INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

Caracterização nutricional de coprodutos da extração de óleo em grãos vegetais em dietas de ovinos

Patrícia Brás

Nova Odessa
Fevereiro - 2011

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

Caracterização nutricional de coprodutos da extração de óleo em grãos vegetais em dietas de ovinos

Patrícia Brás
Orientadora: Dra. Rosana A. Possenti

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Produção Animal Sustentável.

Nova Odessa
Fevereiro - 2011

Ficha elaborada pelo
Núcleo de Informação e Documentação do Instituto de Zootecnia
Bibliotecária responsável – Ana Paula dos Santos Galletta - CRB8/7166

B823c Brás, Patrícia

Caracterização nutricional de coprodutos da extração de óleo em grãos vegetais em dietas de ovinos. / Patrícia Brás. Nova Odessa - SP, 2011.

75p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia. APTA/SAA.
Área de Concentração: Produção Animal Sustentável
Orientadora: Dra. Rosana A. Possenti.

1. Ovinocultura. 2. Nutrição animal. 3. Alimentos alternativos. I. Possenti, Rosana A. II. Título.

CDD 636.3

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DE COPRODUTOS DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO EM GRÃOS VEGETAIS EM DIETAS DE OVINOS

PATRÍCIA BRÁS

Orientadora: Dra. Rosana Aparecida Possenti

Aprovado como parte das exigências para obtenção de título de MESTRE em Produção Animal Sustentável, pela Comissão Examinadora:

Dra. Rosana Aparecida Possenti

Dra. Ivanete Susin

Dra. Maria José Valarini

Data da realização: 07 de fevereiro de 2011

Presidente da Comissão Examinadora
Profa. Dra. Rosana Aparecida Possenti

Aos meus amados pais

Claudenir e Maria Luiza

E irmão

Eduardo Brás

Pelo amor incondicional

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, proteção e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Claudenir José Brás e Maria Luiza Gobbo Brás e irmão Eduardo Brás, pelo amor e apoio em todos os momentos.

Ao Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, pela oportunidade de realizar este curso.

À Prof. Dra. Rosana A. Possenti, pela orientação, incentivo, confiança, ensinamentos e oportunidade de realizar este curso.

Ao técnico Nivaldo Martins, pela amizade, dedicação, disposição constante em ajudar e indispensável colaboração durante todo o período experimental.

Às funcionárias e amigas do Laboratório de Bromatologia e Minerais, Neusa A. Chaves, Carmem L. Terra, Lindaura L. Oliveira e estagiários Jozilene Farias, Adna R. Monção e Anderson Falcade, pela contribuição nas análises bromatológicas e pelos ótimos momentos de trabalho em equipe, amizade, apoio e convivência.

Aos amigos Andréa Judice Pivetta e Flávio Rocha, pela amizade, apoio e conselhos.

Ao amigo Marcio Alves de Oliveira, pela amizade, incentivo e ajuda nas análises clínicas.

À Erika M. Celegato, pela amizade, companhia durante o curso e disposição em ajudar.

Ao funcionário Joaquim do Nascimento (Maquina), pela colaboração nas coletas de sangue.

Ao Prof. Dr. Fábio Prudêncio de Campos, pelos ensinamentos e disposição em ajudar.

À Dra. Ana Carolina N. Alves, pelas valiosas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

À PqC Eliana Shammas, pela colaboração nas análises estatísticas.

À PqC Dra. Roseli A. Ferrari, pela viabilização e análises dos coprodutos.

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e desta etapa da minha vida.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO x
ABSTRACT xi
LISTA DE FIGURAS xii
LISTA DE TABELAS xiv
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DA LITERATURA 5
2.1. Subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes 5
2.2. Cártamo 6
2.3. Nabo forrageiro 8
2.4. Girassol 10
2.5. Crambe 11
2.6. Metabolismo ruminal 12
2.7. Lipídios na dieta de ruminantes 13
2.8. Parâmetros ruminais 16
2.8.1. pH e nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) 16
2.8.2. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e metano 17
2.9. Avaliação da degradabilidade pela técnica *in situ* 18
3. MATERIAL E MÉTODOS 19
3.1. Animais e instalações 19
3.2. Delineamento, tratamentos e manejo experimental 20
3.3. Óleos e tortas 21
3.4. Composição nutricional 23
3.5. Composição dos ácidos graxos 25
3.6. Parâmetros ruminais 26
3.6.1. Ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal 26
3.6.2. Determinação do pH 28
3.7. Degradabilidade ruminal *in situ* 28
3.8. Parâmetros sanguíneos 31

