,001$; 795,1 e 788,8 g/kg de MS, respectivamente).

3.3 Balanço de Nitrogênio

Para o nitrogênio ingerido, excretado (fezes e urina), retido ou digerido, não houve interação ($P > 0,05$) entre concentrado e nível, assim como também não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis dos concentrados nas dietas (Tabela 26).

Tabela 26. Balanço de nitrogênio de dietas para cordeiros, contendo concentrados energéticos em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo	100	300		C	N	C x N
	(g/dia)									
NI	9,13	9,45	9,15	9,42	9,27	9,30	0,18	0,624	0,887	0,188
N-fezes	4,26 ^a	3,29 ^b	3,39 ^b	3,43 ^{ab}	3,68	3,50	0,13	0,005	0,287	0,528
N-urina	0,47 ^b	2,10 ^a	1,06 ^b	1,98 ^a	1,35	1,45	0,15	<0,001	0,497	0,255
NR	4,16	4,46	4,67	4,10	4,25	4,44	0,14	0,346	0,450	0,502
ND	4,80 ^b	6,26 ^a	5,75 ^{ab}	6,02 ^{ab}	5,56	5,85	0,15	0,003	0,208	0,777
NR/NI	462,4	471,2	510,7	432,5	462,1	476,4	1,22	0,236	0,580	0,645
ND/NI	535,9 ^b	658,6 ^a	628,4 ^a	640,8 ^a	603,8	628,1	1,13	0,001	0,170	0,968

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível, NI= nitrogênio ingerido, N-fezes= nitrogênio excretado nas fezes, N-urina= nitrogênio excretado na urina, NR= nitrogênio retido e ND= nitrogênio digerido, NR/NI= nitrogênio retido em função do nitrogênio ingerido, ND/NI= nitrogênio digerido em função do nitrogênio retido.

EPM: erro padrão da média.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O nitrogênio excretado (urina e fezes) e o nitrogênio digerido foram influenciados ($P < 0,05$) pelo concentrado energético, em que cordeiros alimentados com dietas na quais continham farinha de mandioca, apresentaram maior ($P = 0,005$) excreção de nitrogênio nas fezes, do que animais alimentados com melaço em pó ou fubá de milho. Porém, animais alimentados com melaço em pó ou farelo de trigo,

apresentaram maior ($P<0,001$) excreção de nitrogênio na urina. Ainda, animais que consumiram dietas contendo melaço em pó apresentaram maior ($P=0,003$) digestão do nitrogênio, do que animais alimentados com farinha de mandioca.

Na digestão do nitrogênio, os animais alimentados com dietas que continham fubá de milho ou farelo de trigo apresentaram resultados semelhantes ($P>0,05$), tanto ao melaço em pó quanto à farinha de mandioca (Tabela 26).

3.4 Síntese de proteína microbiana

Na avaliação da síntese de derivados de purinas (Tabela 27), as purinas absorvidas, produção de nitrogênio ou proteína microbiana, e eficiência microbiana, não apresentaram interação ($P>0,05$) entre alimento e nível. Porém, houve diferença significativa ($P<0,05$) quanto à fonte de concentrado energético utilizado nas dietas, na qual cordeiros alimentados com dietas que continham melaço em pó ou farelo de trigo apresentaram maior ($P<0,001$) quantidade de purinas absorvidas, maior ($P<0,001$) produção microbiana de proteína bruta e maior ($P<0,001$) eficiência microbiana em g PB/kg de NDT, comparado aos cordeiros alimentados com dietas que continham farinha de mandioca ou fubá de milho (Tabela 27).

Tabela 27. Síntese de proteína bruta microbiana (PBM) e eficiência microbiana em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes concentrados energéticos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farinha de mandioca	Melaço em pó	Fubá de milho	Farelo de trigo	100	300		C	N	C x N
	Purinas microbianas (mmol/dia)									
Pabs	4,71 ^b	7,97 ^a	3,91 ^b	8,94 ^a	6,31	6,46	0,37	<0,001	0,792	0,757
	Produção microbiana (g N/dia)									
N mic	3,43 ^b	5,79 ^a	2,84 ^b	6,50 ^a	4,59	4,69	0,27	<0,001	0,796	0,759
PB mic	21,42 ^b	36,20 ^a	17,78 ^b	40,63 ^a	28,68	29,33	1,68	<0,001	0,793	0,757
	Eficiência microbiana (g PB/kg NDT)									
	47,65 ^b	74,52 ^a	35,20 ^b	76,96 ^a	58,24	58,93	3,46	<0,001	0,898	0,811

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; Pabs: purinas absorvidas; N mic: nitrogênio microbiano; PB mic: proteína bruta microbiana.

EPM: erro padrão da média.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

4. DISCUSSÃO

O consumo reduzido de MS para dietas com farelo de trigo, ocorreu devido à quantidade de FDNcp que possuía esse alimento, sendo 7,82 vezes maior do que o FDNcp da farinha de mandioca, e 2,97 vezes maior do que o FDNcp do fubá de milho. De acordo com Bhattar *et al.* (2017), os níveis de FDNcp podem influenciar negativamente o consumo da MS, pois a ingestão voluntária diminui como resultado do efeito físico de enchimento e repleção ruminal.

A redução do consumo de MO, EE e CNF para dietas contendo farelo de trigo, foram consequências da redução do consumo de MS. Além disso, o consumo dos CNF também foi menor, devido à sua reduzida concentração de CNF no alimento, uma vez que o farelo de trigo possuía menos CNF do que o fubá de milho e do que a farinha de mandioca.

O reduzido consumo de MO em dietas contendo melaço em pó, ocorreu porque este alimento contém aproximadamente $\frac{1}{4}$ da sua MS em forma de MM, sendo que a MO representa 742,1 g/kg na MS, 247,4 g/kg a menos que a MO presente no fubá de milho. A composição química do melaço em pó também explica o menor consumo de EE, pois continha cinco vezes menos EE do que o fubá de milho.

Durazo *et al.* (2013), ao investigarem o aumento de níveis de melaço em dietas altamente energéticas (contendo grãos de sorgo, casca e grãos de soja) para cordeiros, constataram que o consumo de MS e a densidade energética não foram afetadas pela substituição de grãos de sorgo pelo melaço, enquanto que o consumo de EE foi reduzido a medida que o melaço foi incluído.

A redução do consumo de FDNcp com o aumento do nível de oferta da farinha de mandioca e de melaço em pó, justificou-se pela baixa disponibilidade de FDNcp nesses concentrados, em comparação à quantidade de FDNcp da silagem de milho. Ou seja, quanto mais silagem de milho foi substituída por melaço em pó ou farinha de mandioca, menor a quantidade de FDNcp na dieta, reduzindo o consumo deste componente. Nesse caso, o consumo foi regulado pela densidade energética das dietas. Com redução no consumo de FDNcp e elevado consumo de CNF (amido), acredita-se que houve elevação na produção de ácidos graxos voláteis, reduzindo o pH do líquido ruminal, criando um efeito negativo para a digestão das fibras. Esse efeito pode ter sido decorrente da preferência de microrganismos por CNF, que

favoreceu o crescimento de bactérias amilolíticas em relação às bactérias fibrololíticas.

As menores digestibilidades da MS, MO, PB e FDN_{cp} em dietas que continham farelo de mandioca, provavelmente foram consequência do reduzido tamanho de partícula deste alimento, que promoveu para a dieta menor tempo de digestão ruminal. Nesse caso, entende-se que a maior parte dos carboidratos não fibrosos foi rapidamente solubilizada. No entanto, a rápida taxa de passagem implicou em menor tempo para os microrganismos ruminais realizarem a colonização e digestão dos nutrientes proteicos e fibrosos. Segundo Bhattar *et al.* (2017), a digestibilidade da MS e de seus componentes são altamente dependentes de fatores estruturais do alimento.

A menor digestibilidade do EE e CNF em dietas com melação em pó reduziu os valores de digestibilidade do NDT. Para Nicory *et al.* (2015), os CNF são completamente digeridos através do trato intestinal dos ruminantes, sendo que a redução da digestibilidade dos CNF pode estar ligada à baixa participação deste componente na dieta, ou à sua reduzida ingestão. O elevado teor de NDT do fubá de milho e da farinha de mandioca estava relacionado às elevadas frações digestíveis de EE.

A quantidade de nitrogênio ingerido pelos cordeiros não foi influenciada pelos diferentes concentrados que compunham as dietas, pois as dietas foram elaboradas para serem isoproteicas. A digestibilidade do nitrogênio foi compatível aos resultados da digestibilidade da PB, em que a farinha de mandioca apresentou o menor valor de digestibilidade de PB da dieta, maior valor de nitrogênio excretado nas fezes e, conseqüentemente, o menor valor do nitrogênio digerido. O contrário foi observado com o melação em pó, que teve a maior digestibilidade da PB da dieta, menor excreção de N nas fezes e maior valor de nitrogênio digerido (Tabela 24 e 26).

Os valores de nitrogênio excretado na urina são conseqüências da absorção do excesso de amônia, através das paredes ruminais ou intestinais. Yerradoddi *et al.* (2015), correlacionam a excreção de N na urina com o consumo de PB, e a excreção de N nas fezes com o nível de energia da dieta, em que, quanto mais energia apresentava a dieta, menos N é excretado nas fezes. Isso, provavelmente, por causa de uma melhor utilização do N em dietas com mais energia.

A maior produção e síntese de proteína microbiana apresentadas por animais que consumiram melação em pó e farelo de trigo, justificou-se pela maior

digestibilidade da FDNcp para dietas contendo esses alimentos, comparado às dietas contendo farinha de mandioca ou fubá de milho. No caso do melão em pó, que continha pouca fibra, entende-se que ocorreu maior facilidade de acesso dos microrganismos ruminais para o aproveitamento dos nutrientes, permitindo melhor sincronia entre proteína e carboidratos disponíveis no rúmen e redução das perdas de nitrogênio. No caso do farelo de trigo, o qual era o alimento mais fibroso entre os alimentos avaliados, entende-se que ocorreu maior tempo de acesso pelos microrganismos ruminais. Nejad *et al.* (2017) comenta sobre o aumento do tempo de retenção da digesta no rúmen, associado à porção fibrosa da dieta, que permite mais tempo para a degradação microbiana dos nutrientes. Nesse caso, a maior digestibilidade da FDNcp também resultou em maior acesso dos microrganismos aos nutrientes, consequentemente reduzindo também as perdas de N e melhorando a eficiência na utilização da proteína microbiana (Heinzen, 2016).

De forma geral, o fubá de milho apresentou a melhor opção de escolha como concentrado energético, devido ao seu valor nutricional. Contudo, a farinha de mandioca, o melão em pó e o farelo de trigo apresentam aproveitamento dos nutrientes compatível ao milho e, portanto, podem substituí-lo em dietas para cordeiros, resultado este que corrobora com a hipótese inicial.

A farinha de mandioca é o alimento que mais se comparou ao fubá milho, e apresentando efeito semelhante ao fubá de milho no consumo dos nutrientes, nas frações de nutrientes digestíveis, no balanço de nitrogênio e na eficiência microbiana. O melão em pó e o farelo de trigo apresentam efeitos semelhantes ao fubá de milho, para a digestibilidade dos nutrientes, digestão de nitrogênio e, ainda, permitiram maior eficiência microbiana, do que o milho e a mandioca.

Entre os níveis avaliados dos concentrados energéticos utilizados, não foi observado maior consumo e digestibilidade dos nutrientes. Tampouco, verificou-se alterações na retenção e digestão do nitrogênio ou eficiência microbiana. Portanto, parte da hipótese inicial, a qual sugeriu que o aumento do nível de concentrado energético na dieta resultaria no aumento do aproveitamento dos nutrientes, foi rejeitada.

5. CONCLUSÃO

A farinha de mandioca, o melaço em pó e o farelo de trigo são capazes de substituir o fubá de milho, sem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes e o balanço de nitrogênio em dietas para cordeiros.

Sugere-se, então, uma classificação de substituição, sendo a farinha de mandioca o alimento preferencial para substituir o fubá de milho, seguida do melaço em pó e do farelo de trigo respectivamente. A farinha de mandioca possui quantidade de NDT semelhante ao fubá de milho, sendo capaz de substituí-lo sem reduzir o consumo de nutrientes. O melaço em pó e o farelo de trigo aumentam a eficiência microbiana, em comparação ao fubá de milho. Porém o farelo de trigo aumenta também a excreção de ureia e nitrogênio urinário.

Como o aproveitamento dos nutrientes não apresentou diferença expressiva em função dos níveis de substituição, indica-se até 100 g de concentrado energético/kg na MS em substituição de silagem de milho.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. R. A.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; GUIMARÃES, V. P.; SILVA, L. V.; EVANGELISTA, M. E. S. Productive and economic performance of feedlot sheep using different protein sources in concentrate food. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, p.717-730, 2014.
- AZEVEDO, J. A. G.; SOUZA, L. L.; SALT, M. P. F. ; NASCIMENTO, L. S.; ALMEIDA, F. M.; PEREIRA, L. G. R.; SILVA, R. R.; OLIVEIRA, G. A.; FERREIRA, D. M. F.; ALMEIDA, V. V. S. Substituição do milho pela silagem de jaca em dietas para cordeiros confinados. **Semina. Ciências Agrárias (Online)**, v. 36, p. 1599-1608, 2015.
- BHATTA, R.; SARAVANAN, M.; BARUAH, L.; MALIK, P.; SAMPATH, K. Nutrient composition, rate of fermentation and *in vitro* rumen methane output from tropical feedstuffs. **The Journal of Agricultural Science**, v. 155, n. 1, p. 171-183, 2017.
- CABRAL, I. S.; AZEVEDO, J. A. G.; DE ALMEIDA, F. M.; PEREIRA, L. G. R.; DE ARAÚJO, G. G. L.; NOGUEIRA, A. S.; SOUZA, L. L.; OLIVEIRA, G. A.; DE OLIVEIRA FILHO, C. A. A. Silage or fresh by-product of peach palm as roughage in the feeding of lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 3, p. 525-531, 2015.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. **International Feed Resources Unit**, occasional publication, 1995.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.
- DURAZO, H. F.; RAMÍREZ ROMERO, R.; MICHEL-GALLEGOS, J. C.; KAWAS, J. R. Molasses level in lamb high-energy diets on productive performance, blood chemistry, liver minerals and histopathology. **Livestock Science**, v. 157, n. 1, p. 113-124, 2013.
- ELIYAHU, D.; YOSEF, E.; WEINBERG, Z. G.; HEN, Y.; NIKBACHAT, M.; SOLOMON, R.; MABJEESH, S. J.; MIRON, J. Composition, preservation and digestibility by sheep of wet by-products from the food industry. **Animal Feed Science and Technology**, v.207, n.1 p.1-9, 2015.
- FUJIIHARA, T.; ØRSKOV, E. R.; REEDS, P. J; KYLE, D. J. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **The Journal of Agricultural Science**, v. 109, n. 01, p. 7-12, 1987.

FURTADO, R. N.; CARNEIRO, M. S. S.; CÂNDIDO, M. J. D.; GOMES, F. H. T.; ROGÉRIO, M. C. P.; SILVA, D. S. Nitrogen balance and ruminal assessment in male and female sheeps fed rations containing castor cake under different treatments, **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3237-3248, 2014.

GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO, M. O; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciência da Amazônia** v.3, n.1 p.93-104, 2014.

GOBINDRAM, M. N. N. E.; BOGNANNO, M.; LUCIANO, G.; AVONDO, M.; PICCIONE, G.; BIONDI, L.. The effects of barley replacement by dehydrated citrus pulp on feed intake, performance, feeding behaviour and serum metabolic indicators in lambs. **Animal Production Science**, v. 57, n. 1, p. 133-140, 2017.

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e Alimentação Animal**. UFGD, 2013. 80p.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. p.A25-A32. Gainesville: University of Florida, 2000.

HEINZEN, E. L. Variáveis nutricionais e fisiológicas de ovinos da raça Morada Nova de diferentes classes sexuais submetidos à restrição alimentar. Dissertação (Mestrado) - **Universidade Federal do Ceará**, Centro de Ciências, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Fortaleza-CE, 2016.

INTHAPANYA, S.; PRESTON, T. R.; LENG, R. A. Ensiled brewers grains increased feed intake, digestibility and N retention in cattle fed ensiled cassava root, urea and rice straw with fresh cassava foliage or water spinach as main source of protein. **Livestock Research for Rural Development**, v.28, n .2, 2017.

LOURENSI, L. I.; CORREA, G. F.; LOPES, P. R. S.; FERREIRA, M. S.; MADRUGA, A. M.; DE OLIVEIRA, M. G. Produção de ovinos suplementados com farelo de arroz integral para elaboração de derivados. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 2, 2016.

NEJAD, J. G; OSKOUIAN, E; KIM, B. W; LEE, B. H; SUNG, K. I. et al. Microbial nitrogen production, nitrogen balance and excretion of urinary purine derivatives in Corriedale ewes under water deprivation. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 2, p. 517-527, 2017.

NICORY, I. M. C.; CARVALHO, G. G. P DE.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, S. A.; DA SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; LOPES, L. S. C.; SOUZA, F. N. C.; DE FREITAS JR, J. E. Productive and metabolic parameters in lambs fed diets with castor seed meal. **Livestock Science**, v.181, n.1, p.171-179, 2015.

OLIVEIRA, M. A.; ALVES, S. P.; SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J. B. Effect of dietary starch level and its rumen degradability on lamb meat fatty acid composition. **Meat Science**, v.123, n.1, p.166-172, 2017.

OLIVEIRA, M. V.; FERREIRA, I. C.; MACEDO JUNIOR, G. L.; SOUSA, L. F.; SOUSA, J. T. L.; SANTOS, R. P. Nutrients intake and digestibility of palm kernel cake in sheep diet, **Ciencia Animal brasileira**. v.16, n.2, p.179-192, 2015.

SEIXAS, A. T.; CABRAL, I. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; ALMEIDA, F. M.; PIMENTEL, M. J. P.; LIMA, R. F.; ALVES, G. H. B.; NASCIMENTOS, L. S. Determinação da excreção fecal de matéria seca com utilização do marcador interno FDAi em 2 ou 5 dias de coleta de fezes. **In: XXV Congresso brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC, 2015**. Fortaleza, CE. Anais (on-line). Disponível em: <http://sis.gnius.com.br/uploads/zootec2015/documentos/db68982488a59d9486fa62a42844c2865c0f9ab3.pdf> Acesso em 17/05/2017.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba, São Paulo: Livro Ceres, 1979.

TUFARELLI, V; KHAN, R. U.; LAUDADIO, V. Feeding of wheat middlings in lamb total mixed rations: Effects on growth performance and carcass traits. **Animal Feed Science and Technology**. v.170, n.1, p.130-135, 2011.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell nutrition conference for feed manufacturers**, 61. Ithaca: Cornell University, p.176-185. 1999.

YERRADODDI, R. R., KHAN A. A.; MALLAMPALLI, S. R.; DEVULAPALLI, R.; KODUKULA, P.; BLÜMMEL, M. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, n.1, p.743-749, 2015.

CAPÍTULO IV: CONCENTRADOS PROTEICOS E SEUS EFEITOS SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E VALOR ENERGÉTICO EM DIETAS PARA CORDEIROS

Resumo: O foco principal deste trabalho foi verificar a existência de concentrados proteicos com o mesmo valor nutricional do farelo de soja em dietas para cordeiros. Considerou-se que alimentos, como a torta de algodão, o farelo de glúten de milho e o farelo de mamona, poderiam apresentar estas características. Foram avaliadas as composições químicas desses alimentares, e seus efeitos, na substituição da silagem de milho por dois níveis (100 e 300 g/kg) destes concentrados. Avaliou-se o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais (NDT). Foram utilizados 18 cordeiros no total. Para avaliação de cada alimento, utilizou-se 4 animais, realizando 2 períodos experimentais, com 2 níveis de oferta do alimento em estudo (100 e 300 g/kg) e, outros 2 animais comuns ao estudo de todos alimentos avaliados, alimentados apenas com silagem de milho. O delineamento foi definido como inteiramente casualizado em sistema *Crossover*. Identificou-se que a torta de algodão foi o alimento no qual mais se aproximou do farelo de soja para o consumo e digestibilidade dos nutrientes, para as frações digestíveis do NDT, para o balanço de nitrogênio e para a eficiência microbiana. O farelo de glúten de milho foi semelhante ao farelo de soja no consumo e digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio, e inferior ao farelo de soja na eficiência microbiana. O farelo de mamona apresentou efeitos semelhantes ao farelo de soja, para o consumo dos nutrientes, para o balanço de nitrogênio e para a eficiência microbiana, apresentando menor digestibilidade do NDT em relação ao farelo de soja. Portanto, o farelo de soja, a torta de algodão, o farelo de glúten de milho e o farelo de mamona proporcionaram aproveitamento dos nutrientes como concentrados proteicos, e indica-se a utilização de até 100 g de farelo de soja em substituição a silagem de milho, e até 300g torta de algodão, farelo de glúten de milho ou farelo de mamona em substituição a silagem de milho na dieta para cordeiros.

Palavras-chave: nutrição animal, ovinos, resíduo, subprodutos.

Abstract: The main focus of this work was to verify the existence of protein concentrates with the same nutritional value of soybean meal in lamb diets. It was considered that foods, such as cotton pie, maize gluten meal and castor bean meal, could present these characteristics. The chemical compositions of these foods and their effects on the substitution of corn silage for two levels (100 and 300 g / kg) of these concentrates were evaluated. Consumption, nutrient digestibility, nitrogen balance and microbial protein synthesis, as well as the prediction of total digestible and total digestible nutrients (NDT) were evaluated. Eighteen lambs were used in total. For the evaluation of each food, 4 animals were used, performing 2 experimental periods, with 2 levels of supply of the food under study (100 and 300 g / kg), and 2 other animals common to the study of all evaluated foods, fed only with corn silage. The design was defined as a completely randomized Crossover system. It was identified that the cotton cake was the food in which it approached the soybean meal for the consumption and digestibility of the nutrients, for the digestible fractions of the NDT, for the nitrogen balance and for the microbial efficiency. Corn gluten meal was similar to soybean meal in the consumption and nutrient digestibility and nitrogen balance, and lower than soybean meal in microbial efficiency. Castor meal presented similar effects to soybean meal, nutrient consumption, nitrogen balance and microbial efficiency, presenting lower NDT digestibility in relation to soybean meal. Therefore, soybean meal, cottonseed meal, corn gluten meal and castor bean provided nutrients as protein concentrates, and the use of up to 100 g of soybean meal in place of soybean meal is indicated. corn, and up to 300g cotton pie, corn gluten meal or castor bean meal replacing corn silage in the diet for lambs.

Key-words: animal nutrition, sheep, residue, by-products.

1. INTRODUÇÃO

Alimentos caracterizados como resíduo ou subproduto da agroindústria podem ser utilizados na composição de dietas de ruminantes como concentrados proteicos. Porém, a multiplicidade na composição nutricional destes alimentos dificulta sua utilização na alimentação animal, pois ocorre variação de acordo com a qualidade da matéria prima e do processamento pelo qual são obtidos (Azevêdo, *et al.*, 2011; Penz Junior & Bruno, 2011).