3.9. Análises estatísticas 32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 35
4.1. Composição nutricional 35
4.2. Composição dos ácidos graxos 38
4.3. Ingestão de matéria seca 40
4.4. Parâmetros ruminais 41
4.4.1. pH e nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) 41
4.4.2. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) 46
4.5. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta 53
4.6. Parâmetros sanguíneos 59
5. CONCLUSÕES 63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

RESUMO

Caracterização nutricional de coprodutos da extração de óleo em grãos vegetais em dietas de ovinos

A busca por fontes alternativas de energia é uma necessidade em sistemas de produção sustentável, pois além de contribuir com o meio ambiente, pode proporcionar a produção de alimentos alternativos para animais. Espécies como o girassol, nabo forrageiro, crambe e cártamo são consideradas como potenciais para a produção de óleo e coprodutos voltados à nutrição animal. O presente trabalho teve como objetivo estudar a composição química das tortas oriundas da prensagem dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe, adicionadas em dietas de ovinos à base de silagem de milho; avaliar o perfil de ácidos graxos presentes nos óleos e estimar o valor nutricional em ensaios de degradabilidade ruminal *in situ*, avaliando os efeitos das dietas sob os parâmetros ruminais e sanguíneos. Foram utilizados quatro ovinos fistulados no rúmen, mantidos em baias individualizadas, distribuídos em quadrado latino 4 x 4. Os alimentos foram incubados no rúmen em ordem decrescente 48, 24, 9, 6, 3 e 0 horas. As amostras de líquido ruminal foram coletadas manualmente, nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 horas após a primeira alimentação. As coletas de sangue foram realizadas no final de cada período experimental. A composição bromatológica revelou maior porcentagem de proteína bruta na torta de nabo forrageiro (41,95%). Os animais alimentados com as tortas de nabo forrageiro e crambe apresentaram menor consumo de matéria seca e perda de peso. O pH ruminal e as concentrações de AGCC não diferiram ($P>0,05$) entre os tratamentos. Maiores teores de $N\text{-}NH_3$ foram observados na dieta com a torta de nabo forrageiro, que também demonstrou maiores degradabilidades potencial e efetiva da MS (88,62 e 83,25%). A torta de cártamo apresentou maiores teores de FDA e lignina, e menor degradabilidade efetiva da MS e PB (40,46 e 74,32%). Os coprodutos avaliados apresentam características que os qualificam como potenciais fontes de proteína para ruminantes. Os parâmetros sanguíneos ficaram dentro da faixa esperada, ocorrendo níveis acima dos valores de referência somente para a enzima AST nos animais alimentados com a torta de crambe.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta, degradabilidade *in situ*, nitrogênio amoniacal, cártamo, crambe, girassol e nabo forrageiro.

ABSTRACT

Nutritional characterization of co-products of oil extraction in plant grain in sheep diets

The search for alternative energy sources is a necessity in sustainable production systems, as well as contributing to the environment, it can provides the production of alternative food for animals. Species such as sunflower, turnip, crambe and safflower are considered as potential plants for the production of oil and co-products for animal nutrition. The objective of this work was to study the chemical composition of pies obtained by pressing grains of safflower, turnip, sunflower and crambe, added to the diet of sheep based on corn silage; evaluate the profile of fatty acids present in oils and estimate the nutritional value in trials of *in situ* ruminal degradability, evaluating the effects of diets on ruminal and blood parameters. Four rumen fistulated sheep were used, kept in individual stalls, distributed in 4 x 4 latin square. Food were incubated into the rumen in decreasing order 48, 24, 9, 6, 3 and 0 hours. Samples of rumen liquid were collected manually at times 0, 2, 4, 6 and 8 hours after the first feeding. Blood samples were taken at the end of each experimental period. The chemical composition showed a higher percentage of crude protein in turnip pie (41.95%). Animals fed the turnip and crambe pies showed lower dry matter intake and weight loss. Rumen pH and short chain fatty acids concentrations did not differ (P> 0.05) among treatments. Higher levels of NH_3-N were observed in the diet with the turnip pie, which also showed higher potential and effective degradability of DM (88.62 and 83.25%). The safflower pie showed higher levels of ADF and lignin, and lower effective degradability of DM and CP (40.46 and 74.32%). The co-products show characteristics which qualify them as potential sources of protein for ruminants. Blood parameters were into the expected range, occurring levels above the reference values for the enzyme AST only in animals fed crambe pie.