Para a utilização eficiente dos alimentos, é necessário conhecer a possível contribuição nutricional do alimento, a partir do estudo de suas composições químicas, definição do seu valor nutritivo e valor energético, bem como avaliação da resposta animal quanto ao aproveitamento dos nutrientes que compõem o alimento. Nesse contexto, existem trabalhos que comparam alimentos concentrados, visando substituir parcialmente as fontes proteicas de uma dieta (Goes *et al.*, 2013; Andrade *et al.*, 2014; Furtado *et al.*, 2014; Medeiros *et al.*; 2015; Eliyahu *et al.*, 2015). Sobretudo, a produção de trabalhos nesta temática ainda se faz necessária.

A torta de algodão, o farelo de glúten de milho, o farelo de mamona e o farelo de soja são alimentos concentrados proteicos possíveis de serem utilizados para alimentação animal. A torta de algodão (*Gossypium hirsutum*), subproduto da produção de óleo, possui alta disponibilidade, e apresenta 22% de PB na MS com alta densidade energética, em função dos níveis de extrato etéreo que variam entre 20 a 23% na MS; proteína de alta degradabilidade ruminal (72-77%); e ainda celulose isenta de lignina, sendo totalmente degradado no rúmen (Moreira, 2008; Medeiros *et al.*; 2015). O farelo de glúten de milho (*Zea mays*) é composto pela porção fibrosa do grão de milho, parte do germén, parte do glúten e reduzidas frações de amido e proteínas solúveis (Goes *et al.*, 2013). Este alimento possui 23% de PB na MS, sendo que 48% desta PB possui degradação extremamente rápida no rúmen (proteína solúvel). As fibras também são de rápida e elevada digestibilidade. No entanto, sabe-se que esse subproduto não é muito palatável (levemente ácido e azedo; NTF Alliance, 2011).

O farelo de mamona (*Ricinus communis*) é um resíduo da produção do biodiesel, no qual o rendimento de óleo de mamona e de farelo de mamona no processamento das sementes é de 50% óleo e 50% farelo (Beltrão, 2002). O farelo da mamona possui teor de proteína equivalente ao do farelo de soja (40,69% e 48,71%,

respectivamente), podendo ser uma boa alternativa de substituição (Beltrão, 2002). O farelo de soja (*Glycine Max*) é um alimento tradicional, de alta disponibilidade, sendo a fonte proteica mais utilizada no mundo. Possui 45% de PB na matéria natural, e menos de 7% de fibras, além de ser rica em aminoácidos essenciais (Goes *et al.*, 2013).

Nesse sentido, esta pesquisa aborda as características químicas e nutricionais de alimentos tradicionais e alternativos (subprodutos e resíduos industriais), classificados como proteicos, identificando a composição dos alimentos, o aproveitamento de seus nutrientes, e suas possíveis contribuições para a nutrição e alimentação de cordeiros em crescimento.

Tem-se como hipótese de que o farelo de soja é a melhor opção de concentrado proteico para dietas de cordeiros. Contudo, podem existir outras opções com compatível característica nutricionais para o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais. Também se tem como hipótese de que quanto maior a proporção de substituição de volumoso por concentrado proteico, maior será o consumo de nutrientes, e melhor será o aproveitamento desses nutrientes pelos cordeiros.

Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da fonte (torta de algodão, farelo de mamona, farelo de glúten de milho e farelo de soja) e do nível (100 e 300 g/kg) de concentrados proteicos na dieta de cordeiros, em substituição parcial a silagem de milho, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Princípios éticos da experimentação animal

Esta pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre as pesquisas com o uso de animais, e aprovada, sob protocolo 95/2015 pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, localizada em Ilhéus.

2.2 Local e alimentos utilizados

A pesquisa experimental foi realizada na Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, em Ilhéus, Bahia. A coleta das amostras e o processamento dos alimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes – LaPNAR, e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal – LabNut.

Os concentrados proteicos foi a torta de algodão (*Gossypium hirsutum*), o farelo de mamona (*Ricinus communis*), o farelo de glúten de milho (*Zea mays*) e o farelo de soja (*Glycine Max*). Todos os concentrados foram adquiridos em lojas agropecuárias nas proximidades de Ilhéus-BA, no período de safra. Além disso, utilizou-se a silagem de milho como alimento padrão. A composição química desses alimentos encontra-se na Tabela 29.

Tabela 28. Composição química dos concentrados proteicos avaliados e da silagem de milho.

Item	Torta de Algodão	Farelo de Glúten de Milho	Farelo de Mamona	Farelo de Soja	Silagem de Milho
MS ¹	929,9	844,7	863,5	890,6	274,9
MO ²	958,2	928,7	921,6	931,3	964,5
PB ²	215,9	230,7	384,2	495,2	66,2
PIDN ³	44,8	43,7	107,6	75,5	09,7
PIDA ³	18,5	1,3	19,7	20,2	03,0
EE ²	94,2	30,5	38,3	19,8	23,4
FDNcp ²	472,3	450,0	425,2	94,4	526,3
CNF ²	175,8	217,6	73,8	391,9	293,2
FDA ²	310,8	95,5	321,6	64,9	252,9
LIG ²	80,1	5,6	210,9	1,9	33,0

¹ g/kg, ² g/kg na MS, ³ g/kg na PB

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos, FDA = fibra em detergente ácido e LIG = lignina.

2.3 Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizados 18 cordeiros, não castrados, com aproximadamente 180 dias, e com peso corporal (PC) médio inicial de $23\text{kg} \pm 5,5 \text{ kg}$. Antes do início do experimento, todos os animais foram identificados e medicados contra endo e ectoparasitas. Após a primeira pesagem, realizou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada dieta experimental.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, em local coberto, protegido de chuva e irradiação solar direta, arejado e de fácil higienização. Foram alojados em gaiolas metabólicas individuais de $0,96 \text{ m}^2$, com piso ripado e suspenso a 1 m do solo, providas de comedouro e bebedouro de polietileno.

Tabela 29: Proporção dos ingredientes e composição química das dietas com 100 ou 300 g/kg de substituição de silagem de milho por concentrado proteico, expressas na base da matéria seca.

Item	Fonte e nível (g/kg) de concentrado proteico na dieta							
	Torta de algodão		Farelo de glúten de milho		Farelo de mamona		Farelo de Soja	
	100	300	100	300	100	300	100	300
	Proporção dos ingredientes (g/kg)							
Silagem	874	685	874	687	880	677	884	690
Ureia	16	5	16	3	10	00	06	00
Sal mineral ¹	10	10	10	10	10	10	10	10
	Composição química (g/kg)							
MS	377,1	494,1	372,4	479,8	376,3	482,1	380,3	486,6
PB	116,4	118,0	117,9	116,9	116,8	117,2	116,9	116,8
EE	27,5	42,4	21,1	23,4	22,0	25,5	20,3	19,7
FDNcp	534,8	523,9	532,6	518,3	533,5	505,3	502,6	399,9
CNF	273,8	253,6	278,0	266,7	265,4	220,3	298,4	312,8

MS= matéria seca; PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína e CNF = carboidratos não fibrosos.

¹ Composição: 170 g de cálcio (máximo); 85 g de fósforo; 800 mg de cobre; 1650 mg ferro, 45 mg cobalto; 80 mg iodo; 1350 mg de manganês; 13 g de magnésio; 16 mg de selênio; 4000 mg de zinco; 19 g de enxofre, 113 g de sódio, 20 mg de cromo e 850 mg flúor (máximo).

As dietas experimentais foram calculadas para conter 100 ou 300 g/kg dos concentrados proteicos na base da MS, silagem de milho e mistura ureia/sulfato de

amônio (9:1), para que as rações se mantivessem isoproteicas (Tabela 30). Cada dieta experimental foi representada por uma fonte e nível de concentrado proteico na dieta.

Para avaliação de cada recurso alimentar proposto, foram utilizados 6 animais, em 2 períodos experimentais, com 4 repetições, em delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover* (Figura 5).

No primeiro período, para dois animais foram fornecidas dietas contendo 100 g do alimento avaliado/kg de matéria seca, para dois animais foram fornecidas dietas contendo 300 g/kg, e para dois animais fornecidos apenas silagem de milho. No segundo período, os dois animais, que antes receberam dietas com 100 g do alimento avaliado /kg, passaram a receber dietas com 300 g/kg, enquanto que os dois animais que antes receberam dietas com 300g do alimento avaliado /kg, passaram a receber dietas com 100 g do alimento avaliado /kg.

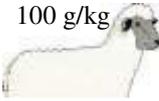
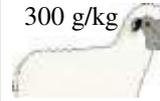
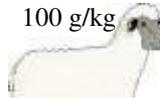
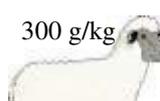
1º PERÍODO			2º PERÍODO		
Quadrado Latino		Fator Adicional	Quadrado Latino		Fator Adicional
Animal 1 100 g/kg 	Animal 2 300 g/kg 	Animal 5 Silagem 	Animal 1 300 g/kg 	Animal 2 100 g/kg 	Animal 5 Silagem 
Animal 3 300 g/kg 	Animal 4 100 g/kg 	Animal 6 Silagem 	Animal 3 100 g/kg 	Animal 4 300 g/kg 	Animal 6 Silagem 

Figura 5. Representação do delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover*.

Os animais que no primeiro período receberam somente silagem de milho, por não conter nível, continuaram a receber a mesma dieta no segundo período. Dessa forma, foi possível utilizar seis animais que representaram três níveis de substituição, com quatro repetições cada (12 unidades experimentais). Cada um dos dois períodos teve duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três de coleta.

As dietas foram fornecidas na quantidade média de 40 g/kg do peso corporal dos animais, de forma a permitir consumo à vontade e sobras correspondentes de 100 g/kg da quantidade fornecida, ofertadas duas vezes ao dia, às 07h00 (60 g/kg da

oferta) e às 15h00 (40 g/kg da oferta). As sobras foram pesadas e amostradas diariamente.

2.4 Coleta e armazenamento das amostras

Foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente e, também, foram coletadas de forma total as sobras, as fezes e a urina, com auxílio de bolsas coletoras para fezes adaptadas aos animais e baldes coletores para urina, acoplados nas gaiolas metabólicas.

Os ingredientes da dieta foram amostrados individualmente. As sobras e as fezes foram mensuradas em balança semi-analítica digital (em gramas por dia) e homogeneizadas, para confecção das amostras compostas (três dias), das quais separou-se alíquotas de aproximadamente 100 g/kg do volume total, que foram identificadas e armazenadas a -20°C para posterior processamento e futuras análises laboratoriais.

A urina total, coletada no período de 24 horas, com a adição de 100 mL de H₂SO₄ a 200 mL/L, depois de mensurada em proveta graduada (em mililitros por dia), foi amostrada em uma alíquota de 100 mL, acondicionada em recipiente plástico com tampa rosqueável e armazenada a -20°C, para posterior análise laboratorial. Ao final do primeiro período experimental, todos os cordeiros foram novamente pesados, a fim de reajustar a quantidade da dieta para o segundo período.

2.5 Determinação da composição química

Todas as amostras de alimento fornecido, as sobras e as fezes foram descongeladas, submetidas à pré-secagem a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 72 horas, e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises laboratoriais.

As amostras foram analisadas quanto aos conteúdos de matéria seca (MS) (método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (procedimento de Kjeldahl; método INCT-CA N-001/1), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN; método INCT-CA N-004/1), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA; método INCT-CA N-005/1), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN; método INCT-CA M-002/1), cinzas insolúveis em

detergente ácido (CIDA; método INCT-CA M-003/1), extrato etéreo (EE; procedimento de Randall; método INCT-CA G-005/1); fibra em detergente neutro utilizando amilase termoestável, sem uso de sulfito de sódio (aFDN) corrigida para cinzas e proteína (aFDNcp, método INCT-CA F-002/1), fibra em detergente ácido (FDA, método INCT-CA F-004/1) e lignina(as) determinada com solubilização da celulose em ácido sulfúrico (LIG, método INCT-CA F-005/1), conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA, Detmann *et al.*, 2012).

O conteúdo dos carboidratos não fibrosos (CNF) expresso em g/kg na MS foi obtido a partir dos resultados da composição química dos alimentos, sendo $CNF = g/kg\ MO - (g/kg\ PB - g/kg\ PB\ derivada\ da\ ureia + g/kg\ de\ ureia) - g/kg\ EE - g/kg\ aFDNcp$, em que a ureia é representada em g/MS, adaptadas de Hall (2000). A fim de reduzir os erros associados à estimativa da aFDN, referentes a contaminantes, como compostos nitrogenados e cinzas que superestimam o teor da fibra, substituiu-se nesta equação, os valores de aFDN por aFDNcp, como indicado por Detmann & Valadares Filho (2010).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir dos resultados observados das composições químicas dos alimentos, conforme equações recomendada e adaptadas de Weiss (1999). Porém, utilizando aFDN e CNF, corrigindo para cinza e proteína, em que $NDT = PBD + 2,25 * EED + CNFD + aFDNcpD$.

2.6 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade

Através dos registros realizados no período de coleta de dados, obteve-se o consumo dos alimentos pela diferença entre a quantidade fornecida e a quantidade de sobras nos comedouros. Após análise laboratorial das dietas fornecidas, das sobras e das fezes, foi possível estimar o coeficiente de digestibilidade das dietas, obtido através da diferença entre o consumido e o excretado, em função do consumido. Posteriormente, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, do extrato etéreo, da FDNcp e dos carboidratos não fibrosos de cada concentrado proteico, foram estimados a partir dos coeficientes médios de digestibilidade das dietas específicas de concentrado, por sistema de equações lineares (Silva & Leão, 1979).

2.7 Estimativa da produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

Após descongelamento e diluição das amostras de urina, foram realizadas as análises dos derivados de purinas (alantoína, xantina e hipoxantina), pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara *et al.* (1987), descrita por Chen & Gomes (1992). O ácido úrico foi estimado por meio calorimétrico, utilizando kit comercial.

A excreção total de derivados de purinas (DP) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretados na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (DP, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = 0,84X + (0,150PC^{0,75e-0,25X})$$

em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e 0,150 a contribuição endógena para a excreção de purinas (Chen & Gomes, 1992). O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (Nmic, g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$Nmic = (70 * Pabs) / (0,83 * 0,116 * 1000)$$

em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116, a relação N purina:N total dos microrganismos ruminais (Chen & Gomes, 1992).

A ureia foi determinada por meio colorimétrico, utilizando kit comercial Bionclin® (REF K057). A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,4667.

O balanço de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi calculado com: N-retido = N ingerido (g) – N nas fezes (g) – N na urina (g).

2.8 Análise estatística

Os quatro concentrados proteicos foram combinados em duas concentrações (100 e 300 g/kg na matéria seca), com quatro repetições para cada nível, a partir de um delineamento em reversão simples com fator adicional, cujo modelo estatístico encontra-se a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + N_j + P_k + FN_{ij} + A(i)l + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = observação referente a i -ésima alimento, j -ésimo nível, k -ésimo período e l -ésimo animal dentro de alimento;

μ = média geral;

F_i = efeito relativo ao alimento i , $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

N_j = efeito relativo ao nível de substituição do alimento j , $j = 1$ e 2 ;

P_k = efeito relativo ao período k , $k = 1$ e 2 ;

FN_{ij} = efeito da interação entre alimento i e o nível de substituição do alimento j ;

$A(i)l$ = efeito relativo ao animal l , aninhado ao alimento i , $l = 1, 2, 3$ e 4 ;

e_{ijkl} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID $(0, \sigma^2)$.

Foram realizadas análises de variância para todas as variáveis. Quando a probabilidade foi significativa ($P < 0,05$). Para variáveis referentes aos níveis, aplicou-se o teste F. Para as variáveis referentes aos concentrados. Quando a probabilidade foi significativa ($P < 0,05$), realizou-se o Teste Tukey. Os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do programa *Statistical Analysis System* versão 9.0.

3. RESULTADOS

3.1 Consumo de nutrientes

Foi verificado interação entre a fonte e o nível do concentrado proteico na dieta para o consumo de EE ($P = 0,011$), CNF ($P = < 0,001$) e FDNcp ($P = 0,003$; Tabela 31). O consumo de EE (g/dia) aumentou ($P < 0,05$) com a elevação do nível de torta de algodão de 100 g/kg para 300 g/kg nas dietas (Tabela 32).

Tabela 30. Consumo de componentes nutricionais em dietas para cordeiros, contendo concentrados proteicos em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Torta de algodão	Farelo de glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja	100	300		C	N	C x N
Consumo (g/dia)										
MS	579,37 ^b	624,21 ^a	643,10 ^a	527,48 ^c	605,50	581,58	17,61	<0,001	0,001	0,751
MO	543,01 ^b	590,62 ^a	574,53 ^a	482,46 ^c	564,06	531,39	15,73	<0,001	<,001	0,597
PB	67,85 ^a	63,93 ^b	62,35 ^b	62,50 ^b	64,37	63,94	1,27	0,001	0,622	0,082
EE	20,27	17,50	13,50	11,26	14,57	16,69	0,98	0,001	0,052	0,011
FDNcp	293,24	314,27	323,01	231,32	304,91	276,61	11,31	<0,001	<0,001	0,003
CNF	166,45	195,99	176,15	185,64	183,78	178,33	4,61	<0,001	0,033	<0,001
NDT	366,85	385,54	351,63	338,25	359,59	361,54	10,32	0,096	0,871	0,622
Consumo (g/kg PC)										
MS	24,82 ^b	25,89 ^{ab}	26,69 ^a	22,65 ^c	25,35	24,68	0,31	<0,001	0,302	0,316
FDNcp	12,61	13,02	13,10	9,82	12,73	11,69	0,29	<0,001	<0,001	<0,001
Consumo (g/kg PC ^{0,75})										
MS	54,62 ^b	57,09 ^{ab}	58,86 ^a	49,99 ^c	55,89	54,40	0,86	<0,001	0,030	0,315

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível ; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Quando os concentrados proteicos foram ofertados em 100 g/kg da dieta, o consumo de FDNcp (g/dia e g/kg PC) foi maior (P<0,05) para dietas com farelo de glúten de milho e torta de mamona, e menor (P<0,05) para dietas com soja. Quando ofertado 300 g de concentrado na dieta /kg, o consumo de FDNcp (g/dia e g/kg PC) nas dietas com farelo de glúten de milho e farelo de soja reduziu (P<0,05). Com a oferta de 300 g/kg, o menor (P<0,05) consumos de FDNcp (g/kg PC) foram das dietas que continham farelo de soja (Tabela 32).

O consumo de CNF, quando ofertado 100 g de concentrado /kg, foi maior (P<0,05) para cordeiros alimentados com dietas, contendo farelo de glúten de milho ou farelo de mamona. Entretanto, quando ofertado 300 g de concentrado /kg, houve redução do consumo de CNF (P<0,05) em dietas contendo farelo de mamona, e

elevação do consumo de CNF ($P<0,05$), em dietas contendo farelo de soja. Nesse caso, o consumo de CNF, quando ofertado 300 g de concentrado /kg, foi maior ($P<0,05$) para cordeiros alimentados com dietas contendo farelo de glúten de milho ou farelo de soja (Tabela 32).

O consumo de MS, MO e PB foi influenciado ($P<0,001$; $P<0,001$ e $P=0,0012$ respectivamente), pela fonte de concentrado proteico utilizado na dieta. O consumo de MS (g/dia; g/kg PC e g/kgPC^{0,75}) e MO (g/dia) foram maiores ($P<0,001$) para dietas contendo farelo de glúten de milho ou farelo de mamona, em comparação à torta de algodão e ao farelo de soja. O consumo de PB (g/dia) foi maior ($P=0,001$) em cordeiros alimentados com dietas contendo torta de algodão (Tabela 31).

Tabela 31. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados proteicos em dois níveis de substituição à silagem de milho, para consumo de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não fibrosos (CNF) em cordeiros.

Nível (g/kg)	Fonte de concentrado proteico na dieta			
	Torta de algodão	Farelo de glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja
Consumo de extrato etéreo (g/dia)				
100	15,72 ^{Ba}	17,33 ^a	13,36 ^a	11,88 ^a
300	24,81 ^{Aa}	17,68 ^b	13,63 ^b	10,63 ^b
CFDNcp (g/dia)				
100	303,45 ^b	328,33 ^{Aa}	329,56 ^a	255,51 ^{Ac}
300	282,63 ^b	300,22 ^{Bab}	316,46 ^a	207,13 ^{Bc}
Consumo de carboidratos não fibrosos (g/dia)				
00	173,41 ^b	200,16 ^a	193,43 ^{Aa}	168,13 ^{Bb}
300	159,50 ^b	191,82 ^a	158,87 ^{Bb}	203,15 ^{Aa}
CFDNcp (g/kg PC)				
100	12,59 ^b	13,57 ^{Aab}	13,72 ^a	11,05 ^{Ac}
300	12,63 ^a	12,47 ^{Ba}	13,09 ^a	8,59 ^{Bb}

FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas;
Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F ($P<0,05$).

O nível de substituição de silagem de milho por concentrado foi significativo ($P<0,05$) para o consumo de MS ($P=0,001$) e MO ($P<0,001$). Quando ofertado 100 g

de concentrado /kg, o consumo dessas frações foi maior em comparação à oferta de 300 g/kg. O consumo de NDT foi o mesmo para todos os concentrados proteicos avaliados, independente da fonte ($P=0,096$) ou do nível ($P=0,871$) utilizado (Tabela 31).

3.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes

Foi verificada interação ($P=0,009$) entre a fonte e o nível de concentrado proteico na dieta, apenas para a digestibilidade da FDNcp (g/dia) (Tabela 33), em que, quando ofertado 100 g de concentrado /kg, dietas contendo farelo de mamona apresentaram menor ($P<0,05$) digestibilidade da FDNcp, comparado às dietas contendo torta de algodão, farelo de glúten de milho ou farelo de soja. Entretanto, quando foi ofertada 300 g de farelo de mamona /kg na dieta, observou-se um aumento ($P<0,05$) na digestibilidade do farelo de mamona, igualando ($P>0,05$) a digestibilidade da FDNcp do farelo de mamona às demais dietas (Tabela 34).

Tabela 32. Digestibilidade de componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) de cordeiros alimentados com dietas contendo concentrados proteicos em substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Torta de algodão	Farelo glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja	100	300		C	N	C x N
	Digestibilidade (g/dia)									
MS	62,00	62,09	61,17	67,07	61,23	64,94	1,12	0,294	0,088	0,182
MO	62,88	62,79	60,18	69,56	62,59	65,26	1,14	0,056	0,188	0,304
PB	65,34 ^a	58,43 ^b	59,12 ^b	61,19 ^{ab}	61,06	60,98	0,97	0,039	0,960	0,119
EE	81,65 ^{ab}	85,66 ^a	77,56 ^{bc}	72,75 ^c	77,57	81,23	1,24	0,001	0,059	0,430
FDNcp	53,05	51,17	45,57	62,87	51,78	54,55	1,69	0,004	0,233	0,009
CNF	80,82	84,57	80,46	84,58	82,46	82,75	0,88	0,203	0,871	0,385
NDT	63,29 ^a	62,04 ^{ab}	55,12 ^b	67,17 ^a	61,27	62,54	1,13	0,005	0,504	0,964

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

Os concentrados proteicos ofertados apresentaram diferença significativa para a digestibilidade de PB, EE e NDT. A digestibilidade da PB foi maior ($P=0,039$) para dietas contendo torta de algodão e farelo de soja, enquanto que a digestibilidade do EE foi maior ($P=0,001$) para dietas que continham torta de algodão ou farelo de glúten de milho. O NDT foi menor ($P=0,005$) para as dietas que continham farelo de mamona, comparado às dietas que continham torta de algodão ou farelo de soja (Tabela 33).

O nível de substituição de silagem de milho por concentrado não foi significativo ($P>0,05$) para a digestibilidade dos nutrientes (Tabela 33).

Tabela 33. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados proteicos para a digestibilidade da fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) em cordeiros.

Nível (g/kg)	Fonte de concentrado proteico na dieta			
	Torta de algodão	Farelo de glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja
	Digestibilidade da FDNcp (g/dia)			
100	56,96 ^a	50,70 ^{ab}	37,25 ^{Bb}	62,22 ^a
300	49,13 ^a	51,64 ^a	53,90 ^{Aa}	63,51 ^a

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para proteínas e cinzas;

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F ($P<0,05$).

Em relação às frações digestíveis dos nutrientes (Tabela 35), o farelo de soja revelou os maiores coeficientes para a digestibilidade da PB e FDNcp, assim como o maior NDT (770,2 g/kg). Não houve diferença ($P>0,05$) de EE digestível e FDNcp digestível entre os alimentos avaliados.

O farelo de glúten de milho apresentou menor fração de PB digestível ($P=0,009$) e maior fração de CNF ($P=0,029$), comparado ao farelo de soja. Os demais alimentos foram semelhantes ($P>0,05$), tanto ao farelo de glúten de milho quanto ao farelo de soja. O NDT digestível encontrado para o farelo de soja foi semelhante ($P>0,05$) ao encontrado para a torta de algodão. Ambos maiores ($P<0,001$) do que o NDT digestível do farelo de glúten de milho e do farelo de mamona (Tabela 35).

Tabela 34. Frações digestíveis, em g/kg, dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) dos concentrados proteicos.

Item	Torta de algodão	Farelo de glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja	Silagem de milho	EPM	Valor P
Proteína bruta	643,6 ^{ab}	571,4 ^b	653,1 ^{ab}	738,1 ^a	639,9 ^{ab}	1,61	0,009
Extrato etéreo	820,7	770,3	817,1	714,8	797,9	1,38	0,544
FDNcp	511,6	448,5	513,5	551,7	552,8	1,45	0,142
CNF	807,0 ^{ab}	855,5 ^a	787,7 ^{ab}	814,1 ^{ab}	750,1 ^b	0,99	0,029
NDT	696,4 ^{ab}	572,6 ^c	597,9 ^c	711,5 ^a	595,2 ^{bc}	1,34	<0,001

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF= carboidratos não fibrosos; NDT= nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

3.3 Balanço de Nitrogênio

Houve interação ($P < 0,05$) entre a fonte e o nível de concentrado proteico na dieta para o nitrogênio ingerido ($P = 0,048$), excretado na urina ($P < 0,001$), nitrogênio retido ($P < 0,001$) e nitrogênio retido em função do digerido ($P < 0,001$; Tabela 36).

Em dietas contendo 100 g de concentrado/Kg, observou-se maior ($P < 0,05$) ingestão de nitrogênio e maior ($P < 0,05$) excreção urinária de nitrogênio para dietas contendo torta de algodão e farelo de soja. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os alimentos para nitrogênio retido, e nitrogênio retido em função do digerido. Porém, quando as dietas foram ofertadas com 300g de concentrado/kg, houve aumento ($P < 0,05$) do nitrogênio excretado na urina, para dietas contendo farelo de mamona e farelo de soja,. Houve, ainda, redução no nitrogênio retido em função do digerido para dietas contendo soja, quando comparado à oferta de 100 g/kg (Tabela 37).

Nas dietas contendo 300 g de concentrado por/kg, houve maior ($P < 0,05$) ingestão de nitrogênio, para dietas contendo torta de algodão e farelo de glúten de milho. Maior ($P < 0,05$) excreção de nitrogênio na urina, para dietas contendo farelo de soja, e maior ($P < 0,05$) quantidade de nitrogênio retido e nitrogênio retido em função do nitrogênio digerido, para dietas contendo torta de algodão e farelo de glúten de milho (Tabela 37).

Tabela 35. Balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas contendo concentrados proteicos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado energético				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Torta de algodão	Farelo glúter	Farelo mamona	Farelo de soja	100	300		C	N	C x N
	(g/dia)									
NI	11,17	10,31	10,13	10,30	10,51	10,43	0,23	<0,001	0,518	0,048
N-fezes	4,07	4,49	4,45	3,59	4,23	4,08	0,16	0,129	0,520	0,761
N-urina	2,66	0,65	2,26	3,49	1,86	2,67	0,25	<0,001	0,001	<0,001
NR										
ND	4,84	5,19	3,38	3,03	4,55	3,68	0,30	<0,001	0,006	<0,001
NR/NI	445,7	500,1	348,5	303,9	450,5	348,6	2,61	<0,001	0,002	<0,001
ND/NI	642,4	588,2	578,0	640,7	613,6	611,0	1,02	0,142	0,895	0,704

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível, NI= nitrogênio ingerido, N-fezes= nitrogênio excretado nas fezes, N-urina= nitrogênio excretado na urina, NR= nitrogênio retido e ND= nitrogênio digerido, NR/NI= nitrogênio retido em função do nitrogênio ingerido, ND/NI= nitrogênio digerido em função do nitrogênio retido.

EPM: erro padrão da média.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O nitrogênio contido nas fezes e o nitrogênio digerido em função do ingerido foram semelhantes ($P > 0,05$) para todas as dietas avaliadas, em todos os níveis de utilização. O nitrogênio digerido apresentou interação ($P = 0,009$) apenas referente aos alimentos utilizados, independente do nível de utilização, em que dietas que continham farelo de mamona apresentaram menor digestão de nitrogênio ($P < 0,05$), comparado às dietas que continham torta de algodão (Tabela 36).

Tabela 36. Desdobramento da interação entre diferentes concentrados proteicos em dois níveis de substituição à silagem de milho para o nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado na urina, nitrogênio retido e nitrogênio retido em função do ingerido, em cordeiros.

Nível (g/kg)	Fonte do concentrado proteico na dieta			
	Torta de algodão	Farelo de glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja
Nitrogênio ingerido (g/dia)				
100	11,06 ^a	10,18 ^b	10,21 ^{ab}	10,61 ^{ab}
300	11,27 ^a	10,44 ^{ab}	10,05 ^b	9,98 ^b
Nitrogênio excretado na urina (g/dia)				
100	3,22 ^a	0,80 ^b	1,32 ^{Bb}	2,12 ^{Bab}
300	2,10 ^b	0,49 ^c	3,20 ^{Ab}	4,87 ^{Aa}
Nitrogênio retido (g/dia)				
100	4,74 ^a	4,88 ^a	4,05 ^a	4,52 ^{Aa}
300	4,94 ^a	5,50 ^a	2,72 ^b	1,55 ^{Bb}
Nitrogênio retido em função do nitrogênio ingerido (g/kg)				
100	442,1 ^a	479,3 ^a	411,9 ^a	468,7 ^{Aa}
300	449,3 ^{ab}	520,9 ^a	285,1 ^{bc}	128,9 ^{Bc}

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F ($P < 0,05$).

3.4 Síntese de proteína microbiana

Nessa situação, os cordeiros consumindo dietas contendo farelo de glúten de milho ou farelo de mamona apresentaram os menores ($P < 0,05$) resultados para purinas absorvidas; produção microbiana de nitrogênio e proteína bruta; e eficiência microbiana (Tabela 38).

Tabela 37. Síntese de proteína bruta microbiana (PBM) e eficiência microbiana em cordeiros alimentados com dietas, contendo diferentes concentrados proteicos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Fonte de concentrado proteico				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Torta de algodão	Farelo de glúten	Farelo de mamona	Farelo de soja	100	300		C	N	C x N
	Purinas microbianas (mmol/dia)									
Pabs	8,90 ^a	4,93 ^b	9,27 ^a	10,01 ^a	8,04	8,52	0,38	<0,001	0,444	0,801
	Produção microbiana (g/dia)									
N mic	6,47 ^a	3,59 ^b	6,74 ^a	7,28 ^a	5,84	6,20	0,27	<0,001	0,443	0,801
PB mic	40,42 ^a	22,40 ^b	42,14 ^a	45,51 ^a	36,52	38,71	1,74	<0,001	0,444	0,801
	Eficiência microbiana (g PB/kg NDT)									
	107,30 ^a	52,51 ^b	95,23 ^a	89,90 ^a	84,88	87,59	3,87	<0,001	0,670	0,841

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; Pabs: purinas absorvidas; N mic: nitrogênio microbiano; PB mic: proteína bruta microbiana.

EPM: erro padrão da média.

Médias, na linha, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

4 DISCUSSÃO

O consumo reduzido de MS e MO e FDNcp, para dietas contendo farelo de soja, não interferiu no consumo de NDT, devido ao aumento do consumo de CNF em dietas com 300 g/kg de soja. A quantidade de CNF do farelo de soja é maior do que da silagem de milho, ou seja, ao diminuir a quantidade de silagem de milho e elevar a quantidade de farelo de soja, houve maior disponibilidade de CNF na dieta. O inverso aconteceu com o farelo de mamona, que continha menos CNF do que a silagem de milho.

A composição química do farelo de mamona, alimento que é muito fibroso e muito proteico, não influenciou negativamente no CMS e CMO, muito provavelmente, porque suas fibras apresentadas em pequenas partículas elevaram a taxa de passagem do alimento, aumentando o consumo de MS, por reduzir o tempo de permanência da digesta no rúmen.

A redução da digestibilidade da FDN_{cp} em dietas contendo 100 g de farelo de mamona /kg pode ser explicada pela presença de 210,9 g/kg de lignina na MS, que é uma grande quantidade quando comparado à torta de algodão, ao farelo de glúten de milho e ao farelo de soja, e também pela possível taxa de passagem elevada. A digestibilidade da FDN_{cp} pode estar relacionada ao consumo de FDN_{cp} (Nega & Melaku, 2009), ao consumo de EE (Cabral *et al.* 2015), ao consumo de PB (Nega & Melaku, 2009), pela quantidade de lignina presente na estrutura da fibra (Sultan *et al.*, 2010) ou ainda pela ingestão de NDT (Sultan *et al.*, 2010), uma vez que a alta densidade energética pode causar uma depressão no pH ruminal, deprimindo a digestão da fração de carboidratos fibrosos. A maior digestibilidade do NDT, em dietas contendo farelo de soja ou torta de algodão, ocorreu devido ao maior coeficiente de digestibilidade desses alimentos, quando comparados ao farelo de mamona ou ao farelo de glúten de milho.

Dietas contendo torta de algodão apresentaram maiores valores de ingestão, retenção e digestão do nitrogênio, valores estes relacionados ao consumo de PB e NDT pelos animais que se alimentaram deste alimento, uma vez que o fluxo de nitrogênio no rúmen é influenciado pela ingestão e composição da dieta (Nicory *et al.*, 2015).

A quantidade de nitrogênio excretado na forma de fezes, semelhante para todas as dietas avaliadas, indica que ocorreu a transformação do N em proteína microbiana digerível pelos microrganismos, de igual forma para todos os alimentos estudo. Para Yerradoddi *et al.* (2015), a excreção de N nas fezes é influenciado de forma inversa pelo nível de energia da dieta, em que, quanto menos energia apresenta a dieta, mais N será excretado nas fezes, enquanto que a excreção de N na urina é influenciada pelo consumo de proteína bruta, e quanto mais proteína bruta consumida, maior a excreção de N na urina, resultado da absorção do excesso de amônia através das paredes ruminais ou intestinais.

No entanto, ocorreu aumento da excreção de nitrogênio urinário com o aumento do nível de alimento na dieta, para dietas que continham farelo de mamona e farelo de soja. Esse efeito pode ser justificado pelo teor de PB destes alimentos, e pela quantidade de proteína disponível no farelo de soja e no farelo de mamona. A excreção de N pela urina nos ruminantes é um mecanismo do organismo animal para mantê-lo em equilíbrio quando ocorre elevada ingestão de compostos nitrogenados (Berchielli *et al.*, 2011), ou ainda para eliminação dos compostos não utilizados.

A menor absorção de purinas microbianas, assim como menor produção e eficiência microbiana das dietas contendo farelo de glúten de milho, é justificada pela menor degradação efetiva da PB desse alimento, pois, de acordo com Pinho (2016) o farelo de glúten de milho com 23,8% PB contém apenas 25,4 % de PDR (proteína degradável no rúmen). Entende-se que, devido à pouca quantidade de PDR (proteína degradável no rúmen), o N, disponibilizado pelo glúten de milho, teve de ser reciclado para garantir o acesso microbiano à proteína,. Dessa forma, menos N estava disponível para completar seu ciclo.

Pereira *et al.* (2015) comenta que quando ocorre deficiência em PDR para ovinos em crescimento, ocorre também a redução de crescimento da microbiota ruminal, levando à queda no suprimento de proteína microbiana para o abomaso, que resulta no aumento da exigência da PNDR.

Todas as dietas apresentaram balanço de nitrogênio positivo, o qual, de acordo com Souza *et al.* (2015), indica que houve retenção de proteínas no corpo dos animais em todas as dietas propostas. Isso porque a proteína atendeu às exigências dos animais, demonstrando que ocorreu o aproveitamento da amônia para a síntese de proteína microbiana e aproveitamento do N fornecido.

De forma geral, o farelo de soja apresentou a melhor opção de escolha como concentrado proteico, devido ao seu valor nutricional. Contudo, a torta de algodão, o farelo de glúten de milho e o farelo de mamona apresentam aproveitamento dos nutrientes compatível ao farelo de soja e. Portanto, podem substituí-lo em dietas para cordeiros, resultado este que corrobora com a hipótese inicial. A torta de algodão é o alimento do qual mais se comportou, como o farelo de soja, apresentando efeito semelhante no consumo e na digestibilidade dos nutrientes, nas frações de nutrientes digestíveis, no balanço de nitrogênio e na eficiência microbiana. O farelo de glúten de milho apresentou efeitos semelhantes à soja para o consumo e digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio. Porém, a eficiência microbiana, a partir de dietas com farelo de glúten de milho, foi inferior às dietas com farelo de soja. Já o farelo de mamona apresentou efeitos semelhantes ao farelo de soja para o consumo dos nutrientes, para o balanço de nitrogênio e para a eficiência microbiana. O farelo de mamona apresentou menor digestibilidade do NDT em relação ao farelo de soja.

Entre os níveis avaliados dos concentrados proteicos utilizados, foi observado menor consumo de MS, MO e FDNcp, maior quantidade de nitrogênio excretado na urina e menor quantidade de nitrogênio retido, quando dietas contendo farelo de soja

foram ofertadas em 300g/kg na dieta. Dessa forma, para este alimento indica-se a utilização de apenas 100g/kg na dieta.

O aumento do nível de 100 g/kg para 300 g/kg de concentrado proteico aumentou apenas o consumo de CNF, para dietas contendo farelo de soja, a digestibilidade da FDNcp em dietas contendo farelo de mamona e a excreção urinária de nitrogênio para dietas contendo farelo de soja ou farelo de mamona. Portanto, parte da hipótese inicial, a qual sugeria que o aumento do nível de concentrado energético na dieta resultaria no aumento do aproveitamento dos nutrientes, foi rejeitada.

5 CONCLUSÃO

O farelo de soja continua sendo o alimento de primeira escolha, por proporcionar maior quantidade de proteína bruta, melhor digestibilidade dos nutrientes e maior valor energético. A torta de algodão, o farelo de glúten de milho e o farelo de mamona são capazes de substituir o farelo de soja sem prejudicar o consumo dos nutrientes digestíveis totais e o balanço de nitrogênio em dietas para ovinos. Sugere-se então uma classificação de substituição, sendo o farelo de algodão o alimento preferencial para substituir o farelo de soja, seguida do farelo de glúten de milho e do farelo mamona respectivamente.

Como a utilização de níveis de substituição, foi apresentada diferença no aproveitamento dos nutrientes. Apenas para o farelo de soja indica-se o uso de até 100 g /kg na MS em substituição de silagem de milho. Para os demais alimentos, o uso indicado é de até 300 g/kg na MS.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. R. A.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; GUIMARÃES, V. P.; SILVA, L. V.; EVANGELISTA, M. E. S. Productive and economic performance of feedlot sheep using different protein sources in concentrate food. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.15, n.3, p.717-730, 2014.
- AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; VALADARES R. F. D.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; DINIZ, L.L.; FERNANDES, H. J. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.1052-1060, 2011.
- BELTRÃO, N. E. M. Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento. **Comunicado técnico 171**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2002. 6p.
- BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, São Paulo: FUNEP, 2011.
- BÉRTOLI, C. D. **Nutrição animal aplicada e alimentação dos animais domésticos**. Camboriú: IFSC, 2010.
- CABRAL, I. S.; AZEVEDO, J. A. G.; DE ALMEIDA, F. M.; PEREIRA, L. G. R.; DE ARAÚJO, G. G. L.; NOGUEIRA, A. S.; SOUZA, L. L.; OLIVEIRA G. A.; DE OLIVEIRA FILHO, C. A. A. Silage or fresh by-product of peach palm as roughage in the feeding of lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 3, p. 525-531, 2015.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. **International Feed Resources Unit**, occasional publication, 1995.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.
- ELIYAHU, D.; YOSEF, E.; WEINBERG, Z. G.; HEN, Y.; NIKBACHAT, M.; SOLOMON, R.; MABJEESH, S. J.; MIRON, J. Composition, preservation and digestibility by sheep of wet by-products from the food industry. **Animal Feed Science and Technology**, v.207, n.1 p.1-9, 2015.
- FUJIHARA, T.; ØRSKOV, E. R.; REEDS, P. J; KYLE, D. J. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **The Journal of Agricultural Science**, v. 109, n. 01, p. 7-12, 1987.

FURTADO, R. N.; CARNEIRO, M. S. S.; CÂNDIDO, M. J. D.; GOMES, F. H. T.; ROGÉRIO, M. C. P.; SILVA, D. S. Nitrogen balance and ruminal assessment in male and female sheeps fed rations containing castor cake under different treatments, **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3237-3248, 2014.

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e Alimentação Animal**. Dourados, Mato Grosso do Sul: UFGD, 2013.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. p.A25-A32. Gainesville: University of Florida, 2000.
MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 176p.

MOREIRA, F. B. Subprodutos do algodão na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.2, n.36, 2008. 61p.

NEGA, A.; MELAKU, S. Feed intake, digestibility and body weight change in Farta sheep fed hay supplemented with rice bran and/or noug seed (*Guizotia abyssinica*) meal. **Tropical Animal Health and Production**, v.41, n.4, p.507-515, 2009.

NFT-ALLIANCE. Farelo de Gluten de Milho 21 - Refinazil®/Promill®. Vers. E-book. 12 de setembro de 2011. <http://farmtechsolucoes.com.br/wp-content/uploads/2016/12/Farelo-de-Gluten-de-Milho-21.pdf> (acesso em 31 de agosto de 2017).

NICORY, I. M. C.; CARVALHO, G. G. P DE.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, S. A.; DA SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; LOPES, L. S. C.; SOUZA, F. N. C.; DE FREITAS JR, J. E. Productive and metabolic parameters in lambs fed diets with castor seed meal. **Livestock Science**, v.181, n.1, p.171-179, 2015.

PENZ JUNIOR, A. M.; D. G. BRUNO. Abastecimento mundial de alimentos: avicultura, suinocultura, laticínios. Vers. E-book. **Revista eletrônica NFT Alliance**. 12/09/2011. Disponível em: <http://nftalliance.com.br/artigos/ebooks/abastecimento-mundial-de-alimentos-avicultura-suinocultura-latic-nios> (acesso em 29 de outubro de 2016).

PEREIRA, E. S.; OLIVEIRA, A. P.; HEINZEN, E. L.; ARAÚJO, T. L. A.C.; PEREIRA, M. W. F. Exigências nutricionais e desempenho de ovinos deslanados em crescimento. In: 52ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia - SBZ, 2015. Belo Horizonte-MG. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.32, 2015.

PINHO, S. C. M. **Os Aminoácidos Lisina e Metionina na Nutrição e na Alimentação da Vaca Leiteira**. Relatório final de estágio para Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto: 2016.

SEIXAS, A. T.; CABRAL, I. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; ALMEIDA, F. M.; PIMENTEL, M. J. P.; LIMA, R. F.; ALVES, G. H. B.; NASCIMENTOS, L. S. Determinação da excreção fecal de matéria seca com utilização do marcador interno

FDAi em 2 ou 5 dias de coleta de fezes. **In: XXV Congresso brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC, 2015.** Fortaleza, CE. Anais (on-line). Disponível em: <http://sis.gnius.com.br/uploads/zootec2015/documentos/db68982488a59d9486fa62a42844c2865c0f9ab3.pdf> (acesso em 17 de julho de 2017).

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes.** Piracicaba, São Paulo: Livro Ceres, 1979.

SOUZA, L. L.; AZEVÊDO, J. A. G.; ARAÚJO, G. G. L.; CRUZ, C. L. S.; CABRAL, I. S.; ALMEIDA, F. M.; OLIVEIRA, G. A.; OLIVEIRA, B. S. Crude glycerin for Santa Inês and F1 Dorper x Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v.129, n.1, p.1-5, 2015.

SULTAN, J. I.; JAVAID, A.; ASLAM, M. Nutrient digestibility and feedlot performance of lambs fed diets varying protein and energy contents. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, n.1, p.941-946, 2010.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell nutrition conference for feed manufacturers**, 61. Ithaca: Cornell University, p.176-185. 1999.

YERRADODDI, R. R., KHAN A. A.; MALLAMPALLI, S. R.; DEVULAPALLI, R.; KODUKULA, P.; BLÜMMEL, M. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, n.1, p.743-749, 2015.

CAPÍTULO V: ALIMENTOS ALTERNATIVOS E SEUS EFEITOS SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E VALOR ENERGÉTICO EM DIETAS PARA CORDEIROS

Resumo: O foco principal deste trabalho foi verificar a existência de alimentos alternativos com característica que elevem o valor nutricional de dietas para cordeiros. Foram avaliadas as composições químicas do farelo da vagem da algaroba, o farelo da casquinha do cacau, a torta de dendê e o farelo de sementes e casca do maracujá, bem como seus efeitos na substituição da silagem de milho por dois níveis (100 e 300 g/kg) destes concentrados. Avaliou-se o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais (NDT). Foram utilizados 18 cordeiros no total. Para avaliação de cada alimento, utilizou-se 4 animais, realizando 2 períodos experimentais, com 2 níveis de oferta do alimento em estudo (100 e 300 g/kg) e outros 2 animais comuns ao estudo de todos alimentos avaliados, alimentados apenas com silagem de milho. O delineamento foi definido como inteiramente casualizado em sistema *Crossover*. Identificou-se que a algaroba e o maracujá apresentaram maior aproveitamentos dos nutrientes, e melhor balanço de nitrogênio, como o concentrado energético. O cacau revelou boa digestibilidade dos nutrientes. O dendê tem aproveitamento limitado, devido à quantidade de lignina que dificulta o consumo e a digestibilidade dos nutrientes ingeridos. Indica-se a utilização de até 100 g destes alimentos alternativos, em substituição a silagem de milho em dieta para cordeiros.