Keywords: short chain fatty acids, in situ degradability, ammoniacal nitrogen, safflower, crambe, sunflower and turnip.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) 08

Figura 2 – Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.).....09

Figura 3 – Girassol (*Helianthus annus* L.) 11

Figura 4 – Crambe (*Crambe abyssinica* H.) 12

Figura 5 – Baias individualizadas 20

Figura 6 – Prensa de extração de óleo – ITAL/Campinas 22

Figura 7 – Tortas e sementes. A: cártamo; B: nabo forrageiro; C: girassol e D: crambe 23

Figura 8 – Coleta de líquido ruminal.....27

Figura 9 – Líquido ruminal após a centrifugação.....27

Figura 10 – Leitura do pH do líquido ruminal.....28

Figura 11 – Sacos de náilon 29

Figura 12 – Preparo para incubação no rúmen 29

Figura 13 – Introdução no rúmen 29

Figura 14 – Evolução temporal do pH no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados.....42

Figura 15 – Evolução temporal das concentrações de N-NH_3 no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados 44

Figura 16 – Evolução temporal das concentrações médias (mM) de AGCC totais no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados 47

Figura 17 – Evolução temporal das concentrações médias de acetato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados 49

Figura 18 – Evolução temporal das concentrações médias de propionato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados 50

Figura 19 – Evolução temporal das concentrações médias de butirato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados 51

Figura 20 – Evolução temporal das concentrações médias da relação acetato: propionato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados... 52

Figura 21 – Curva de degradação da matéria seca (MS) dos diferentes alimentos estudados.....56

Figura 22 – Curva de degradação da proteína bruta (PB) dos diferentes alimentos estudados.....58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Esquema dos tratamentos no delineamento em Quadrado Latino 4 x 4 ... 21

Tabela 2 – Composição percentual das rações fornecidas diariamente aos animais ... 21

Tabela 3 – Composição químico-bromatológica das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 24

Tabela 4 – Composição mineral das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 25

Tabela 5 – Perfil dos ácidos graxos dos óleos extraídos dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 38

Tabela 6 – Variação de peso corporal médio (kg), consumo de MS em kg/dia; % de peso vivo e g/kg de peso vivo metabólico de ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 40

Tabela 7 – pH no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 42

Tabela 8 – Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) em mg/dL no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 44

Tabela 9 – Concentrações molares (mM) de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) totais no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 47

Tabela 10 – Concentrações molares (mM) de acetato no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 48

Tabela 11 – Concentrações molares (mM) de propionato no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 50

Tabela 12 – Concentrações molares (mM) de butirato no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe ... 51

Tabela 13 – Concentrações molares da relação acetato:propionato (A:P) no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe 52

Tabela 14 – Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe em ovinos 54

Tabela 15 – Parâmetros sanguíneos de ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe 59

1. INTRODUÇÃO

As principais fontes de energia no mundo atual provem do petróleo, carvão e gás natural. Estes geram grande impacto ambiental no seu processo de produção, extração e utilização pelo homem. Além disso, são fontes de energia não renováveis que comprometem o equilíbrio do meio ambiente (FERRARI et al., 2005).

A busca por fontes alternativas de energia é uma necessidade, principalmente em sistemas de produção sustentável e alguns seguimentos produtivos são capazes de oferecer opções com vantagens econômicas para auxiliar o aumento dessa capacidade de geração de energia no país, contribuindo com o meio ambiente, além de proporcionar a produção de alimentos alternativos para animais e não competitivos com a alimentação humana (ZAMBOM et al., 2001). Entretanto, necessitam ser estudados e bem caracterizados para possibilitar sua utilização nos referidos sistemas produtivos.

O biodiesel se destaca como uma alternativa economicamente viável. É um combustível biodegradável, com baixa emissão de poluentes, proveniente de fontes renováveis, como óleos vegetais e gorduras animais. A produção desse combustível gera resíduos que necessitam de atenção especial por seu potencial uso como fertilizantes e alimentação animal (MELLO et al., 2008).