Palavras-chave: nutrição animal, ovinos, resíduo, subprodutos.

Abstract: The main focus of this work was to verify the existence of alternative foods with characteristics that increase the nutritional value of diets for lambs. The chemical compositions of the algaroba pod meal, the cocoa bean meal, the oil palm cake and the passion fruit seed meal and bark were evaluated, as well as its effects on the substitution of corn silage for two levels (100 and 300 g / kg) of these concentrates. Consumption, nutrient digestibility, nitrogen balance and microbial protein synthesis, as well as the prediction of total digestible and total digestible nutrients (NDT) were evaluated. Eighteen lambs were used in total. For the evaluation of each food, 4 animals were used, performing 2 experimental periods, with 2 levels of supply of the food under study (100 and 300 g / kg) and 2 other animals common to the study of all evaluated foods, fed only with silage of corn. The design was defined as a completely randomized Crossover system. It was identified that the algaroba and the passion fruit presented higher nutrient utilization, and better nitrogen balance, as the energy concentrate. Cacao showed good digestibility of nutrients. The palm oil has limited use, due to the amount of lignin that makes it difficult to consume and the digestibility of the ingested nutrients. It is indicated the use of up to 100 g of these alternative foods, replacing the corn silage diet for lambs.

Key-words: animal nutrition, sheep, residue, by-products.

1. INTRODUÇÃO

Uma alternativa para a redução dos custos com alimentação de ruminantes é a substituição de ingredientes tradicionais (milho e soja) por alimentos alternativos (resíduos ou subprodutos) na formulação das dietas, sendo ainda configurada como uma prática sustentável. A diferença entre resíduo e subproduto está relacionada ao potencial de comercialização do produto, em que o subproduto tem valor de mercado, diferente do resíduo que não tem valor comercial e torna-se apenas um produto de descarte. (Guimarães Junior *et al.*, 2008; Azevêdo *et al.*, 2011).

Entretanto, ainda não existe uma definição concreta da adequada utilização dos alimentos alternativos para suprir as exigências das categorias animais. Deve-se considerar que o valor nutritivo dos alimentos é dependente da qualidade do produto primário, dos processos de beneficiamento industrial, das porções utilizadas do alimento primário e das proporções entre cascas e sementes para composição dos subprodutos e resíduos (Azevêdo *et al.*, 2011).

Pesquisas têm sido realizadas sobre a utilização de alimentos alternativos, como os oriundos da algaroba, do cacau, do dendê e do maracujá, em dietas para ruminantes (Costa, *et al.*, 2011; Almeida, *et al.*, 2015; Lima, *et al.*, 2015). Contudo, ainda existe carência de dados que considere as interações entre os componentes químicos e seu aproveitamento pelo animal para avaliação nutricional desses alimentos, especialmente os componentes relacionados à nutrição de ovinos em condições tropicais.

O farelo da vagem da algaroba (*Prosopis juliflora*) é alimento energético (Mendoza, 2013) e importante ingrediente da alimentação animal no semiárido brasileiro. Estima-se na região Nordeste que sua produção esteja entre 2 a 8 t/ha/ano (Ribask *et al.*, 2009). O farelo de cacau (*Theobroma cacao*), proveniente da casca que envolve a amêndoa do cacau, é um resíduo da produção de chocolate, sendo um alimento energético (SILVA *et al.*, 2005) . Sua aceitabilidade pelos animais é limitada devido à presença de teobromina, considerada tóxica e limitante para a utilização na alimentação animal (Carvalho *et al.*, 2006). A torta de dendê (*Elaeis guineensis*) é um resíduo da produção do óleo de dendê (Vasconcelos, 2010), classificado como um alimento energético (Silva *et al.*, 2005). No Brasil, a produção está concentrada nos Estados do Pará e da Bahia (Cuenca & Nazário, 2005). O farelo do maracujá (*Passiflora ligularis*) é obtido através da moagem de resíduos da

indústria de poupa de frutas (casca e sementes), também classificado como alimento energético, pois a semente possui 32% de óleo, sendo fonte de carboidratos, proteínas e minerais (Lousada Júnior *et al.*, 2005).

O Brasil se destaca como o maior produtor de maracujá (776 mil toneladas em 2012), sendo a Bahia o maior produtor nacional com 320 mil toneladas (Ferrari *et al.*, 2004; Cunha, 2013). É importante destacar que para alimentos oleosos, como a torta de dendê e o farelo de maracujá, deve-se tomar cuidado com o teor de óleo para a formulação de dietas, pois valores acima de 7% podem interferir na fermentação ruminal, digestibilidade da fibra e na taxa de passagem da dieta (Vasconcelos, 2010; Van Soest, 1994).

Sendo assim, esta pesquisa revela as características químicas e nutricionais de alimentos alternativos, identificando a composição dos alimentos, o aproveitamento de seus nutrientes, e suas possíveis contribuições para a nutrição e alimentação de cordeiros em crescimento.

Tem-se como hipótese de que podem existir concentrados energéticos alternativos para dietas de cordeiros, com característica que elevem o valor nutricional para as variáveis sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, a excreção de ureia na urina e a síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais. Além disso, quanto maior a proporção de substituição da silagem de milho pelo concentrado alternativo, maior será o consumo de nutrientes, e melhor será o aproveitamento desses nutrientes pelos cordeiros.

Diante disso, objetivou-se realizar a substituição parcial de silagem de milho por alimentos alternativos (algaroba, cacau, dendê e maracujá) em dois níveis (100 e 300 g/kg), na dieta de ovinos, para avaliação do consumo, da digestibilidade dos nutrientes, do balanço de nitrogênio, da excreção de ureia na urina e síntese de proteína microbiana, além da predição das frações digestíveis e nutrientes digestíveis totais desses subprodutos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Princípios éticos da experimentação animal

Esta pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre as pesquisas com o uso de animais, e aprovada sob protocolo 95/2015 pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, localizada em Ilhéus.

2.2 Local e alimentos utilizados

A pesquisa experimental foi realizada na Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, em Ilhéus, Bahia. A coleta das amostras e o processamento dos alimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes – LaPNAR, e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal – LabNut.

Tabela 38. Composição química dos alimentos alternativos avaliados e da silagem de milho.

Item	Farelo de de Algaroba	Farelo de Cacau	Torta de Dendê	Farelo de Maracujá	Silagem de milho
MS ¹	907,8	850,4	931,6	924,0	274,9
MO ²	954,2	917,9	931,4	959,2	964,5
PB ²	104,2	168,4	132,5	122,3	66,2
PIDN ³	14,0	72,5	66,9	14,9	9,7
PIDA ³	9,4	59,1	23,5	7,1	3,0
EE ²	3,4	62,4	118,4	163,8	23,4
FDNcp ²	333,7	425,1	617,9	465,4	526,3
CNF ²	513,0	262,0	62,5	207,7	293,2
FDA ²	196,3	287,6	448,0	353,0	252,9
LIG ²	45,9	121,1	146,7	224,2	33,0

¹ g/kg, ² g/kg na MS, ³ g/kg na PB

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro, PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos, FDA = fibra em detergente ácido e LIG = lignina.

Os alimentos alternativos avaliados foram o farelo de vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*), o farelo da casca de cacau (*Theobroma cacao*), a torta de dendê (*Elaeis guineensis*) e o farelo da casca e sementes do maracujá (*Passiflora ligularis*). Os três primeiros foram adquiridos em lojas agropecuárias nas proximidades de

Ilhéus-BA no período de safra. As cascas e sementes do maracujá foram reaproveitadas de agroindústria produtora de polpa de sucos, instalada nas dependências da UESC/Ilhéus -BA, também recolhidas no período de safra. As cascas e as sementes foram secas a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por aproximadamente 5 dias. O material foi moído, homogeneizado e armazenado em bombona para o fornecimento aos animais. Além disso, utilizou-se a silagem de milho como alimento padrão. A composição química desses alimentos encontra-se na Tabela 39.

2.3 Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizados 18 cordeiros, não castrados, com aproximadamente 180 dias e com peso corporal (PC) médio inicial de $22,5 \text{ kg} \pm 5,5$. Antes do início do experimento, todos os animais foram identificados e medicados contra endo e ectoparasitas. Após a primeira pesagem, realizou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada dieta experimental.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, em local coberto, protegido de chuva e irradiação solar direta, arejado e de fácil higienização. Foram alojados em gaiolas metabólicas individuais de $0,96 \text{ m}^2$, com piso ripado e suspenso a 1 m do solo, providas de comedouro e bebedouro de polietileno.

Para avaliação de cada recurso alimentar proposto, foram utilizados 6 animais, em 2 períodos experimentais, com 4 repetições, em delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover* (Figura 6).

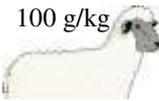
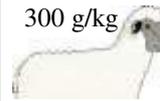
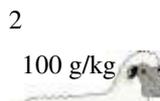
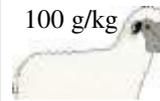
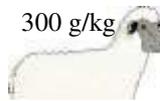
1º PERÍODO			2º PERÍODO		
Quadrado Latino		Fator Adicional	Quadrado Latino		Fator Adicional
Animal 1 100 g/kg 	Animal 2 300 g/kg 	Animal 5 Silagem 	Animal 1 300 g/kg 	Animal 2 100 g/kg 	Animal 5 Silagem 
Animal 3 300 g/kg 	Animal 4 100 g/kg 	Animal 6 Silagem 	Animal 3 100 g/kg 	Animal 4 300 g/kg 	Animal 6 Silagem 

Figura 6. Representação do delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover*.

No primeiro período, para dois animais foram fornecidas dietas contendo 100 g do alimento avaliado/kg de matéria seca. Para dois animais foram fornecidas dietas contendo 300 g/kg, e para dois animais fornecidos apenas silagem de milho. No segundo período, os dois animais que antes receberam dietas com 100 g do alimento avaliado /kg, passaram a receber dietas com 300 g/kg, enquanto que os dois animais que antes receberam dietas com 300 g do alimento avaliado /kg, passaram a receber dietas com 100 g do alimento avaliado /kg.

Tabela 39. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas, expressas na base da matéria seca.

Item	Fonte e nível de alimentos alternativos na dieta (g/kg)							
	Farelo de vagem de Algaroba		Farelo de Cacau		Torta de Dendê		Farelo de Maracujá	
	100	300	100	300	100	300	100	300
	Proporção dos ingredientes (g/kg)							
Silagem de milho	869	673	872	680	871	676	870	675
Ureia	21	17	18	10	19	14	20	15
Sal mineral ¹	10	10	10	10	10	10	10	10
Composição química (g/kg)								
MS	377,1	494,1	372,3	479,2	380,1	502,2	379,0	499,6
PB	118,9	117,4	117,1	117,4	116,3	117,6	118,0	117,3
EE	18,3	15,0	24,3	32,8	29,9	49,5	34,4	63,1
FDNcp	518,2	475,6	529,0	506,9	547,7	562,5	531,9	516,2
CNF	306,1	331,2	281,9	278,0	261,6	217,0	275,9	260,2

MS= matéria seca; PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína e CNF = carboidratos não fibrosos.

¹ Composição: 170 g de cálcio (máximo); 85 g de fósforo; 800 mg de cobre; 1650 mg ferro, 45 mg cobalto; 80 mg iodo; 1350 mg de manganês; 13 g de magnésio; 16 mg de selênio; 4000 mg de zinco; 19 g de enxofre, 113 g de sódio, 20 mg de cromo e 850 mg flúor (máximo).

Os animais que no primeiro período receberam somente silagem de milho, por não conter nível, continuaram a receber a mesma dieta no segundo período. Dessa forma, foi possível utilizar seis animais que representaram três níveis de substituição de silagem por subproduto, com quatro repetições cada (12 unidades

experimentais). Cada um dos dois períodos teve duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três de coleta.

As dietas experimentais foram calculadas para conter 100 ou 300 g/kg dos concentrados energéticos na base da MS, silagem de milho e mistura ureia/sulfato de amônio (9:1), para que as rações se mantivessem isoproteicas (Tabela 40). Cada dieta experimental foi representada por uma fonte e nível de concentrado energético na dieta.

As dietas foram fornecidas na quantidade média de 40 g/kg do peso corporal dos animais, de forma a permitir consumo à vontade e sobras correspondentes de 100 g/kg da quantidade fornecida, ofertadas duas vezes ao dia, às 07h00 (60 g/kg da oferta) e às 15h00 (40 g/kg da oferta). As sobras foram pesadas e amostradas diariamente.

2.4 Coleta e armazenamento das amostras

Foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente. Também foram coletadas de forma total as sobras, as fezes e as urina, com auxílio de bolsas coletoras para fezes adaptadas aos animais, e baldes coletores para urina, acoplados nas gaiolas metabólicas.

Os ingredientes da dieta foram amostrados individualmente. As sobras e as fezes foram mensuradas em balança semi-analítica digital (em gramas por dia) e homogeneizadas, para confecção das amostras compostas (três dias), das quais separou-se alíquotas de aproximadamente 100 g/kg do volume total, que foram identificadas e armazenadas a -20°C, para posterior processamento e futuras análises laboratoriais.

A urina total, coletada no período de 24 horas, com a adição de 100 mL de H₂SO₄ a 200 mL/L, depois de mensurada em proveta graduada (em mililitros por dia), foi amostrada em uma alíquota de 100 mL, acondicionada em recipiente plástico com tampa rosqueável, e armazenada a -20°C, para posterior análise laboratorial. Ao final do primeiro período experimental, todos os cordeiros foram novamente pesados, a fim de reajustar a quantidade da dieta para o segundo período.

2.5 Determinação da composição química

Todas as amostras de alimento fornecido, de sobras e de fezes foram descongeladas, submetidas à pré-secagem a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 72 horas, e moídos em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises laboratoriais.

As amostras foram analisadas quanto aos conteúdos de matéria seca (MS) (método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (procedimento de Kjeldahl; método INCT-CA N-001/1), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN; método INCT-CA N-004/1), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA; método INCT-CA N-005/1), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN; método INCT-CA M-002/1), cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA; método INCT-CA M-003/1), extrato etéreo (EE; procedimento de Randall; método INCT-CA G-005/1); fibra em detergente neutro utilizando amilase termoestável, sem uso de sulfito de sódio (aFDN), corrigida para cinzas e proteína (aFDNcp, método INCT-CA F-002/1), fibra em detergente ácido (FDA, método INCT-CA F-004/1) e lignina(as) determinada com solubilização da celulose em ácido sulfúrico (LIG, método INCT-CA F-005/1), conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA, Detmann *et al.*, 2012).

O conteúdo dos carboidratos não fibrosos (CNF) expresso em g/kg na MS foi obtido a partir dos resultados da composição química dos alimentos, sendo $\text{CNF} = \text{g/kg MO} - (\text{g/kg PB} - \text{g/kg PB derivada da ureia} + \text{g/kg de ureia}) - \text{g/kg EE} - \text{g/kg aFDNcp}$, em que a ureia é representada em g/MS, adaptadas de Hall (2000). A fim de reduzir os erros associados à estimativa da aFDN, referentes a contaminantes, como compostos nitrogenados e cinzas que superestimam o teor da fibra, substituiu-se nessa equação, os valores de aFDN por aFDNcp, como indicado por Detmann & Valadares Filho (2010).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir dos resultados observados das composições químicas dos alimentos, conforme equações recomendada e adaptadas de Weiss (1999), porém, utilizando aFDN e CNF corrigindo para cinza e proteína, em que $\text{NDT} = \text{PBD} + 2,25 * \text{EED} + \text{CNFD} + \text{aFDNcpD}$.

2.6 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade

Através dos registros realizados no período de coleta de dados, obteve-se pela diferença entre a quantidade fornecida e a quantidade de sobras nos comedouros, o consumo dos alimentos.

Após a análise laboratorial das dietas fornecidas, das sobras e das fezes, foi possível estimar o coeficiente de digestibilidade das dietas, obtido através da diferença entre o consumido e o excretado, em função do consumido. Posteriormente, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, do extrato etéreo, da FDNcp e dos carboidratos não fibrosos de cada concentrado energético foram estimados a partir dos coeficientes médios de digestibilidade das dietas específicas de concentrado, por sistema de equações lineares (Silva & Leão, 1979).

2.7 Estimativa da produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

Após descongelamento e diluição das amostras de urina, foram realizadas as análises dos derivados de purinas (alantoína, xantina e hipoxantina) pelo método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara *et al.* (1987), descrita por Chen & Gomes (1992). O ácido úrico foi estimado por meio calorimétrico, utilizando kit comercial.

A excreção total de derivados de purinas (DP) foi calculada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina excretados na urina, expressas em mmol/dia.

As purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas na urina (DP, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = 0,84X + (0,150PC^{0,75e-0,25X})$$

em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e 0,150 a contribuição endógena para a excreção de purinas (Chen & Gomes, 1992). O fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (Nmic, g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$N_{mic} = (70 * P_{abs}) / (0,83 * 0,116 * 1000)$$

em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116, a relação N purina:N total dos microrganismos ruminais (Chen & Gomes, 1992).

A ureia foi determinada por meio colorimétrico, utilizando kit comercial Bionclin® (REF K057). A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,4667.

O balanço de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi calculado com: N-retido = N ingerido (g) – N nas fezes (g) – N na urina (g).

2.8 Análise Estatística

Os quatro concentrados energéticos foram combinados em duas concentrações (100 e 300 g/kg na matéria seca), com quatro repetições para cada nível, a partir de um delineamento em reversão simples com fator adicional, cujo modelo estatístico encontra-se a seguir:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + N_j + P_k + FN_{ij} + A_{(i)l} + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = observação referente a i-ésimo alimento, j-ésimo nível, k-ésimo período e l-ésimo animal dentro de alimento;

μ = média geral;

F_i = efeito relativo ao alimento i, i = 1, 2, 3 e 4;

N_j = efeito relativo ao nível de substituição do alimento j, j = 1 e 2;

P_k = efeito relativo ao período k, k = 1 e 2;

FN_{ij} = efeito da interação entre alimento i e o nível de substituição do alimento j;

$A_{(i)l}$ = efeito relativo ao animal l, aninhado ao alimento i, l = 1, 2, 3 e 4;

e_{ijkl} = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto NID (0, σ^2).

Foram realizadas análises de variância para todas as variáveis. Quando a probabilidade foi significativa ($P < 0,05$) para variáveis referentes aos níveis, aplicou-se o teste F. Para as variáveis referentes aos concentrados, quando a probabilidade foi significativa ($P < 0,05$), realizou-se o Teste Tukey. Os procedimentos estatísticos

foram realizados com auxílio do programa *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS Institute, 2000).

3. RESULTADOS

3.1 Consumo de nutrientes

Observou-se interação ($P < 0,05$) entre o recurso alimentar alternativo e o nível de substituição, para todos os nutrientes consumidos (Tabela 41).

Tabela 40. Consumo de componentes nutricionais de dietas para cordeiros com inclusão de diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Alimentos alternativos na dieta				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farelo Algaroba	Farelo de Torta Cacau	Farelo de Dendê	Farelo de Maracujá	100	300		C	N	C x N
	Consumo (g/dia)									
MS	583,73	520,07	419,46	554,34	539,68	499,12	17,32	<,0001	0,0098	0,0006
MO	549,08	490,27	394,08	525,00	508,86	472,36	16,47	<,0001	0,0096	0,0006
PB	66,37	50,14	44,04	58,59	58,41	51,15	2,50	<,0001	0,0014	<,0001
EE	8,31	13,81	16,03	25,72	14,08	17,85	1,58	<,0001	<,0001	<,0001
FDN _{cp}	271,84	256,57	221,29	284,99	270,50	246,84	6,91	0,0001	0,0063	0,0231
CNF	191,43	169,06	121,24	172,37	168,97	158,08	7,69	<,0001	0,0238	<,0001
NDT	336,18	290,89	274,48	342,40	327,97	294,00	11,62	0,0007	0,0041	0,0249
	Consumo (g/kg PC)									
MS	25,32	22,30	19,52	25,81	25,01	21,47	0,68	<,0001	<,0001	<,0001
FDN _{cp}	12,18	11,24	10,18	13,17	12,55	10,83	0,31	<,0001	<,0001	0,0324
	Consumo (g/kg PC ^{0,75})									
MS	55,42	48,42	41,30	56,22	53,81	46,87	1,53	<,0001	<,0001	<,0001

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas, CNF = carboidratos não fibrosos e NDT = nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O consumo de MS (g/dia e g/kg PC), MO, PB, FDNcp (g/dia) e NDT foi semelhante ($P>0,05$) entre as dietas propostas, quando houve substituição de apenas 100 g/kg da silagem de milho por alimento alternativo. Porém, quando avaliado o consumo de MS (g/kg PC^{0,75}), FDNcp (g/kg PC) e CNF, observou-se menor ($P<0,05$) consumo de dietas contendo 100 g de dendê /kg, comparado à algaroba, ao cacau e ao maracujá. Para esse mesmo nível de substituição, o consumo de EE foi menor ($P<0,05$) em dietas contendo algaroba (Tabela 42).

Cordeiros consumindo dietas contendo 300 g de algaroba ou maracujá /kg apresentaram maiores ($P>0,05$) consumos de MS (g/dia, g/kg PC e g/kg PC^{0,75}), MO, PB, FDNcp (g/kg PC) e NDT, em comparação aos cordeiros consumindo dietas que continham cacau e dendê. Cordeiros alimentados com dietas com 300 g de algaroba /kg apresentaram os maiores valores para consumo de CNF, enquanto que os cordeiros com dietas contendo 300 g de maracujá /kg apresentaram maior consumo ($P>0,05$) de EE. Foi possível observar que quando houve a elevação do nível na dieta de 100 g/kg para 300 g de alimento alternativo /kg, os cordeiros aumentaram ($P<0,05$) o consumo de CNF em dietas contendo algaroba e EE em dietas contendo maracujá (Tabela 42).

Para os cordeiros consumindo dietas contendo 300 g de cacau/kg em substituição à silagem de milho, não se observou diferença ($P>0,05$) no consumo de FDNcp (g/kg PC) em comparação à algaroba, porém o consumo foi menor ($P<0,05$), em comparação às dietas com maracujá. Ainda, observou-se que ocorreu redução ($P<0,05$) do consumo de MS (g/kg PC e g/kg PC^{0,75}), FDNcp (g/kg PC) e NDT, quando ocorreu aumento de 100 g/kg para 300 g de cacau /kg em substituição à silagem (Tabela 42).

Quando alimentados com dietas que continham 300 g de dendê /kg em substituição à silagem, os cordeiros apresentaram os menores ($P<0,05$) consumos de MS (g/dia, g/kgPC e g/kgPC^{0,75}), MO, FDNcp (g/dia, g/kgPC), CNF e NDT. Houve redução ($P<0,05$) do consumo de nutrientes (exceto EE e NDT), quando ocorreu aumento de 100 g/kg para 300 g/kg de substituição (Tabela 42).