No Brasil, cerca de 80% da produção do biodiesel são à base de soja. No entanto, existe uma grande diversidade de plantas oleaginosas com potencial para a

produção desse biocombustível (ABDALLA et al., 2008). Muitas outras culturas podem apresentar teores de óleo superiores em qualidade e quantidade ao da soja. Há a possibilidade de prensagem dos grãos pelos produtores e associações que propiciarão meios de utilizar ou comercializar o óleo e o coproduto gerado em sua extração, que na grande maioria apresenta bom valor nutricional para alimentação animal.

A produção de soja no país está ligada a fortes cadeias produtivas que monopolizam a infraestrutura de produção de grãos. Por outro lado, o aumento do leque de matérias-primas, com o cultivo de outras oleaginosas pode possibilitar um maior rendimento econômico aos agricultores.

Outro fator importante a ser considerado é a integração dos sistemas produtivos. A associação de plantios de diferentes culturas, que permitam a utilização residual da matéria seca da cultura precedente, pode contribuir com o sistema de produção sustentável. Pois haverá sempre a deposição de matéria orgânica do plantio anterior. Essa integração de culturas, a qual pode ser constituída por oleaginosas, é bastante conveniente à agropecuária, uma vez que permite a produção de volumoso e concentrado (coproduto) de uma mesma espécie, além do óleo que poderá constituir em lucro extra ao produtor.

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma oleaginosa interessante, mas sem tradição de cultivo no Brasil. Pode ser considerada uma planta rústica, resistente às adversidades climáticas e seus grãos podem conter até 40% de óleo (GIAYETTO et al.,1999).

O girassol, por exemplo, possui total aproveitamento. Além de produzir óleo de excelente qualidade, sua "torta", coproduto da extração, é utilizada como alimento animal (BUENO et al., 2004; POSSENTI et al., 2005).

Espécies como o girassol, nabo forrageiro, amendoim, mamona, pinhão manso, crambe e cártamo devem ser pesquisadas como potenciais fontes para a produção de óleo e coprodutos voltados à nutrição animal (FERRARI et al., 2008).

Diante desse contexto, objetivou-se com este trabalho, determinar a composição química das tortas resultantes da prensagem dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe, e dos respectivos óleos; estimar a degradabilidade da matéria seca e proteína bruta através da técnica de degradação *in situ* e avaliar os

efeitos das dietas contendo silagem de milho com adição das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe sob as características ruminais e sanguíneas em ovinos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes

O Brasil é um dos países com maior potencial para a produção de biocombustíveis, devido à sua diversidade de ecossistemas. No entanto, explora menos de um terço de sua área agriculturável, tendo ainda a possibilidade de incorporar novas áreas à agricultura para gerar energia de forma sustentável e sem competir com a agricultura para alimentação (TRZECIAK et al., 2008; ABDALLA et al., 2008).

Nos sistemas de produção animal, a alimentação representa o maior gasto, situando-se, em geral, em torno de 70% do custo total (MARTINS et al., 2000). Deste modo, é necessário avaliar as possíveis alternativas de alimentos que assegurem taxas compatíveis de desempenho animal com boa lucratividade. Assim, a caracterização do valor nutritivo dos alimentos alternativos é de suma importância para produtores e nutricionistas, pois permite melhor avaliação de suas vantagens e ou limitações na produção animal.

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal, normalmente propicia redução no custo da alimentação, além de servir como alternativa sustentável de reaproveitamento da matéria orgânica de origem vegetal, evitando o acúmulo desses resíduos no meio ambiente, com consequente contaminação ambiental (solo e

água), colaborando com a preservação dos recursos naturais e com a produção animal sustentável.

Desta forma, o biocombustível além de permitir a redução na emissão de poluentes atmosféricos por veículos automotores, é alternativa viável na redução do consumo de fontes de energia não renováveis. Assim, é o caminho para maior equilíbrio entre a produção e o consumo de CO_2 na natureza. A produção de biodiesel propiciará o crescimento do cultivo de plantas oleaginosas e consequentemente, a inserção no mercado de maior número de indústrias que beneficiem resíduos do processo e que forneçam novas matérias-primas (SCHNEIDER et al., 2006).

De acordo com Abdalla et al. (2008), os resíduos gerados na extração do óleo não passam por processo de agregação de valor, pois suas potencialidades nutricionais e econômicas são desconhecidas, exceto algumas culturas já estabelecidas, como a soja, algodão e girassol. Portanto, são necessários estudos que visem avaliar as características nutritivas desses coprodutos, buscando maior valor agregado e proporcionando assim oportunidade para o produtor comercializar também os resíduos de sua cultura.