Tabela 41. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho para consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais em cordeiros.

Nível (g/kg)	Alimentos alternativos na dieta			
	Farelo de Algaroba	Farelo de Cacau	Torta de Dendê	Farelo de Maracujá
	Consumo de matéria seca (g/dia)			
100	553,99	561,72	491,33 ^A	551,71
300	613,47 ^a	478,43 ^b	347,59 ^{Bc}	556,98 ^{ab}
	Consumo de matéria orgânica (g/dia)			
100	521,06	530,01	462,42 ^A	521,93
300	577,09 ^a	450,53 ^b	325,73 ^{Bc}	528,08 ^{ab}
	Consumo de proteína bruta (g/dia)			
100	64,05	55,91	56,40 ^A	57,30
300	68,70 ^a	44,37 ^b	31,67 ^{Bb}	59,84 ^a
	Consumo de extrato etéreo (g/dia)			
100	9,14 ^b	14,03 ^a	14,76 ^a	18,40 ^{Ba}
300	7,47 ^c	13,59 ^{bc}	17,29 ^b	33,04 ^{Aa}
	Consumo de FDNcp (g/dia)			
100	268,23	270,53	253,98 ^A	289,28
300	275,45 ^a	242,60 ^a	188,60 ^{Bb}	280,71 ^a
	Consumo de carboidratos não fibrosos (g/dia)			
100	171,88 ^{Ba}	182,77 ^a	139,39 ^{Ab}	181,82 ^a
300	210,98 ^{Aa}	155,35 ^b	103,39 ^{Bc}	162,91 ^b
	Consumo de nutrientes digestíveis totais (g/dia)			
100	334,10	329,14 ^A	304,47	344,19
300	338,25 ^a	252,64 ^{Bb}	244,49 ^b	340,61 ^a
	Consumo de matéria seca (g/kg PC)			
100	25,47	25,35 ^A	23,19 ^A	26,03
300	25,18 ^a	19,25 ^{Bb}	15,84 ^{Bc}	25,60 ^a
	Consumo de FDNcp (g/kg PC)			
100	12,70 ^a	12,59 ^{Aa}	11,43 ^{Ab}	13,47 ^a
300	11,65 ^{ab}	9,88 ^{Bbc}	8,93 ^{Bc}	12,87 ^a
	Consumo de matéria seca (g/kg PC ^{0,75})			
100	55,74 ^a	54,89 ^{Aa}	47,99 ^{Ab}	56,63 ^a
300	55,11 ^a	41,96 ^{Bb}	34,61 ^{Bc}	55,81 ^a

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F (P<0,05).

3.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes

Houve interação ($P < 0,05$) entre alimento e nível, apenas para a digestibilidade da PB (Tabela 43), em que dietas contendo algaroba e maracujá não apresentaram diferença ($P > 0,05$) na digestibilidade, independente do nível do alimento utilização. Contudo, dietas com cacau e dendê apresentaram redução ($P < 0,05$) da digestibilidade, quando ocorreu o aumento de 100 g/kg para 300 g de alimento alternativos /kg nas dietas. Em dietas contendo 100 g de alimentos alternativos /kg, o cacau apresentou menor ($P < 0,05$) digestibilidades de PB, quando comparado à algaroba e ao dendê, enquanto que em dietas com 300 g/kg de substituição, o cacau teve menor ($P < 0,05$) digestibilidade da PB (Tabela 44).

Tabela 42. Digestibilidade dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas para cordeiros com inclusão de diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Alimentos alternativos na dieta				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farelo de Algaroba	Farelo de Cacau	Torta de Dendê	Farelo de Maracujá	100	300		C	N	C x N
	Digestibilidade (g/dia)									
MS	63,29 ^a	58,36 ^{ab}	60,23 ^{ab}	56,22 ^b	59,92	59,13	0,82	0,0331	0,5970	0,9731
MO	63,61 ^a	58,77 ^{ab}	61,65 ^{ab}	56,16 ^b	60,44	59,65	0,86	0,0160	0,6014	0,9673
PB	67,98	41,40	59,36	61,72	62,02	53,21	2,36	<,0001	<,0001	<,0001
EE	64,09 ^b	82,30 ^a	83,43 ^a	85,32 ^a	76,64	80,93	1,89	<,0001	0,0152	0,1289
FDNcp	49,44 ^a	47,40 ^a	53,61 ^a	38,42 ^b	47,37	47,07	1,38	0,0001	0,8692	0,3983
CNF	80,62 ^{ab}	82,46 ^a	76,55 ^b	81,67 ^{ab}	80,66	79,99	0,76	0,0275	0,6330	0,9582
	Nutrientes digestíveis totais (NDT)									
NDT	59,13	58,85	60,52	59,26	59,28	59,59	0,76	0,8629	0,8471	0,3689

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos e NDT = nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

O recurso alimentar alternativo utilizado na dieta influenciou ($P < 0,05$) na digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDNcp e CNF, independente do nível de substituição à silagem. Dietas contendo cacau, dendê e maracujá apresentaram

menor ($P < 0,05$) digestibilidade para MS e MO. Dietas compostas com maracujá apresentaram menor ($P < 0,05$) digestibilidade para FDNcp. Dietas com algaroba apresentaram menor ($P < 0,05$) digestibilidade do EE, e dietas contendo dendê, algaroba e maracujá, apresentaram menor ($P < 0,05$) digestibilidade de CNF (Tabela 43).

Os níveis de substituição de silagem influenciaram ($P < 0,05$) na digestibilidade do EE, independente do recurso alimentar alternativo utilizado na dieta, no qual dietas que continham 100 g de recurso alimentar alternativo /kg tiveram menor ($P < 0,05$) digestibilidade do que dietas que continham 300 g/kg (Tabela 43). Os NDT não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos fatores estudados (Tabela 43).

Tabela 43. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho para digestibilidade da proteína bruta em cordeiros.

Nível (g/kg)	Alimentos alternativos na dieta			
	Farelo de Algaroba	Farelo de Cacau	Torta de Dendê	Farelo de Maracujá
	Digestibilidade da Proteína Bruta (g/dia)			
100	68,52 ^a	53,38 ^{Ab}	64,43 ^{Aa}	61,73 ^{ab}
300	67,43 ^a	29,43 ^{Bc}	54,29 ^{Bb}	61,71 ^{ab}

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F ($P < 0,05$).

Tabela 44. Coeficiente de digestibilidade e frações digestíveis, em g/kg, dos componentes nutricionais e nutrientes digestíveis totais dos alimentos alternativos.

Item	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá	Silagem de milho	EPM	Valor P
Proteína bruta	663,1 ^a	376,0 ^b	558,3 ^a	601,5 ^a	639,9 ^a	2,34	<0,001
Extrato etéreo	654,2 ^b	826,2 ^{ab}	685,0 ^{ab}	872,3 ^a	797,9 ^{ab}	2,80	0,033
FDNcp	483,2 ^{ab}	424,4 ^{bc}	534,7 ^a	348,7 ^c	552,8 ^a	1,70	<0,001
CNF	809,8 ^{ab}	816,4 ^a	768,3 ^{ab}	814,6 ^a	750,1 ^b	0,73	0,012
NDT	650,7 ^{ab}	573,6 ^b	635,0 ^{ab}	726,5 ^a	595,2 ^b	1,41	0,002

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF= carboidratos não fibrosos; NDT= nutrientes digestíveis totais.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

A respeito das frações digestíveis dos nutrientes (Tabela 45), o maracujá e o cacau apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade para o EE e CNF. Porém o cacau apresentou o menor coeficiente de digestibilidade para PB (376 g/kg), e o maracujá apresentou o menor coeficiente de digestibilidade para FDNcp (348,7 g/kg), embora o maracujá tenha apresentado o maior teor de NDT (726,5 g/kg) dentre todos os alimentos em estudo.

3.3 Balanço de Nitrogênio

Houve interação entre o alimento alternativo e o nível de substituição da silagem de milho para nitrogênio digerido ($P < 0,001$), o nitrogênio digerido em função do nitrogênio ingerido ($P < 0,045$; Tabela 46).

Tabela 45. Balanço de nitrogênio de dietas para cordeiros com inclusão de diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Alimentos alternativos na dieta				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá	100	300		C	N	C x N
	(g/dia)									
NI	10,68 ^a	8,26 ^{bc}	6,73 ^c	9,64 ^{ab}	9,33	8,32	0,42	<0,001	0,027	0,057
N-fezes	3,54 ^{bc}	4,95 ^a	2,79 ^c	3,81 ^b	3,75	3,79	0,18	<0,001	0,863	0,148
N-urina	2,00 ^a	0,81 ^b	0,73 ^b	0,99 ^b	1,12	1,15	0,14	<0,001	0,880	0,061
NR	5,20 ^a	2,66 ^b	2,97 ^b	4,50 ^a	4,25	3,41	0,28	<0,001	0,031	0,326
ND	7,09	3,44	4,34	5,60	5,74	4,49	0,37	<0,001	<0,001	<0,001
	(g/kg)									
NR/NI	488,3 ^a	324,2 ^b	424,2 ^{ab}	499,0 ^a	463,5	404,4	1,95	0,013	0,086	0,652
ND/NI	675,6	412,1	558,6	616,6	601,2	632,3	2,03	<0,001	0,006	0,045

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; NI= nitrogênio ingerido, N-fezes= nitrogênio excretado nas fezes, N-urina= nitrogênio excretado na urina, NR= nitrogênio retido e ND= nitrogênio digerido.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Os cordeiros que consumiram dietas com 100 g de algaroba digeriram mais nitrogênio do que os animais que consumiram 100 g de cacau ou maracujá. Já os animais que consumiram 300 g de algaroba ou maracujá/kg digeriram maior quantidade de nitrogênio em comparação aos animais que consumiram 300 g de

cacau ou dendê/kg. Houve uma diminuição na digestão de nitrogênio quando os animais que recebiam 100 g de cacau ou dendê (4,63 e 5,85 g/dia respectivamente) passaram a receber 300 g destes concentrados na dieta (2,26 e 2,83 g/dia respectivamente; Tabela 47).

Ainda, os animais que consumiram dietas contendo 100 g de cacau, digeriram menos nitrogênio (em função do nitrogênio ingerido) do que os animais alimentados com 100 g de algaroba, enquanto os animais que consumiram 300 g de cacau digeriram menos nitrogênio (em função do nitrogênio ingerido) do que os animais que consumiram 300 g de algaroba, dendê ou maracujá. Houve uma diminuição da relação entre nitrogênio digerido em função no ingerido, quando se elevou o nível de cacau na dieta (Tabela 47).

O alimento alternativo influenciou ($P < 0,05$) a quantidade de nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado via urina e fezes, e nitrogênio retido, independente do nível de substituição da silagem de milho. A ingestão de nitrogênio foi maior ($p < 0,001$) para dietas contendo algaroba e maracujá, do que para dietas contendo cacau e dendê. A excreção de N nas fezes foi maior ($P < 0,001$) para dietas contendo cacau, enquanto a excreção de N na urina foi maior ($P < 0,001$) para dietas contendo algaroba em comparação aos demais alimentos. Ainda, dietas contendo algaroba ou maracujá proporcionaram maior ($P < 0,01$) retenção do nitrogênio. Entretanto, dietas contendo cacau apresentaram menor ($P = 0,013$) retenção de nitrogênio em função no nitrogênio ingerido, do que as demais dietas (Tabela 46).

Tabela 46. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho para ingestão, retenção e digestão do nitrogênio em cordeiros.

Nível (g/kg)	Alimentos alternativos na dieta			
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá
	Nitrogênio digerido (g/dia)			
100	7,18 ^a	4,63 ^{Ab}	5,85 ^{Aab}	5,30 ^b
300	6,99 ^a	2,26 ^{Bb}	2,83 ^{Bb}	5,90 ^a
	Nitrogênio digerido em função do nitrogênio ingerido (g/kg)			
100	681,7 ^a	509,7 ^{Ab}	597,2 ^{ab}	616,0 ^{ab}
300	669,5 ^a	322,5 ^{Bb}	519,9 ^a	617,2 ^a

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F ($P < 0,05$).

O nível de concentrado ofertado junto à silagem de milho, também influenciou ($P < 0,05$) a quantidade de nitrogênio ingerido e nitrogênio retido, independente do concentrado utilizado. Dietas contendo 100 g de concentrado proporcionaram maior ingestão e retenção de nitrogênio, do que em dietas contendo 300 g de concentrado (Tabela 46).

3.4 Síntese de proteína microbiana

Houve interação ($P > 0,05$) entre o concentrado e o nível de substituição na dieta para purinas absorvidas, síntese de proteína bruta microbiana e eficiência microbiana (Tabela 48).

Tabela 47. Síntese de proteína bruta microbiana (PBM) e eficiência microbiana em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes alimentos alternativos, em dois níveis de substituição à silagem de milho.

Item	Alimentos alternativos na dieta				Nível (g/kg)		EPM	Valor P		
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá	100	300		C	N	C x N
Purinas microbianas (mmol/dia)										
Pabs	7,37	5,24	3,66	6,05	6,35	4,81	0,37	<0,001	0,003	<0,001
Produção microbiana (g/dia)										
N mic	5,36	3,81	2,66	4,37	4,62	3,50	0,27	<0,001	0,003	<0,001
PB mic	33,49	23,82	16,63	27,47	28,85	21,86	1,68	<0,001	0,003	<0,001
Eficiência microbiana (gPB/kgNDT)										
	94,64	61,10	41,00	58,83	73,36	54,42	4,58	<0,001	0,001	<0,001

C= concentrado; N= nível; CxN= interação entre concentrado e nível; Pabs: purinas absorvidas; N mic: nitrogênio microbiano; PB mic: proteína bruta microbiana.

EPM: erro padrão da média.

Médias, nas linhas, seguidas de letras diferentes são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Para cordeiros que consumiram dietas contendo 100 g de concentrado, independente do concentrado, não houve diferença para purinas absorvidas, síntese de proteína bruta microbiana e eficiência microbiana. Para cordeiros que consumiram dietas contendo 300g de algaroba ou maracujá, houve maior excreção de purinas absorvidas e síntese de proteína bruta microbiana, comparado aos animais que consumiram cacau ou dendê. Ainda, cordeiros alimentados com 300 g de algaroba,

apresentaram maior eficiência microbiana do que os cordeiros alimentados com 300g os demais concentrados (Tabela 49).

De forma geral, houve redução ($P < 0,001$) das purinas absorvidas, síntese de proteína bruta microbiana e eficiência microbiana, quando ocorreu o aumento de nível de 100 para 300g de cacau ou dendê nas dietas (Tabela 49).

Tabela 48. Desdobramento da interação entre diferentes alimentos alternativos em dois níveis de substituição à silagem de milho, para derivados de purina presentes na urina de cordeiros.

Nível (g/kg)	Alimentos alternativos na dieta			
	Farelo de algaroba	Farelo de cacau	Torta de dendê	Farelo de maracujá
Purinas microbianas absorvidas (mmol/dia)				
100	6,88	7,47 ^A	5,31 ^A	5,74
300	7,86 ^a	3,02 ^{Bb}	2,01 ^{Bb}	6,36 ^a
Nitrogênio microbiano (g/dia)				
100	5,00	5,43 ^A	3,86 ^A	4,17
300	5,72 ^a	2,19 ^{Bb}	1,46 ^{Bb}	4,62 ^a
Proteínas microbianas (g/dia)				
100	31,26	33,93 ^A	24,13 ^A	26,07
300	35,72 ^a	13,71 ^{Bb}	9,13 ^{Bb}	28,88 ^a
Eficiência microbiana (gPB/kgNDT)				
100	89,47	87,38 ^A	59,84 ^A	56,75
300	99,81 ^a	34,81 ^{Bbc}	22,16 ^{Bc}	60,92 ^b

Letras minúsculas comparam as médias nas linhas pelo teste Tukey e maiúsculas nas colunas pelo teste F ($P < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

A redução no consumo de MS e FDNcp com o aumento do nível de alimento alternativo em dietas contendo dendê ou cacau (Tabela 41), justifica-se pela quantidade de FDNcp, FDA e lignina que contém estes alimentos (dendê: 617,9; 448,0 e 146,7 g/kg e cacau: 425,1; 287,6 e 121,1 g/kg respectivamente) (Tabela 39).

O maracujá também possui altos valores de FDNcp (465,4 g/kg), FDA (353 g/kg) e lignina (224,2 g/kg) (Tabela 39). Porém o processo de moagem para a produção do farelo proporcionou maior quebra das fibras, fazendo com que o

consumo do maracujá pelos cordeiros tenha apresentado menor efeito de enchimento em comparação ao cacau e ao dendê. A redução do consumo de MS influenciou na redução do consumo de MO, PB, EE, CNF e NDT (Tabela 41).

Os animais que foram alimentados com algaroba apresentaram os melhores consumos de MS, MO, PB, FDNcp, CNF e NDT, especialmente quando ocorreu maior nível de inclusão nas dietas (Tabela 41). Comparado aos demais alimentos, a algaroba possui menor fração de FDNcp (333,7 g/kg), FDA (196,3 g/kg) e lignina (45,9 g/kg), além de possuir maior fração de CNF (513,0 g/kg) em comparação ao cacau (262,0 g/kg), ao dendê (62,5 g/kg) e ao maracujá (207,7 g/kg). A menor fração de fibras possibilita maior consumo da MS, e a considerável fração de CNF da algaroba influencia no consumo do NDT. Obeidat *et al.* (2008), observaram que quanto maior a quantidade de algaroba em dietas para ovinos, maior o consumo de MS, MO, PB e FDNcp.

As dietas que continham maracujá na composição proporcionaram maior consumo de EE devido à ampla fração de EE (163,8 g/kg) que compõe esse alimento, em comparação aos demais alimentos (algaroba: 3,4 g/kg; cacau: 62,4 g/kg e dendê: 118,4 g/kg) (Tabela 39). A fração de EE do maracujá fez com que as dietas compostas desse alimento fossem ricas em EE (100 g/kg: 34,4 g/kg e 300 g/kg: 63,1 g/kg) (Tabela 40), aumentando assim o consumo de EE pelos cordeiros, proporcionalmente ao nível de substituição da silagem na dieta.

A fração de lignina do maracujá foi a mais alta de todos os ingredientes utilizados (224,2 g/kg), responsável pelos menores valores para digestibilidade da MS, MO e FDNcp. De acordo com Nega & Melaku (2009), o teor de lignina pode desempenhar um papel importante no comprometimento da digestibilidade. Sultan *et al.* (2010) confirmaram que a digestibilidade da MS em ovinos, e, conseqüentemente, a digestibilidade da MO pode ser conseqüência do nível de lignina da dieta. Para Cabral *et al.* (2015), o aumento da concentração de EE na dieta é responsável por reduzir a digestibilidade da fibra. Sultan *et al.* (2010) complementam ao informar que o aumento de energia reduz a digestibilidade da fibra, uma vez que pode ocorrer redução do pH ruminal.

Entretanto, as dietas contendo maracujá apresentaram os maiores valores para digestibilidade da PB e EE, justificado pela disponibilidade de energia oferecida pela composição química deste alimento (Tabela 3). Para Kumari *et al.* (2012), a digestibilidade da proteína depende da disponibilidade de energia fermentável no

rúmen. Venkateswarlu *et al.* (2014) explicam que em dietas com concentrados de alto valor energético, mais energia fermentável está disponível, o que ajuda os microrganismos ruminais a capturar nitrogênio, levando ao aumento de sua digestibilidade.

As dietas contendo dendê apresentaram os menores valores de digestibilidade dos CNF, devido ao baixo consumo desse nutriente, uma vez que o dendê possui apenas 62,5 g/kg de CNF na sua composição, ou seja, cerca de oito vezes menos CNF do que possui a algaroba (513,0 g/kg) (Tabela 39). Segundo Bhattar *et al.* (2014), os CNF são geralmente completamente digeridos no rúmen ou trato intestinal dos ruminantes, e a baixa digestibilidade destes nutrientes está ligada a baixa participação desses componentes na dieta.

A digestibilidade da MS e MO foram maiores em animais alimentados com algaroba devido à quantidade de CNF presentes na sua constituição (513,0 g/kg) (Tabela 39). Para Sultan *et al.* (2010), dietas com altos teores de CNF são utilizadas por mais microrganismos ruminais, promovendo fermentação ruminal e consequente aumento da digestibilidade da MS.

A ingestão, retenção e digestão do nitrogênio foram limitadas quando utilizado cacau ou dendê /kg nas dietas, pois o consumo e digestibilidade de PB para esses alimentos foram menores em comparação às dietas com algaroba e maracujá (Tabelas 42 e 44). Também, a maior excreção de nitrogênio na urina para dietas contendo algaroba (Tabela 46) ocorreu devido ao maior aproveitamento da PB presente na dieta. Yerradoddi *et al.* (2015) observaram que a excreção de N na urina é influenciada pelo consumo de PB na dieta, em que quanto mais proteína bruta é consumida, maior a excreção de N na urina.

A excreção de nitrogênio nas fezes foi maior para dietas que continham cacau (Tabela 46), por causa da menor energia disponibilizada por esta dieta, consequência do menor coeficiente de digestibilidade do NDT (573,7 g/kg), quando comparado aos demais alimentos alternativos (Tabela 47). Para Yerradoddi *et al.* (2015), a excreção de N nas fezes é influenciada de forma inversa pelo nível de energia da dieta, em que, quanto menos energia apresenta a dieta, mais N é excretado nas fezes.

Todas as dietas apresentaram balanço de nitrogênio positivo (Tabela 46). Nesse sentido, Souza *et al.* (2015) indica que houve retenção de proteínas no corpo dos animais em todas as dietas propostas, pois a proteína atendeu às exigências dos

animais, demonstrando o aproveitamento da amônia, para a síntese de proteína microbiana, e aproveitamento do N fornecido.

A maior produção e síntese de proteína microbiana apresentadas por animais que consumiram algaroba, justificou-se pela menor quantidade de FDNcp (33,7 g/kg na MS), lignina (45,9 g/kg na MS) e PIDN (14,0 g/kg na PB), permitindo maior acesso dos microrganismos ao conteúdo celular, e dispondo de mais proteína metabolizável, resultando em maior eficiência microbiana que para os demais concentrados (Tabela 49). No caso do cacau e do dendê, cujos alimentos eram mais fibroso (425,7 e 617,9 g/kg de FDNcp na MS, e 121,1 e 146,7 g/kg de lignina na MS, respectivamente), as fibras foram barreiras para o acesso dos microrganismos as proteínas. Além disso, parte relevante das proteínas contidas nesses alimentos estava indisponíveis (72,5 e 66,9 g/kg de PIDN na MS e 59,1 e 23,5 g/kg de PIDA na PB respectivamente).

De forma geral, a algaroba e o maracujá apresentaram as melhores opções de escolha como concentrado energético, devido ao seu valor nutricional. Contudo, o cacau e o dendê também apresentaram aproveitamento relevante dos nutrientes. Entre os níveis avaliados, observou-se maior aproveitamento dos nutrientes, maior balanço de nitrogênio e melhor eficiência microbiana, quando os alimentos avaliados foram ofertados em 100 g/kg. Portanto, parte da hipótese inicial, a qual sugeria que o aumento do nível de concentrado alternativo na dieta resultaria no aumento do aproveitamento dos nutrientes, foi rejeitada.

5. CONCLUSÃO

Entre os alimentos alternativos avaliados, independente do nível de substituição, tanto a algaroba como o maracujá apresentam maiores aproveitamentos dos nutrientes e melhor balanço de nitrogênio. Entretanto, a algaroba também apresenta maior síntese de proteína microbiana. O cacau tem o consumo limitado, porém potencial digestibilidade dos nutrientes consumidos. E o dendê tem aproveitamento limitado, devido à quantidade de lignina que dificulta o consumo e a digestibilidade dos nutrientes ingeridos.

Além disso, é indicada a utilização de até 100 g de alimento alternativo/kg em substituição à silagem de milho, independente da fonte do alimento.

6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; VALADARES R. F. D.; DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; DINIZ, L.L.; FERNANDES, H. J. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.1052-1060, 2011.

BERCHIELLI, T. T.; VEGA-GARCIA, A.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: **Nutrição de Ruminantes**, por T. T. BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Jaboticabal: Funep, p.397-421, 2006.

BHATTA, R.; SARAVANAN, M.; BARUAH, L.; MALIK, P.; SAMPATH, K. Nutrient composition, rate of fermentation and *in vitro* rumen methane output from tropical feedstuffs. **The Journal of Agricultural Science**, v. 155, n. 1, p. 171-183, 2017.

CABRAL, I. S.; AZEVEDO, J. A. G.; DE ALMEIDA, F. M.; PEREIRA, L. G. R.; DE ARAÚJO, G. G. L.; NOGUEIRA, A. S.; SOUZA, L. L.; OLIVEIRA G. A.; DE OLIVEIRA FILHO, C. A. A. Silage or fresh by-product of peach palm as roughage in the feeding of lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 3, p. 525-531, 2015.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R.. Desempenho e digestibilidade de ovinos alimentados com farelo de cacau (*theobroma cacao l.*) em diferentes níveis de substituição. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.2 p.115-122, 2006.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. **International Feed Resources Unit**, occasional publication, 1995.

CIRNE, L. G. A.; OLIVEIRA, G. J. C.; JAEGER, S. M. P. L.; BAGALDO, A. R.; LEITE, M. C. P.; OLIVEIRA, P. A.; MACEDO JUNIOR, C. M. Desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com dieta exclusiva de concentrado com diferentes porcentagens de proteína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.1, p.262-266, 2013.

CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. Importância e evolução da dendeicultura na Região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia entre 1190 e 2002. Documentos 77, **EMBRAPA/CPATU**, p.1678-1953, 2005.

CUNHA, M. **Produtividade e características de frutas de pomares de maracujá implantados com sementes originais e reaproveitadas do híbrido BRS gigante amarelo**. Dissertação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013. 64p.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.;

LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.

FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá - aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1 p.101-102, 2004.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; R. C. F.; MARTINS, L. G. R.; PEREIRA, E. M.; CARVALHO, M. A. **Subprodutos da Agroindústria na alimentação de Bovinos: caroço de algodão**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. p.A25-A32. Gainesville: University of Florida, 2000. IBGE. Anuário estatístico do Brasil: Aspecto das atividades agropecuárias e extração vegetal. 172 p. **Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística**. 2013.

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2013/PAM2010_Publicacao_completa.pdf>. (acesso em 26 de outubro de 2016).

KUMARI, N. N.; REDDY, Y. R.; BLUMMEL, M.; NAGALAKSHMI, D.; SUDHAKAR, K.; REDDY, V. R.; MONIKA, T.; PAVANI, M.; REDDY, M. S.; REDDY, B. V. S.; REDDY, C. R. Effect of roughage to concentrate ratio of sweet sorghum on nutrient utilization and microbial N supply in lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n.1, p.1717-1724, 2012.

LOUSADA JÚNIOR, J. E; NEIVA, J. N. N.; RODRIGUEZ, N. M.; P PIMENTEL, J. C.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.569-669, 2005. MALISETTY, V.; RUDDY, V. R.; DEVANABOINA, N.; MALLAM, M.; MITTA, P. Effect of feeding sorghum straw based complete rations with different roughage to concentrate ratio on dry matter intake, nutrient utilization, and nitrogen balance in Nellore ram lambs. **Tropical Animal Health and Production**. v. 46, n.5, p.759-764, 2014.

MENDONÇA, F. H. O. **Farelo de vagem de algaroba na alimentação de cordeiros em confinamento**. Tese, Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2013.

NEGA, A.; MELAKU, S. Feed intake, digestibility and body weight change in Farta sheep fed hay supplemented with rice bran and/or noug seed (*Guizotia abyssinica*) meal. **Tropical Animal Health and Production**, v.41, n.4, p.507-515, 2009.

NICORY, I. M. C.; CARVALHO, G. G. P DE.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, S. A.; DA SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; LOPES, L. S. C.; SOUZA, F. N. C.; DE FREITAS JR, J. E. Productive and metabolic parameters in lambs fed diets with castor seed meal. **Livestock Science**, v.181, n.1, p.171-179, 2015.

NOGUEIRA, A. R. de A. **Manual de Laboratório: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

OBEIDAT, B. S.; ABDULLAH Y. A.; AL-LATAIFEH, F. A. The effect of partial replacement of barley grains by *Prosopis juliflora* pods on growth performance, nutrient intake, digestibility, and carcass characteristics of Awassi lambs fed finishing diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, n.1, p.42-54, 2008.

PENZ JUNIOR, A. M.; D. G. BRUNO. Abastecimento mundial de alimentos: avicultura, suinocultura, laticínios. Vers. E-book. **Revista eletrônica NFT Alliance**. 12/09/2011. Disponível em: <http://nftalliance.com.br/artigos/ebooks/abastecimento-mundial-de-alimentos-avicultura-suinocultura-latic-nios>. Último acesso em 29/10/2016.

RIBASKI, J.; DRUMONS, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; NASCIMENTO, C. E. S. Algaroba (*Prosopis juliflora*):Árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira. Comunicado Técnico 240 - EMBRAPA: Colombo-PR, 2009. ISSN1517-5030.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba, São Paulo: Livro Ceres, 1979.

SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; VELOSO, C. M.; CARVALHO, G. G. P.; CEZÁRIO, A. S.; SANTOS, C. C. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.405-411, 2005.

SULTAN, J. I.; JAVAID, A.; ASLAM, M. Nutrient digestibility and feedlot performance of lambs fed diets varying protein and energy contents. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, n.1, p.941-946, 2010.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2°. Ithaca, Press: Cornell University, 1994. 476p.

VASCONCELOS, H. G. R. **Potencial nutritivo da torta de dendê na alimentação de ruminantes no Estado do Pará**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Belém-PA: UFPA, 2010. 57p.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell nutrition conference for feed manufacturers**, 61. Ithaca: Cornell University, p.176-185. 1999.

WOICIECHOWSKI, A. L.; CARVALHO, F. C.; SPIER, M. R.; HABU, S.; YAMAGUISHI, C. T.; GHIGGI, V.; SOCCOL, C. R. Emprego de Resíduos Agroindustriais em Bioprocessos Alimentares. In: **Biotecnologia de Alimentos**, por PASTORE, G. M.; BICAS, J. L.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. (Org.). 1° ed. São Paulo: Atheneu, v.12, p.143-172, 2013.

YERRADODDI, R. R., KHAN A. A.; MALLAMPALLI, S. R.; DEVULAPALLI, R.; KODUKULA, P.; BLÜMMEL, M. Effect of protein and energy levels in sweet sorghum bagasse leaf residue-based diets on the performance of growing Deccani lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, n.1, p.743-749, 2015.

CAPÍTULO VI: PREDIÇÃO DE FRAÇÕES DIGESTÍVEIS E DO VALOR ENERGÉTICO DE DIETAS PARA CORDEIROS EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Resumo: O foco principal deste trabalho foi verificar a hipótese de que as equações para predição dos valores das frações digestíveis e de energia, indicadas pelo BR-Corte (2016) e pelo NRC (2001), podem ser utilizadas para predição em dietas para cordeiros em condições tropicais. Bovinos e ovinos possuem particularidades em seus sistemas digestórios. Contudo, a validação dessas equações eliminaria a necessidade e os custos de investigações para o desenvolvimento de equações específicas para os ovinos. Foram avaliadas as composições químicas de dezesseis alimentos (volumosos e concentrados), e avaliadas *in vivo* as frações digestíveis e dos valores energéticos desses alimentos para cordeiros. Então, validou-se a predição da digestibilidade dos nutrientes e do valor energético, por intermédio de equações propostas pelo BR-Corte (2016) (abordagem meta-analítica) e pelo NRC (2001), utilizando valores observados obtidos com um ensaio *in vivo*. Foram utilizados 24 animais (PV e EPM), e as avaliações foram realizadas em dois períodos experimentais, em delineamento quadrado latino com reversão simples dos níveis (100 e 300 g/kg), com fator adicional (silagem de milho). Identificou-se que as equações de predição propostas pelo BR-Corte (2016) e pelo NRC (2001), para digestibilidade verdadeira de extrato etéreo (EEvd) ($P=0,001$), para as duas equações), digestibilidade verdadeira para proteína bruta (PBvd) ($P=0,007$ e $0,035$ respectivamente), resultaram em dados não compatíveis aos dados observados *in vivo*, em ovinos. É necessário para o desenvolvimento de equações de predição para EEvd e PBvd específico para ovinos. As equações de predição de carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis (CNFvd), e fibra em detergente neutro digestível (FDNd), propostas no NRC (2001), proporcionaram melhor ajuste ao comparar as estimativas aos valores coletados *in vivo* em cordeiros, do que as equações propostas pelo BR-Corte (2016). Apesar dos valores de EEvd e PBvd, observados *in vivo*, não apresentarem similaridade com as estimativas de nutrientes digestíveis totais (NDT) propostas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001) ($P=0,817$ e $0,815$, respectivamente), as equações adotadas pelo BR-Corte (2016) foram as mais precisas e exatas na avaliação do viés médio e do coeficiente de correlação concordância. Para as equações de predição de energia digestível (ED) comparadas com dados observados, a equação mais representativa foi a proposta pelo BR-Corte (2016). Dessa forma, indica-se a equação proposta pelo BR-Corte (2016), por abordagem meta-analítica, para prever o valor dos nutrientes digestíveis totais e da energia de dietas para ovinos.

Palavras-chave: equações, modelos, nutrição, ovinos, BR-Corte; NRC.

Abstract: The main focus of this work was to verify the hypothesis that the equations for predicting digestible fractions and energy values, indicated by BR-Corte (2016) and NRC (2001), can be used to predict diets for lambs under conditions tropical. Cattle and sheep have particularities in their digestive systems. However, validation of these equations would eliminate the need for and costs of research for the development of specific equations for sheep. The chemical compositions of sixteen foods (bulky and concentrated) were evaluated, and in vivo the digestible fractions and energy values of these foods were evaluated for lambs. The prediction of nutrient and energy digestibility was then validated through equations proposed by BR-Corte (2016) (meta-analytic approach) and NRC (2001), using observed values obtained with an in vivo assay. Twenty - four animals (PV and EPM) were used, and the evaluations were performed in two experimental periods, with a simple regression of levels (100 and 300 g / kg), with additional factor (corn silage). The true digestibility of ethereal extract (EEV) ($P = 0.001$) for the two equations was estimated by the BR-Corte (2016) and the NRC (2001), true digestibility for crude protein (PBvd) ($P = 0.007$ and 0.035 respectively), resulted in data not compatible with the data observed in vivo in sheep. It is necessary for the development of prediction equations for EEVd and PBvd specific for sheep. The prediction equations for true digestible non-fibrous carbohydrates (CNFvd) and digestible neutral detergent fiber (NDF), proposed in NRC (2001), provided a better fit when comparing the estimates to the values collected in vivo in lambs than equations proposed by BR-Corte (2016). Although the values of EEVd and PBvd, observed in vivo, did not present similarity to the total digestible nutrient (TDN) estimates proposed by BR-Corte (2016) and NRC (2001) ($P = 0.817$ and 0.815 , respectively), equations adopted by BR-Corte (2016) were the most accurate and accurate in the evaluation of the mean bias and correlation coefficient concordance. For the predictive energy prediction (ED) equations compared with observed data, the most representative equation was the one proposed by the BR-Corte (2016). Thus, the equation proposed by the BR-Corte (2016), by meta-analytical approach, is used to predict the value of total digestible nutrients and energy of diets for sheep.

Key-words: equations, models, nutrition, sheep, BR-Cut; NRC.

1. INTRODUÇÃO

A predição do valor energético de um alimento permite aos nutricionistas o balanceamento adequado de dietas que atendam os níveis de manutenção e de produção exigidas pelos animais. O processo *in vivo* para obtenção do valor energético é trabalhoso e de alto custo. Porém, a fim de facilitar o acesso a esta informação, foram produzidas equações, nas quais, através da composição dos nutrientes do alimento, torna possível estimar com confiança seu valor energético.

Diferentes equações (modelos) são estruturadas e estudadas, a fim de se obter melhores respostas dos animais em relação à alimentação. As equações de predição propostas pelo sistema National Research Council (NRC), em 2001, muitas vezes não são eficientes quando utilizadas em regiões de clima tropical, por serem elaboradas, utilizando banco de dados com animais taurinos, alimentados com volumosos de clima temperado, diferente das condições brasileiras, onde possui a maior parte do seu rebanho com base genética zebuína em condições de clima tropical e forrageiras C4.

Para reduzir tal inconveniente, foram produzidos estudos no Brasil (Cappelle *et al.*, 2001; Rocha Junior *et al.*, 2003; Seo *et al.*, 2006a; 2006b; Detmann *et al.*, 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2008a; 2008b; 2010; Magalhães *et al.*, 2010; Campos *et al.*, 2010; Azevêdo *et al.*, 2011)), a fim de desenvolver equações de predição eficazes em clima tropical para o rebanho zebuíno ou mestiço. Recentemente foi estabelecido por Detmann *et al.* (2016), na 3ª edição do BR-Corte, as atualizações das equações para predição do valor energético de dietas para bovinos, a partir da composição química dos alimentos.

Contudo, as equações propostas por Detmann *et al.* (2016), adotadas pelo BR-Corte (2016), que se aplicam ao clima tropical brasileiro, foram desenvolvidas a partir de estudos somente com bovinos (vacas em lactação, bovinos em crescimento e terminação). Já as equações propostas por Weiss *et al.* (1992), adotadas pelo NRC (2001), foram obtidas por banco de dados com bovinos e com ovinos, porém em clima temperado, diferente do clima predominante brasileiro. Silva Reis *et al.* (2017) explicaram que, em teoria, as frações de alimentação indegradáveis são inerentes à dieta, independentemente da espécie que recebe o alimento.

Tem-se como hipótese de que as equações indicadas pelo BR-Corte (2016) e pelo NRC (2001) podem ser eficazes para prever as frações digestíveis e o valor de

energia digestível para ovinos alimentados em condições tropicais. Tal hipótese é baseada no argumento de que uma vez que são classificados como os ruminantes, bovinos e ovinos têm semelhanças nos processos digestivos, e, se as equações adotadas pelo NRC (2001) ou BR-Corte (2016) forem validadas para uso em ovinos, então não há nenhuma necessidade de investir em novos estudos para determinação de equações específicas para os ovinos.

Fundamentado em estudos com bovinos, não será eficaz para prever as frações e os valores energéticos em ovinos alimentados em condições tropicais. Essa hipótese é argumentada que apesar de ambos serem classificados como ruminantes, bovinos e ovinos têm particularidades independentes em seus sistemas digestivos, tais como variações nas taxas de passagem da ração que possa interferir na contribuição de energia do sistema digestível, frações desse alimento.

O objetivo desse estudo foi avaliar a composição química, realizar a avaliação *in vivo* das frações digestíveis e do valor energético de dietas para cordeiros, e validar as frações digestíveis e valores energéticos obtidos *in vivo*, utilizando equações propostas por Detmann *et al.* (2016), adotada pelo BR-Corte (2016), e equações sugeridas por Weiss *et al.* (1992), adotada pelo NRC (2001).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Princípios éticos da experimentação animal

Esta pesquisa foi conduzida em estreita conformidade com a legislação brasileira sobre as pesquisas com o uso de animais, e aprovada, registrada sob protocolo 95/2015 pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, localizada em Ilhéus, Bahia.

2.2 Local e alimentos utilizados

A pesquisa experimental foi realizada na Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, em Ilhéus, Bahia. A coleta e o processamento dos materiais foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Alimentação de Ruminantes –

LaPNAR, e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal – LabNut.

Os alimentos avaliados (Tabela 50) foram adquiridos em lojas agropecuárias nas proximidades de Ilhéus-BA, por ser o local onde foi realizada a pesquisa. A composição química desses alimentos encontra-se na Tabela 51.

Tabela 49. Nome científico e tipo de subprodutos e resíduos utilizados para caracterização da composição química e digestibilidade *in vitro*.

Produto	Nome científico	Tipo de Processamento
Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	Feno
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i>	Farelo da vagem
Algodão	<i>Gossypium</i>	Torta com caroço
Braquiária	<i>Brachiaria</i>	Feno peletizado
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Farelo com casquinha
Cana de açúcar	<i>Saccharum</i>	Melaço
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i>	Torta
Mamona	<i>Ricinus communis</i>	Farelo
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Farinha de varredura
Maracujá	<i>Passiflora ligularis</i>	Casca e sementes
Milho	<i>Zea mays</i>	Fubá; Silagem; Farelo de glúten
Soja	<i>Glycine Max</i>	Farelo do grão
Transvala	<i>Digitaria</i>	Feno
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>	Farelo

Tabela 50. Composição química, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia dos alimentos.

Item	MS ^a	Mo ^b	PB ^b	EE ^b	CIDN ^b	CIDA ^b	NIDN ^c	NIDA ^c	PIDN ^b	PIDA ^b	FDNcp ^b	FDNp ^b	FDACP ^b	FDAP ^b	CNF ^b	LIG ^b	DIVFDN ^a	NDT ^a	EB ^d
Alfafa	849,4	918,4	180,8	9,7	5,3	2,3	7,9	1,9	35,4	11,7	437,2	442,5	233,8	236,1	290,7	49,9	452,7	605,3	4931
Algaroba	907,8	954,2	104,2	3,4	4,8	1,3	2,2	1,5	14,0	9,4	333,7	338,5	185,6	186,9	513,0	45,9	266,8	677,9	3786
Algodão	929,9	958,2	215,9	94,2	3,9	0,1	7,2	3,0	44,8	18,5	472,3	476,2	292,3	292,3	175,8	80,1	285,4	704,9	4659
Braquiária	895,0	923,0	64,9	14,9	12,8	3,1	2,1	1,2	12,9	7,6	755,2	768,0	365,1	378,3	88,0	78,6	440,3	485,7	4675
Cacau	850,4	917,9	168,4	62,4	17,7	8,3	11,6	9,5	72,5	59,1	425,1	442,7	220,3	228,5	262,0	121,1	491,2	587,0	4269
Dendê	931,6	931,4	132,5	118,4	30,3	26,9	10,7	3,8	66,9	23,5	617,9	648,2	397,6	424,5	62,5	146,7	420,2	592,8	4316
Mamona	863,5	921,6	384,3	38,3	17,3	12,1	17,2	3,2	107,6	19,7	425,2	442,5	289,8	301,8	73,8	210,5	414,8	508,2	3129
Mandioca	895,6	987,0	47,0	17,9	1,7	1,3	0,1	0,1	0,9	0,5	53,1	54,7	14,1	15,4	869,0	2,1	766,7	879,2	3261
Maracujá	924,0	959,2	122,3	163,8	1,7	1,4	2,4	0,1	14,9	7,1	465,4	467,2	344,4	345,9	207,7	224,2	214,1	667,7	4567
Melaço	954,1	742,1	29,1	5,6	-	-	-	-	-	-	2,7	2,7	2,5	2,5	704,7	1,9	780,9	638,0	2768
Milho (Fubá)	886,6	989,5	91,1	28,7	2,1	2,8	1,9	0,1	12,2	0,5	139,6	141,6	08,5	11,3	730,1	4,3	914,8	869,5	4035
Milho	844,7	928,7	230,7	30,5	8,2	13,2	7,0	0,2	43,7	1,3	450,0	458,2	81,0	94,2	217,6	5,6	750,6	739,0	4241
Milho silagem	274,9	964,5	66,2	23,4	6,7	8,0	1,6	0,5	9,7	3,0	526,3	533,0	241,9	250,0	293,2	33,0	447,8	624,6	4115
Soja	890,6	931,3	495,2	19,8	7,9	1,7	12,1	3,2	75,5	20,2	94,4	102,3	43,0	44,7	321,9	1,9	913,2	822,7	2161
Transvala	909,1	985,8	96,2	20,7	11,7	12,8	5,0	0,8	31,3	5,0	666,8	678,5	310,6	323,4	202,1	34,3	567,2	657,7	4195
Trigo	862,9	945,9	179,7	22,5	1,2	10,4	5,6	1,8	35,0	11,3	415,4	416,6	75,1	85,5	328,3	28,2	625,6	696,1	4398
Média	850,0	929,2	163,0	42,1	8,3	6,6	5,9	1,9	36,1	12,4	392,5	400,8	194,1	201,3	327,7	66,8	547,0	672,3	3969,13

^a g/kg; ^b g/kg na MS; ^c g/kg na PB; ^d cal/g.

2.3 Dietas e animais

Foram utilizados 24 cordeiros, não castrados, com idade de aproximadamente 180 dias e com peso corporal (PC) médio de $24 \pm 7,5$ kg. Antes de iniciar o experimento, todos os animais foram identificados e medicados contra endo e ectoparasitas. Após a primeira pesagem, realizou-se a distribuição dos animais de forma casualizada em cada dieta. As dietas experimentais, contendo alimentos concentrados, foram calculadas para conterem 100 ou 300g dos alimentos avaliados /kg de matéria seca (MS), silagem de milho e mistura ureia/sulfato de amônio (9:1), para que as rações se mantivessem isoproteicas, sendo ofertadas na quantidade de 40 g/kg do peso corporal dos animais. Nas dietas experimentais, contendo alimentos volumosos, não foram estipulados níveis, sendo ofertado volumoso e mistura ureia/sulfato de amônio (9:1), respeitando a quantidade de 40 g/kg do peso corporal dos animais.

Os animais participaram de quatro baterias para a avaliação dos alimentos, sendo a 1º, 2º e 3º bateria referente a alimentos concentrados (1º bateria: concentrados energéticos; 2º bateria: concentrados proteicos; 3º bateria: concentrados alternativos), e a 4º bateria referente aos alimentos volumosos, na qual, nessa última, utilizou-se apenas 16 animais dos 24 disponíveis, escolhidos aleatoriamente.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento, em local coberto, protegido de chuva e irradiação solar direta, arejado e de fácil higienização. Foram alojados em gaiolas metabólicas individuais de 0,96 m², providas de bebedouros e comedouros individuais e externos às gaiolas.

Para avaliação de cada recurso alimentar proposto, foram utilizados 6 animais, em 2 períodos experimentais, com 4 repetições, em delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover* (Figura 7).

1º PERÍODO			2º PERÍODO		
Quadrado Latino		Fator Adicional	Quadrado Latino		Fator Adicional
Animal 1 100 g/kg 	Animal 2 300 g/kg 	Animal 5 Silagem 	Animal 1 300 g/kg 	Animal 2 100 g/kg 	Animal 5 Silagem 
Animal 3	Animal 4	Animal 6	Animal	Animal	Animal
			100 g/kg	300 g/kg	Silagem

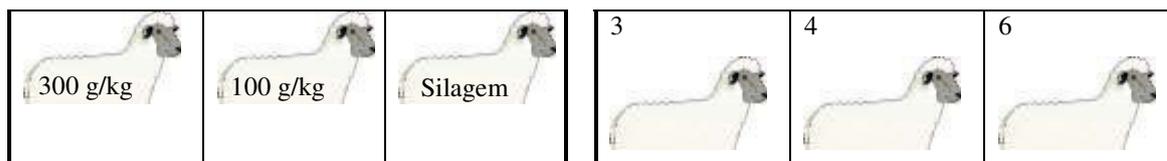


Figura 7. Representação do delineamento inteiramente casualizado em sistema *Crossover*.

Nas baterias 1, 2 e 3, no primeiro período de avaliação de cada recurso alimentar concentrado, para os animais 1 e 4, foram fornecidas dietas contendo 100g do alimento avaliado/kg de matéria seca. Para os animais 2 e 3, foram fornecidas dietas contendo 300 g/kg, e para os animais 5 e 6 foram fornecidos dietas contendo apenas silagem de milho. No segundo período, os dois animais (1 e 4), que antes receberam dietas com 100g do alimento, avaliado /kg, passaram a receber dietas com 300 g/kg, enquanto que os animais (2 e 3) que antes receberam dietas com 300 g do alimento avaliado /kg, passaram a receber dietas com 100 g do alimento avaliado /kg. Os animais que no primeiro período receberam somente silagem de milho (5 e 6), por não conter nível, continuaram a receber a mesma dieta no segundo período (Figura 7). Dessa forma, foi possível utilizar seis animais para representar três dietas com quatro repetições cada (12 unidades experimentais), para avaliação dos alimentos concentrados.

Na bateria 4 (avaliação dos alimentos volumosos), foram utilizados quatro animais, em dois períodos experimentais, com 8 repetições, em delineamento quadrado latino, representando oito unidades experimentais.

Todos os períodos tiveram duração de 15 dias, sendo 12 dias de adaptação e três dias de coleta. De acordo com Seixas *et al.* (2015), a utilização de dois dias de coleta, para experimento realizados em ovinos, são suficientes para determinar com precisão a digestibilidade dos nutrientes.

As dietas foram ofertadas duas vezes ao dia, às 7h00 (600 g/kg da oferta) e às 15h00 (400 g/kg da oferta). As sobras foram pesadas e amostradas diariamente.

2.4 Coleta de materiais e armazenamento das amostras

Foram registradas as quantidades de alimento consumido diariamente, e também foram coletadas as sobras, as fezes e a urina, utilizando bolsas coletoras de fezes adaptadas aos animais, e baldes coletores de urina, acoplados abaixo das gaiolas metabólicas.

Os ingredientes das dietas foram amostrados individualmente. Todas as sobras e as fezes foram mensuradas em balança semianalítica digital (em gramas por dia). Depois de homogeneizadas, foram retiradas alíquotas de 100g/kg para confecção das amostras compostas (três dias). Todas as amostras coletadas foram identificadas e armazenadas a -20°C, para posterior processamento e análises laboratoriais.

A urina total, coletada no período de 24 horas, em baldes coletores contendo 100 mL de H₂SO₄ a 200 mL/L, após mensurada em proveta graduada (em mililitros por dia), foi amostrada em uma alíquota de 100 mL/L do volume total, acondicionada em um recipiente plástico com tampa rosqueável e armazenada a -20°C, para posterior análise laboratorial.

Ao final do primeiro período experimental, todos os animais foram novamente pesados, a fim de reajustar a quantidade de dieta fornecida para o segundo período.

2.5 Determinação da composição química

Todas as amostras de alimento fornecido, de sobras e de fezes foram descongeladas, submetidas à pré-secagem a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 72 horas, e moídas em moinho de facas com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro. As amostras foram analisadas quanto aos conteúdos de matéria seca (MS) (método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB) (procedimento de Kjeldahl; método INCT-CA N-001/1), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN; método INCT-CA N-004/1), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA; método INCT-CA N-005/1), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN; método INCT-CA M-002/1), cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA; método INCT-CA M-003/1), extrato etéreo (EE; procedimento de Randall; método INCT-CA G-005/1); fibra em detergente neutro (FDN) corrigido para cinzas e proteína (FDN_{cp}; usando α -amilase termo estável, sem uso de sulfito de sódio e corrigido para cinzas e proteínas residuais; método INCT-CA F-002/1), fibra em detergente ácido (FDA, método INCT-CA F-004/1) e lignina (LIG, método INCT-CA F-005/1), conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA, Detmann *et al.*, 2012).

O conteúdo dos carboidratos não fibrosos (CNF), expresso em g/kg na MS, foi obtido a partir dos resultados da composição química dos alimentos, sendo $\text{CNF} = \text{g/kg MO} - (\text{g/kg PB} - \text{g/kg PB derivada da ureia} + \text{g/kg de ureia}) - \text{g/kg EE} - \text{g/kg FDN}$,

recomendada por Hall (2000), em que a ureia é representada em g/MS. A fim de reduzir os erros associados à estimativa da FDN, referentes aos contaminantes, como compostos nitrogenados e cinzas que superestimam o teor da fibra, substituiu-se nesta equação, os valores de FDN por FDN_{cp}, como indicado por Detmann & Valadares Filho (2010).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir dos resultados observados das composições químicas dos alimentos, conforme equações recomendadas por Weiss (1999), porém utilizando a FDN e CNF, corrigindo para cinza e proteína.

2.6 Determinação da degradabilidade *in vitro* da FDN

A degradabilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN) foi determinada através da incubação dos alimentos, junto ao líquido ruminal (inóculo), em condição de anaerobiose, temperatura de 39°C, capacidade tampão e pH de 6,8, em até 48 horas de digestão microbiana, como indicado por (Tilleey & Terry 1963, Menke & Steingass 1988).

O inóculo utilizado foi o líquido ruminal de dois ovinos adultos, machos e castrados, coletado manualmente através de fístula ruminal, com os animais em jejum. O meio de cultura foi preparado com duas horas de antecedência a incubação, a partir de solução tampão, macro e micromineral, como descritos por Menke & Steingass (1988), sob injeção contínua de CO₂, até que a mesma atingisse o pH de 6,8, e a utilização de homogeneizador do tipo “bailarina”. Para garantia, a temperatura correta até o momento da incubação manteve tanto o meio de cultura, quanto o líquido ruminal em banho Maria a 39°C.

A incubação foi realizada em frascos de vidro de 50 mL, previamente lavados, autoclavados, secos em estufa e identificados, os quais receberam injeção de CO₂, 300mg de alimento (mensurado em balança analítica), 28,125 mL do meio de cultura e 3,125 mL do líquido ruminal (mensurados por pipeta calibrada), conforme relação proposta por Theodorou *et al.* (1994). Os frascos foram vedados imediatamente com rolhas de borracha, para garantia de ambiente anaeróbio. Posteriormente, os frascos foram transferidos para estufa com circulação forçada de ar a 39°C.

Nos tempos de 2, 4, 8 e 12 horas, foi realizada manutenção nos frascos dentro da estufa, através de agulhas inseridas nas rolhas de borracha, a fim de retirar do excesso de gases para evitar que influenciassem no líquido e reduzissem o *pH*. No tempo de 48

horas de incubação, três frascos de cada alimento foram retirados da estufa e levados à refrigeração, a fim de cessar a atividade dos microrganismos.

Posteriormente, o conteúdo total de cada frasco foi filtrado em um cadinho filtrante de porosidade 1 (previamente tarado), com o auxílio de água fervente e bomba à vácuo, no intuito da separação do alimento avaliado do restante do conteúdo do frasco. Os cadinhos foram então transferidos para frascos autoclaváveis de 120 mL com tampa rosqueável, onde foi adicionado 30 mL de solução de detergente neutro em cada cadinho, como proposto por Mertens (2002), acrescido de 250-500 mL de enzima alfa amilase termoestável por grama de amostra. Os frascos com os cadinhos foram autoclavados durante 60 minutos a 105°C, como descrito por Pell e Schofield (1993). Em seguida, os cadinhos foram novamente filtrados com ajuda de bomba à vácuo, água fervente e acetona, para a retirada total do detergente neutro. Posteriormente, foram transferidos para estufa a 105°C, por uma noite, para pesagem e determinação da quantidade de FDN no alimento.

2.7 Determinação do consumo e coeficientes de digestibilidade

A partir dos registros diariamente realizados no período de coleta de dados, obteve-se o consumo dos alimentos através da diferença entre a quantidade fornecida e a quantidade de sobras dos alimentos nos comedouros.

Após análise laboratorial das dietas fornecidas, das sobras e das fezes, foi possível estimar o coeficiente de digestibilidade (CD) das dietas, obtido através da diferença entre o consumido e o excretado, em função do consumido (Silva & Leão, 1979), em que:

$$CD = \frac{\text{Nutriente Ingerido (kg)} - \text{Nutriente Escretado (kg)}}{\text{Nutriente Ingerido (kg)}} \times 100$$

Posteriormente, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, do extrato etéreo, da FDNcp e dos carboidratos não fibrosos, de cada recurso alimentar proteico, foram estimados a partir de solução algébrica proposta por Silva & Leão (1979):

$$\frac{ax1 + by1}{x1 + y1} = c1 \qquad \frac{ax2 + by2}{x2 + y2} = c2$$

em que: a e b são os coeficientes de digestibilidade do nutriente em estudo, contido nos alimentos; x1 e y1 são as quantidades dos alimentos x e y consumidos no primeiro período e x2 e y2 são as quantidades consumidas no segundo período; C1 e C2 são os coeficientes de digestibilidade do nutriente em estudo, contido na dieta total, determinados no primeiro e no segundo período respectivamente.

2.8 Determinação da Energia Bruta e Energia Digestível

A determinação da total da energia bruta (EB) contida nos alimentos foi obtida por combustão em bomba calorimétrica adiabática IKA® modelo C 200, programada para descontar o valor calorífico do fio de algodão utilizado como pavio para a combustão (50Joule/grama), e converter os valores finais da combustão de J/g (Joule/grama) para cal/g (caloria/grama).

A energia digestível (ED) estimada foi obtida pela diferença entre a EB dos alimentos e das fezes, considerando-se que 1 kg de NDT é igual a 4,409 Mcal de energia digestível (ED) (Silva & Leão, 1979).

A energia digestível (ED) observada foi determinada a partir do conhecimento da energia bruta do fornecido, das sobras e das fezes, tornado possível estimar a energia digerida (calorias/dia), através da diferença entre a EB consumida e EB excretado, em função da EB consumida. Posteriormente, a ED dos alimentos foram determinados a partir dos coeficientes médios da ED da dieta, por sistema de equações lineares (Silva & Leão, 1979).

2.9 Predição do valor energético dos nutrientes

A partir da composição química dos alimentos, foram estimados os valores das frações digestíveis dos nutrientes (NDT; Tabela 56) e energia digestível (ED; Tabela 57), conforme equações propostas por Detmann *et al.* (2016), adotadas pelo BR-Corte (2016), e indicadas por Weiss *et al.* (1992), adotadas pelo NRC (2001). Essas equações estimam os teores verdadeiramente digestíveis do extrato etéreo (EEvd; Tabela 52), dos carboidratos não fibrosos (CNFvd; Tabela 53); das proteína bruta (PBvd; Tabela 54), e dos teores potencialmente digestíveis da fração da fibra em detergente neutro (FDNd; Tabela 55).

Tabela 51. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de EEvd.

Fração	Proposta	Equação	ID
<u>EE(vd)</u>	<i>BR-Corte (2016)</i>	$(0,8596 \times EE) - 0,18^1$	EEbrc
	<i>NRC (2001)</i>	$(EE-1) - 0,62$	EEnrc

ID= identificação; EEvd= extrato etéreo verdadeiramente digestível; EE= extrato etéreo.

¹ Contribuição metabólica fecal (% da matéria seca) do extrato etéreo (EE) para animais alimentados *ad libitum*, para a categoria animal de bovinos em crescimento e terminação.

Tabela 52. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de CNFvd.

Fração	Proposta	Equação	ID
<u>CNF(vd)</u>	<i>BR-Corte (2016)</i>	$(0,9507 \times CNF) - 5,11$	CNFbrc
	<i>NRC (2001)</i>	$(0,98 \times CNF) - 3,1$	CNFnrc

ID= identificação; CNFvd= carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestível; CNF= carboidratos não fibrosos;

¹ Contribuição metabólica fecal (% da matéria seca) dos carboidratos não fibrosos (CNF) para animais alimentados *ad libitum*, para a categoria animal de bovinos em crescimento e terminação.

Tabela 53. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001) utilizadas para predições de PBvd.

Fração	Proposta	Equação	ID
<u>PB(vd)</u>	<i>BR-Corte (2016)</i> <i>(meta-analítica)</i>	$0,95 \times (PB - PIDN) + [kd/(kd-kp)] \times \{PIDN \times [1 - \exp^{-(0,8188 + 1,1676 \times PIDA)}]\} - 1,61^1$	PBbrc
	<i>NRC (2001)</i>	<p>Onde:</p> <p>$Kd = 0,00329 \times CMS$</p> <p>$Kp(F) = 0,287 / (FDN_{cp} - FDN_{pd})$</p> <p>$PBad (C) = PB \times [1 - (0,4 \times PIDA / PB)] - 2,7$</p> <p>$PBad (F) = PB \times \text{Exp}[-1,2 \times (PIDA / PB)] - 2,7$</p>	PBnrc

ID= identificação; PBvd= proteína bruta verdadeiramente digestível; PB= proteína bruta; PBad (C)= proteína bruta altamente digestível em concentrados; PBad (F)= proteína bruta altamente digestível em forragens; PIDN= proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA= proteína insolúvel em detergente ácido; kd= taxa de degradação da FDNpd (h-1); kp= taxa de passagem ruminal da FDNpd (h-1); CMS= consumo de matéria seca (g/kg MS); FDNcp= concentração de fibra em detergente neutro com correções para proteína e cinzas contaminantes (g/kg da MS); FDNpd= fibra em detergente neutro potencialmente digestível (g/kg da MS).

¹ contribuição metabólica Fecal (% da matéria seca) para proteína bruta (PB) em animais alimentados *ad libitum*, para a categoria de animais em crescimento e terminação de bovinos.

Tabela 54. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de FDNd.

Fração	Proposta	Equação	ID
<u>FDN(d)</u>	<i>BR-Corte (2016)</i> <i>(meta-analítica)</i>	$[kd/(kd+kp) \times FDNpd] \times FAI$	FDNbrc
		Onde: Kd= 0,00329 x CMS Kp(F)= 0,287/(FDNcp-FDNpd) Kp(C)= kp(F) x 1,8 FDNpd(F) = 3,38 + 0,883 x FDNcp – 0,834 x FDA + 0,0065 x FDA ² – 0,197 x L FDNpd(C)= -1,19 – 10,16 x D + 1,012 x FDNcp – 0,052 x FDA	
	<i>NRC (2001)</i>	$0,75 \times (FDNcp - L) \times [1 - (L/FDNcp)^{0,667}]$	FDNnrc

ID= identificação; FDNd= fibra em detergente neutro digestível (g/kg na MS); FDNcp= concentração de fibra em detergente neutro com correções para proteína e cinzas contaminantes (g/kg da MS); FDNpd= fibra em detergente neutro potencialmente digestível (g/kg da MS); FDNpd(F)= concentrações de FDNpd em forragens; FDNpd(C)= concentrações de FDNpd em concentrados; FDA= concentração de fibra em detergente ácido sem correções para proteína e cinzas contaminantes (g/kg da MS); L= lignina mensurada pelo método da hidrólise ácida (g/kg da MS); kd= taxa de degradação da FDNpd (h-1); kp= taxa de passagem ruminal da FDNpd (h-1); FAI= fator de ajuste para a digestibilidade intestinal; D= coeficiente de digestibilidade da FDNpd; D= variável “dummy” associada ao tipo de concentrado, sendo D = 1 para concentrados contendo fibra de menor degradação e D = 0 para os demais alimentos concentrados; CMS= consumo voluntário de MS (g/kg de peso corporal);

Tabela 55. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições de NDT.

Fração	Proposta	Equação	ID
<u>NDT</u>	<i>BR-Corte (2016)</i> <i>(meta-analítica)</i>	$(2,25 \times EEbrc) + PBbrc + FDNbrc + CNFbrc$	NDTbrc
	<i>NRC (2001)</i>	$(2,25 \times EEnrc) + CNFnrc + PBnrc + FDNnrc$	NDTnrc

ID= identificação; NDT= nutrientes digestíveis totais; EEbrc e EEnrc = Tabela 52; CNFbrc e CNFnrc= Tabela 53. PBbrc e PBnrc= Tabela54; FDNbrc e FDNnrc= Tabela 55;.

Tabela 56. Equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), utilizadas para predições da ED.

Fração	Proposta	Equação	ID
<u>ED</u>	BR-Corte (2016) (meta-analítica)	ED = (0,056 x PBbrc) + (0,042 x CNFbrc) + (0,042 x FDNbrc) + (0,094EEbrc)	EDbrc
	NRC (2001)	ED = (PBnrc/100 x 5,6) + (EEnrc ¹ /100 x 9,4) + (CNFnrc /100 x 4,2) + (FDNnrc/100 x 4,2)	EDnrc

ID= identificação; ED= energia digestível. EEbrc e EEnrc = Tabela 52; CNFbrc e CNFnrc= Tabela 53; PBbrc e PBnrc= Tabela54; FDNbrc e FDNnrc= Tabela 55

¹Equação sem suplementação de glicerol.

2.10 Avaliação das equações de predição do valor energético, adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001).

Os procedimentos para avaliação das frações digestíveis, observadas e preditas pelas equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), basearam-se no ajustamento do modelo de regressão linear simples dos valores observados (variável dependente), sobre os valores preditos (variável independente) pelas equações, sendo as estimativas dos parâmetros de regressão testadas pela hipótese de nulidade conjunta segundo Mayer *et al.* (1994):

$$H_0 : \beta_0 = 0 \text{ e } \beta_1 = 1 \text{ X } H_a : \text{não } H_0.$$

Sob o caso de não rejeição da hipótese de nulidade, concluiu-se pela equivalência entre os valores observados e preditos pelas equações. Caso contrário, a tendência do modelo seria subestimar ou superestimar a resposta do animal.

O viés médio (VM) foi calculado conforme (Cochran & Cox, 1992), de acordo com a equação abaixo:

$$VM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - yi) \text{ em que: } x = \text{valores observados, } y = \text{valores preditos}$$

O coeficiente de correlação concordante (CCC), também conhecido como índice de reprodutibilidade, que considera simultaneamente exatidão e precisão, foi calculado conforme Lawrence & Lin (1989).

A avaliação comparativa da eficiência de predição das equações foi realizada pela avaliação do quadrado médio dos erros de predição (QMEP), no qual se considerou o vício médio, vício sistêmico e erros aleatórios, segundo descrito por Bibby & Toutenburg (1977), conforme a equação abaixo:

$$QMEP = \frac{1}{n} \sum_i^n (xi - yi)$$
 em que: x = valores observados, y = valores preditos

Faz-se necessário uma ressalva de que para todos os cálculos de variância, empregou-se como divisor o total de observações (n).

Para todos os procedimentos estatísticos, fixou-se em 0,05 o nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o programa Model Evaluation System (MES), versão 3.0.11.

3 RESULTADOS

O conjunto de dados utilizados neste estudo apresentou ampla variabilidade para o consumo dos nutrientes dos alimentos avaliados, uma vez que os valores de máximo e mínimo para consumo não são próximos, e elevaram os valores do desvio padrão (DP) e erro padrão da média (EPM). Entretanto, a quantidade de alimento consumido, também depende do tamanho do animal que consumiu, por causa das suas necessidades de energia. Isso fica claro ao observar o consumo da MS e FDNcp em g/dia e g/kg PC, uma vez que a segunda unidade padroniza o consumo da MS de acordo com o tamanho do animal, reduzindo assim os valores de DP e EPM (Tabela 58).

A digestibilidade dos nutrientes, expressa em g/kg, que também independe do tamanho do animal, mostra valores mais baixos de DP e EPM (Tabela 58).

Tabela 57. Estatística descritiva para o conjunto de dados utilizados para predição do valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

Itens	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	EPM
Consumo, g/dia						
MS	545,6	564,5	412,3	660,2	76,2	6,96
MO	508,2	530,7	370,1	595,7	69,7	6,36
PB	59,8	59,4	44,0	85,5	9,3	0,85
EE	13,3	12,4	8,3	25,7	4,7	0,43
FDNcp	263,3	255,2	210,6	333,1	37,3	3,40
CNF	169,4	174,2	75,3	221,4	37,8	3,45
Consumo, g/kg PC						
MS	52,0	53,8	41,1	60,7	6,4	0,58
FDNcp	11,7	11,7	9,4	13,8	1,5	0,14
Consumo, g/kg PC ^{0,75}						
MS	508,2	530,7	370,1	595,7	59,7	5,45
Digestibilidade, g/kg						
MS	618	621	554	672	33	30
MO	618	628	552	667	35	32
PB	609	619	414	693	64	58
EE	756	776	575	856	78	71
FDNcp	514	518	296	700	96	88
CNF	791	807	560	866	69	63

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteínas; CNF = carboidratos não fibrosos. DP= desvio padrão; EPM= erro padrão da média.

3.1 Extrato Etéreo e Proteína Bruta verdadeiramente digestíveis

Apesar do aparente ajustamento dos valores observados com os valores preditos para EEvd ($r^2 = 0,98$) e PBvd ($r^2 = 0,92$) na equação indicadas pelo BR-Corte (2016) como pelo NRC (2001), não houve equivalência ($P < 0,05$) pelo teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994), para as frações de EEvd e PBvd, entre os valores observados em condições práticas de alimentação com ovinos e as equações preditas pelo BR-Corte (2016) e sugerido pelo NRC (2001) (Tabela 59).

Na obtenção do EEvd, identificou-se a existência de alimentos com menos de 1 g/kg de EE na MS (dietas contendo *Prosopis juliflora*, melaço, alfafa, ou *brachiaria*),

que foram apontados como zero nas estimativas de EEvd pelas equações do NRC (2001), o que não foi um dado real e não contribuiu para o valor energético do alimento.

Tabela 58. Estatística para regressão entre os valores observados (*in vivo*, n= 16) e preditos pelos modelos sugeridos pelo BR-Corte (2016) and NRC (2001), para valores verdadeiramente digestíveis de extrato etéreo (EEvd) e proteína bruta (PBvd).

Item	EEvd		PBvd	
	BR-Corte (2016)	NRC (2001)	BR-Corte (2016)	NRC (2001)
Intercepto	-0.61	1.01	-5.22	-3.74
Inclinação	1.31	1.13	1.43	1.31
r ²	0.98	0.98	0.92	0.92
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0.001	0.001	0.007	0.035
VM, %	0.47	1.34	0.34	0.28
CCC	0.94	0.94	0.89	0.91
QMEP, % ²	2.22	2.72	44.07	35.99
<u>Decomposição do QMEP</u>				
Vício médio	0.22 (9.7%)	1.79 (65.9%)	0.12 (0.3%)	0.08 (0.2%)
Vício sistêmico	1.39 (62.6%)	0.31 (11.5%)	22.16 (50.3%)	13.62 (37.8%)
Erros aleatórios	0.61 (27.7%)	0.61 (22.6%)	21.80 (49.4%)	22.30 (62.0%)

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

3.2 Fibra em detergente neutro digestíveis

Apesar do ajustamento dos valores observados com os valores preditos, com r²= 0,78 (BR-Corte); e r²=0,75 (NRC), o teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994), para a fração de FDNd, apresentou resultados equivalentes (P>0,05) na comparação das equações preditas pelo BR-Corte (2016), da equação predita pelo NRC (2001), e dos valores observados em condições práticas de alimentação por cordeiros (Tabela 60).

Contudo, quando comparados aos valores do teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994), a equação do NRC apresentou P=0,649 estar mais próximo de 1, do que os propostos pelo BR-Corte (P=0,288). Tal fato conferiu maior confiabilidade à equação proposta pelo NRC (2001), na predição de FDNd para a alimentação por cordeiros (Tabela 61). Também é importante destacar que todas as

equações de predição avaliadas tenderam a superestimar os valores da fração de FDNd observados, uma vez que o valor do VM foi negativo (Tabela 60).

Tabela 59. Estatística para regressão entre os valores observados (*in vivo*, n= 16) e preditos pelos modelos adotados pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), para fibras digestíveis em detergente neutro (FDNd) e carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis (CNFvd).

Itens	FDNd		CNFvd	
	BR-Corte (2016)	NRC (2001)	BR-Corte (2016)	NRC (2001)
Interceto	-2.67	1.02	1.58	-0.60
Inclinação	0.99	0.90	1.03	1.01
r ²	0.78	0.75	0.93	0.93
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0.288	0.649	0.336	0.945
VM, %	-2.99	-1.19	2.43	-0.56
CCC	0.86	0.86	0.96	0.97
QMEP, % ²	54.94	55.39	44.65	38.53
<u>Decomposição do QMEP</u>				
Vício médio	8.92 (16.2%)	1.40 (2.6%)	5.91 (13.2%)	0.31 (0.8%)
Vício sistemico	0.03 (0.1%)	1.91 (3.4%)	0.52 (1.2%)	0.01 (0.0%)
Erros aleatórios	45.99 (83.7%)	52.07 (94.0%)	38.21 (85.6%)	38.22 (99.2%)

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

3.3 Carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis

Através do teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994), para a fração de CNFvd, observou-se que as equações adotadas pelo BR-Corte (2016) e as equações sugeridas pelo NRC (2001), apresentaram resultados semelhantes aos valores observados em condições práticas de alimentação por cordeiros, o que permite afirmar que existiu equivalência entre os valores preditos e os observados para CNFvd (Tabela 60).

Tal afirmação também é fundamentada pelos valores de CCC=0,96, para a equação proposta por BR-Corte (2016) e CCC=0,97, e para a equação proposta pelo NRC (2001), pois ambos os valores aproximam-se de 1 (Tabela 60).

Todavia, é importante ressaltar que, de acordo com os dados obtidos, a equação proposta pelo BR-Corte (2016) tende a subestimar ($VM = 2,43188$) os valores preditos de CNFvd, enquanto que a equação proposta pelo NRC (2001) tende a superestimar ($VM = -0,56$) (Tabela 60).

Quando comparados os valores do teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994), a equação proposta pelo NRC (2011) apresenta valor de $P = 0,945$, em comparação à equação proposta pelo BR-Corte (2016), com $P = 0,336$. Tal fato confere maior confiabilidade à equação proposta pelo NRC (2001) na predição de CNFvd, na alimentação de cordeiros (Tabela 60).

3.4 Nutrientes digestíveis totais (NDT)

Os valores obtidos no teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994), foram muito próximos (BR-Corte = 0.817 and NRC = 0.815), apresentando resultados equivalentes ($P > 0,05$) na comparação das equações predita pelo BR-Corte (2016), equações sugeridas pelo NRC (2001) e dos valores observados sob condições de alimentação prática. Porém, os valores do VM indicaram que as equações propostas pelo BR-Corte e do NRC tenderam a superestimar os valores dos NDT (Tabela 61).

Com base em dados apresentados, a equação proposta por BR-Corte apresentou o melhor CCC (0,73) em comparação com NRC (0,58), tornando-se a equação que melhor se ajustou aos dados observados. Além disso, reforçando essa escolha, os dados do QMEP identificaram que a equação proposta pelo BR-Corte foi a que obteve o menor erro de predição (QMEP = 66,11), em comparação com o NRC (MSEP = 105,16) (Tabela 61).

3.5 Energia digestível (ED)

Na comparação dos valores estimados pelas equações propostas por BR-Corte (2016) e NRC (2001), e os valores observados *in vivo* para energia digestível (ED), observou-se r^2 de baixa confiabilidade (BR-Corte = 0,08 e NRC = 0,01; Tabela 61). Porém, para o teste de significância da hipótese nula (Mayer *et al.*, 1994), as equações propostas pelo BR-Corte apresentaram equivalência ($P = 0,061$) com os valores observados em condições práticas de alimentação de cordeiros (Tabela 61).

As equações propostas por BR-Corte também geraram maior CCC (0,25), em comparação com aquelas propostas pelo NRC, que gerou o CCC de 0,05 (Tabela 61). Os dados QMEP também revelam que a equação da BR-Corte resultou em um menor erro de predição (QMEP= 0,37), em comparação com o NRC (QMEP = 0,67) (Tabela 12). Os valores do VM indicaram que as equações avaliadas tendem a superestimar os valores observados de ED (Tabela 61).

Tabela 60. Estatística para regressão entre os valores observados (*in vivo*, n= 16) e preditos pelos modelos adotados pelo BR-Corte (2016) e NRC (2001), para nutrientes digestíveis totais (NDT).

Itens	NDT		ED	
	BR-Corte (2016)	NRC (2001)	BR-Corte (2016)	NRC (2001)
Interceto	-8.44	11.25	1.69	2.35
Inclinação	1.10	0.83	0.34	0.19
r ²	0.61	0.37	0.08	0.01
Valor P (Ho: a = 0 e b = 1)	0.817	0.815	0.061	0.002
VM, %	-1.00	-0.73	-0.20	-0.49
CCC	0.73	0.58	0.25	0.05
QMEP, % ²	66.11	105.16	0.37	0.67
<u>Decomposição do QMEP</u>				
Vício médio	1.00 (1.5%)	0.53 (0.5%)	0.04 (11.0%)	0.24 (36.5%)
Vício sistemico	0.88 (1.3%)	2.50 (2.4%)	0.08 (22.0%)	0.16 (23.9%)
Erros aleatórios	64.23(97.1%)	102.13(97.1%)	0.24 (67.1%)	0.26 (39.6%)

VM = viés médio, CCC = coeficiente de correlação concordante, QMEP = quadrado médio do erro de predição.

4 DISCUSSÃO

As equações propostas pelo NRC (2001) têm como particularidade a praticidade dos cálculos, empregando médias de valores obtidos por avaliações empíricas, sendo utilizado no mundo para formulação de dietas para ruminantes (Santos *et al.*, 2006). Já as equações propostas por BR-Corte (2016) possuem maior complexidade e resultados mais precisos, sendo necessário maior domínio das informações para sua aplicação.

A predição do NDT e da ED considera as frações de EEvd, CNFvd, FDNd e PBvd. No entanto, nenhuma equação proposta para predição de EEvd e para PBvd apresentou equivalência ($P < 0,05$) com os dados coletados *in vivo* para cordeiros em crescimento (Tabela 59).

A não compatibilidade das equações para predição da PBvc e EEvd podem estar relacionadas à determinação da fração fecal metabólica descontada nas equações. De acordo com Sampaio *et al.* (2012), essas frações contribuem de forma complementar para a precisão das frações verdadeiramente digestíveis, especialmente àqueles de EE e CP. Tais frações são representadas por secreções endógenas, contaminação por microorganismos, e descamação do epitélio (Mason, 1971). A determinação da fração fecal metabólica indicada pelo NRC (2001), proposto por Weiss *et al.* (1992), baseou-se na média de dados de composição de matérias fecais avaliada em bovinos e ovinos alimentados em condições tropicais. Como afirmado por Detmann *et al.* (2008) e Sampaio *et al.*, a fração metabólica fecal não pode ser igualada para alimentação de climas diferentes, devido à fração metabólica fecal ser diretamente afetada pelo fluxo de nutrientes na parte final do intestino delgado (provocando alterações na atividade dos microorganismos no ceco), e pelo nível de compostos fibrosos na dieta, sendo esse fluxo de nutrientes no intestino animal, e o nível fibroso diferentes em alimento cultivados em condições tropicais e não tropicais.

Dessa forma, em condições tropicais, teria maior eficiência a determinação da fração metabólica fecal indicada por Detmann *et al.* (2016), se não fosse pelas frações metabólicas fecais serem baseadas em dados médios da composição fecal avaliados apenas em bovinos.

Ainda, na predição de EEvd pela equação proposta no NRC (2001), alguns alimentos com EE, menor do que 1 g/kg na MS, foram contabilizados como zero, porém este não é seu valor real. No cálculo matemático da equação, as frações de EEvd apresentaram-se negativos, e a orientação do NRC (2001) é de que seus valores não sejam contabilizados, ou seja, nesse caso são igualados a zero.

Azevêdo *et al.* (2011) também observaram valor zero predito pelo NRC (2001) para EEvd em subprodutos de abacaxi, casca de mandioca e haste da mandioca. Nesse estudo, para a predição de EEvd pelas equações do NRC (2001), observaram-se valores igualados a zero para dietas com algaroba, melão, alfafa e braquiária. Além disso, outras dietas com mandioca, trigo, silagem de milho e transvala tiveram seus valores preditos muito próximos de zero (0,17; 0,36; 0,72 e 0,45 g/kg respectivamente).

Outros pesquisas como Pina *et al.* (2006) e Silva *et al.* (2007) também observaram que o modelo do NRC (2001) tende a subestimar a predição do EEvd para alimentos em condições tropicais. Porém, suas pesquisas foram desenvolvidas com bovinos. Rocha Junior *et al.* (2003) também observaram que a predição pelo NRC (2001) subestimou alimentos conjuntos (volumoso + concentrado), e seu banco de dados era composto por bovinos, ovinos, caprinos e bubalinos. Os autores ressaltaram que a maioria dos alimentos possuíam baixo teores de EE e, portanto, a estimativa da digestibilidade considerada pelo NRC (2001), sempre poderá subestimar o valor nutricional dos alimentos.

Observou-se que a equação do NRC (2001) subestimou valores de alguns alimentos, porém de forma discreta. No caso da silagem de milho, foi estimado 3,57 g/kg de PBvd, enquanto que o observado foi de 4,23 g/kg. Outros alimentos também foram subestimados, como, por exemplo, o melaço (0,21 g/kg estimado e 2,02 g/kg observado), o farelo de soja (46,01 g/kg observado e 63,82 g/kg estimado) e a braquiária (2,94 g/kg estimado e 4,04 g/kg observado). Campos *et al.* (2010), ao avaliarem a digestibilidade de volumosos para ovinos, também observaram que os valores de PB digestíveis foram subestimados quando preditos pela equação proposta pelo NRC (2001), em que os valores para a silagem de milho, por exemplo, foram estimados em 6,60 g/kg e observados em 4,45 g/kg, respectivamente.

Para obter uma maior precisão na predição de energia na alimentação de cordeiros, é necessário desenvolver equações de predição para EEvd e PBvd específico para cordeiros que considere o coeficiente de digestibilidade e a contribuição metabólica fecal desta espécie.

As equações propostas para predição de CNFvd e FDNd apresentaram equivalência com os valores observados *in vivo*, para cordeiros alimentados com dietas contendo alimentos tropicais. A equação de predição de CNFvd e FDNd propostas pelo NRC (2001) mostraram uma maior confiabilidade. do que o proposto por Detmann *et al.* (2016) (Tabela 60).

Sampaio *et al.* (2012) afirmaram que a maior eficiência das equações de predição de CNFvd é decorrente de uma maior precisão da estimativa da fração metabólica fecal, uma vez que as equações propostas pelo BR-Corte (2016) e pelo NRC (2001) são baseadas nos conceitos de entidade nutricional e têm coeficientes de digestibilidade verdadeira semelhante.

De acordo com Tedeschi *et al.* (2008), os modelos de predição de fibras digestíveis possuem limitações para ovinos, devido à sua capacidade de selecionar as partes mais nutritivas da dieta na atividade da mastigação, diminuindo o pH ruminal, e diferindo a digestibilidade da fibra no rúmen em relação aos grandes ruminantes.

As equações que utilizam o valor de (kp), como a equação meta-analítica para predição de FDNd, proposta pelo BR-Corte (2016), apresentam um caráter dinâmico à equação, visto que o kp influencia no aproveitamento de cada nutriente no organismo, e também na capacidade de consumo dos alimentos. A utilização do kp, em equações de predição, indica que o valor dos nutrientes está diretamente ligado às características metabólicas e fisiológicas dos animais, o que eleva à precisão dos cálculos (Santos *et al.*, 2006).

Pereira *et al.* (2010) afirmam que dentre todos os nutrientes avaliados para a determinação da concentração energética disponível de um alimento, o EE e a PB são positivamente correlacionadas com o teor de NDT, enquanto que as frações fibrosas apresentam correlações negativas com a disponibilidade energética do alimento. Entretanto, mesmo com os dados acima indicando que a predição de algumas frações do NDT (EEvd e PBvd) não foram equivalentes aos valores observados *in vivo* para alimentação de cordeiros, a predição final do NDT se mostra equivalente para teste de significância da hipótese de nulidade conjuntas (Mayer *et al.*, 1994). Nesse contexto, as previsões obtidas pelas equações de BR-Corte (2016) e as equações adotadas pelo NRC (2001), foram compatíveis com os valores observados nas práticas de alimentação de cordeiros (Tabela 61). Contudo, as equações adotadas pelo BR-Corte (2016) foram as mais precisas e acuradas.

Magalhães *et al.* (2010); Azevêdo *et al.* (2011) observaram erros da estimativa do NDT a partir das equações do NRC (2001), e indicaram a utilização das equações propostas por Detmann *et al.* (2006 a, b e c) e Detmann *et al.* (2007). Azevêdo *et al.* (2011) ainda sugeriram mudanças nos cálculos de predição, em especial das fibras, para uma maior precisão no valor energético de subprodutos

Campos *et al.* (2010) também encontraram diferença entre os valores de NDT pela equação proposta pelo NRC (2001), e os valores de NDT observados em ensaio com ovinos. Rocha Júnior *et al.* (2003), de forma contrária, observaram compatibilidade estatística entre os valores de NDT, obtidos através das equações do NRC (2001) e os valores de NDT observados para bovinos, ovinos, caprinos e bubalinos, para alimentos volumosos e concentrados. Nesse caso, os autores indicaram a utilização das equações

propostas pelo NRC (2001), para predição do valor de NDT para alimentação de ruminantes.

Nas equações de predição de ED em comparação com os dados observados, o mais representativo seria a equação proposta por BR-CORTE (2016).

5 CONCLUSÃO

As equações de predição de extrato etéreo e proteína bruta verdadeiramente digestíveis, propostas por Detmann *et al.* (2016), adotadas pelo BR-Corte (2016), ou propostas por Weiss *et al.* (1992), e adotadas pelo NRC (2001), não são compatíveis com os valores observados na alimentação de cordeiros.

As equações para predição de carboidratos não fibrosos verdadeiramente digestíveis e fibra em detergente neutro digestível, proposto por Weiss *et al.* (1992), adotada pelo NRC (2001), apresentam maior confiabilidade, em comparação às equações propostas por Detmann *et al.* (2016), adotada pelo BR-Corte (2016), embora ambas possam ser usadas.

Equações propostas por Detmann *et al.* (2016), adotada em BR-Corte (2016), por uma abordagem meta-analítica, podem ser usadas para predizer o valor dos nutrientes digestíveis totais e os valores de energia digestível de alimentos para cordeiros.

6 REFERÊNCIAS

AZEVÊDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; OLIVEIRA, K. A. M.; FERNANDES, H. J.; SOUZA, N. K. P. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.391-402, 2011.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**, São Paulo: FUNEP, 2º ed., 2011.

BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. Prediction and improved estimation in linear models. Wiley, New York, 1977.

CAMPOS, P. R. S. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; CECON, P. R.; LEÃO, M. I.; LUCCHI, B. B.; SOUZA, S. M.; PEREIRA, O. G. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. **Revista Ceres**, v. 57, n.1, p. 079-086, 2010.

CAPPELLE, E. R. E.; VALADARES FILHO, S. D. C.; SILVA, J. F. C. D.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 20 vol. 30, n.6, p. 1837-1856, 2001.

COCHRAN, W.G.; COX, G. M. **Experimental Design**, Wiley, New York, 1957.

DETMANN, E.; MAGALHÃES, K. A.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; HENRIQUES, L. T. Desenvolvimento de um sub modelo bi-compartimental para estimação da fração digestível da proteína bruta em bovinos a partir da composição química dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2215-2221, 2008.

DETMANN, E.; PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; CAMPOS, J. M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A.; HENRIQUES, L. T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2101-2109, 2006a.

DETMANN, E.; SILVA, J.F.C.; CLIPES, R.C. et al. Estimação por aproximação química dos teores de proteína indegradável insolúvel em detergente neutro em forragens tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.742-746, 2010.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CHIZZOTTI, M. L.; MAGALHÃES, K. A. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1479-1486, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, A. L. R.; FIGUEIREDO, D. M.; PORTO, M. O.; CHIZZOTTI, M. L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.155-164, 2007.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CAMPOS, J. M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.

GARRY, B., KENNEDY, E., BAUMONT, R., BOLAND, T. M., WRIGHT, M. M., O'DONOVAN, M.; LEWIS, E. Comparing the in vivo dry matter digestibility of perennial ryegrass in sheep and dairy cows. In: **Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands, 15-17 June 2015.** Wageningen Academic Publishers, p.416-418, 2015.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen.** p.A25-A32. Gainesville: University of Florida, 2000.

LAWRENCE, I.; LIN, KUEI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**, v.45, n.1, p. 255-268, 1989.

MAGALHÃES, K. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; DINIZ, L. L.; PINA, D. S.; AZEVÊDO, J. A. G.; ARAÚJO, F. L.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A.; TEDESCHI, L. O. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.155, n.1, p.44-54, 2010.

MAYER, D.G., STUART, M.A.; SWAIN, A.J. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. **Agriculture System**, v.45, n.1, p.93-104, 1994.

MENKE, K. H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development** v. 28, n.1 p.7-55, 1988.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington, D.C.p. 381, 2001.

OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; SILVA, A. M. A.; CARNEIRO, M. S. S.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; CAMPOS, A. C. N.; GADALHA, C. R. F. Estimates of nutritional requirements and use of small ruminant nutrition system model

for hair sheep in semiarid conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.1985-1998, 2014.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S.; MIZUBUTI, I. Y.; ARAUJO, G. G. L.; CARNEIRO, M. S. S.; REGADAS FILHO, J. G. L.; MAIA, I. S. G. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; CAMPOS, J. M. S.; MORAES, K. A. K.; OLIVEIRA, A. S.; PAIXÃO, M. L. Efeitos de Indicadores e Dias de Coleta na Digestibilidade dos Nutrientes e nas Estimativas do Valor Energético de Alimentos para Vacas Alimentadas com Diferentes Fontes de Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2461-2468, 2006.

REGADAS FILHO, J. G. L.; PEREIRA, E. S.; VILLARROEL, A. B. S.; PIMENTEL, P. G.; FONTENELE, R. M.; COSTA, M. R. G. F.; MAIA, I. S. G.; SOMBRA, W. A. Efficiency of metabolizable energy utilization for maintenance and gain and evaluation of Small Ruminant Nutrition System model in Santa Ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2558-2564, 2011.

ROCHA JUNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; BORGES, A. M.; DETMANN, E.; MAGALHÃES, K. A.; VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; CECON, P. R. Estimativa do Valor Energético dos Alimentos e Validação das Equações Propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

SAMPAIO, C. B.; DETMANN, E.; VALADRES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; VALENTE, T. N. P.; SILVA, R. R.; SOUZA, M. A.; COSTA, V. A. C. Avaliação de modelos para predição do valor energético de dietas para o crescimento de bovinos a partir da composição química dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, n.9, p. 2110-2123, 2012.

SANTOS, F. A. S.; RODRIGUES, M. T.; LISBOA FILHO, J. Modelo computacional para formulação de rações de mínimo custo para pequenos ruminantes utilizando programação linear. **XIII SIMPEP** – Bauru: SP, 2006.

SEO, S., TEDESCHI, LO, LANZAS, C.; SCHWAB, C. G.; FOX, D. G. Development and evaluation of empirical equations to predict feed passage rate in cattle. **Animal Feed Science and Technology**. v 128, n.1-2, p.67-83, 2006a.

SEO, S.; TEDESCHI, L. O.; SCHWAB, C. G.; GARTHWAITE, B. D.; FOX, D. G. Evaluation of the passage rate equations in the 2001 dairy NRC model. **Journal of Dairy Science**. v.89. n.6 p.2327-2342, 2006b.

SILVA, D. J.; QUEIROZ A. C. **Análise de Alimentos : métodos químicos e biológicos**. 3ªed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; DETMANN, E.; PAIXÃO, M. L. Valor energético do capim-elefante em diferentes

idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.711-718, 2007.

SOTO-NAVARRO, S. A.; LOPEZ, R.; SANKEY, C.; CAPITAN, B. M.; HOLLAND, B. P.; BALSTAD, L. A.; KREHBIEL, C. R. Comparative digestibility by cattle versus sheep: Effect of forage quality. **Journal of animal science**, v. 92, n.4, p.1621-1629, 2014.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. Um modelo matemático de nutrição para contabilizar o suprimento dietético e os requisitos de energia e nutrientes para pequenos ruminantes domesticados: desenvolvimento e avaliação do Sistema de Nutrição de Ruminantes Pequenos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.spe, p.178-190, 2008.

TILLEEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage Technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, n.2 p.104-111, 1963.

VALADARES FILHO, S. D. C.; COSTA E SILVA, L. F.; GIONBELLI, M. P.; ROTTA, P. P.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PRADOS, L. F.. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-Corte**. 3º ed. Viçosa: UFV, DZO, 2016.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Cornell nutrition conference for feed manufacturers**, 61. p.176-185. Ithaca: Cornell University, 1999.

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, N. R. ST. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**, v.39, n.1, p.95-10, 1992.