2.2. Cártamo

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) (Figura 1), família Asteraceae, é uma planta oleaginosa anual, bem adaptada às condições do semiárido. Originou-se na Ásia e já era cultivada antes da Era Cristã. Os povos antigos, entretanto, cultivavam-na com o objetivo de extrair de suas flores os corantes vermelho e amarelo, utilizados para tintura de tecidos e para culinária (OELKE, 1992).

Atualmente o cártamo é cultivado como planta oleaginosa e os principais produtores mundiais são a Índia, China, Egito, Estados Unidos, México e Rússia. Na Europa, a espécie é cultivada como planta ornamental e existem cultivares desenvolvidos especialmente para esse fim (RURAL SEMENTES, 2010).

As sementes dessa espécie possuem elevado teor de óleo (35 a 40%) de ótima qualidade, tanto para consumo humano, como para uso industrial (GIAYETTO et al., 1999). Pois o óleo de cártamo possui altos teores de ácidos linoleico (70%) e oleico (20%) e baixa porcentagem de ácido linolênico (3%). Uma das características químicas mais importantes desse óleo é a sua insaturação, o que lhe confere um alto valor dietético devido à redução do nível de colesterol no homem, fator desejável para óleos destinados à alimentação humana. Como óleo industrial, oferece diversas alternativas de uso como secante em tintas e vernizes. Por ser óleo de cor clara e que não escurece com o tempo, é muito procurado para a fabricação de tintas de cores claras, podendo também ser utilizado como substituto do diesel (RURAL SEMENTES, 2010).

A torta das sementes de cártamo, um coproduto da indústria de óleo, possui cerca de 35% de proteína bruta e pode ser usada na alimentação de ruminantes e monogástricos, pois não possui fatores antinutricionais (RURAL SEMENTES, 2010).

No contexto da alimentação animal, Encinias et al. (2004) destacaram a importância do óleo de cártamo em estudos conduzidos com ovelhas e observaram um aumento na sobrevivência dos cordeiros ao nascer, quando as fêmeas recebiam grãos de cártamo na dieta nos últimos 45 dias de gestação. Os autores sugerem que isso se deve ao fato dos grãos dessa oleaginosa serem ricos em ácido linoleico. Outros autores destacaram a importância desse ácido graxo pela capacidade de aumentar as reservas de gordura marrom corpórea de animais recém nascidos, aumentando a capacidade termogênica destes (GIBNEY e LÉSTRANGE, 1975; NEDERGAARD et al., 1983).

Figura 1- Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

2.3. Nabo forrageiro

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.*)* (Figura 2), família Brassicaceae, é uma planta crucífera muito utilizada para adubação verde, rotação de culturas e na alimentação animal. É cultivado na Ásia Oriental e Europa, sendo tolerante à seca e geada. Pode ser uma opção de cultivo para outono-inverno nas rotações de culturas em diversas regiões do país. Além disso, possui um longo período de floração (mais de 30 dias), sendo muito útil para a apicultura, com produção de mel de boa qualidade (RURAL SEMENTES, 2010).

Essa planta possui crescimento inicial rápido e alta capacidade de reciclar nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, desenvolve-se razoavelmente em solos fracos e ácidos. É de grande interesse para a agricultura familiar devido à redução de custos com adubação (SLUSZZ e MACHADO, 2006).

O nabo forrageiro é uma planta muito vigorosa, que cobre cerca de 70% do solo em 60 dias. Devido ao seu rápido crescimento, compete com ervas daninhas invasoras, diminuindo os gastos com herbicidas. Além disso, as sementes possuem em torno de 35% de óleo, sendo excelente fornecedor de matéria-prima para extração de biodiesel (RURAL SEMENTES, 2010).

Por suas características fenológicas, o nabo forrageiro é alternativa de relativo valor alimentar no arraçoamento de animais, seja nas formas de pastejo direto, silagem ou no corte para fornecimento no cocho, podendo ser opção para a integração agricultura-pecuária. A torta resultante do processo de prensagem dos grãos é usada como concentrado protéico e pode ser utilizada na formulação de rações para diversas espécies animais. Apresenta em torno de 93,53% de matéria seca; 39,01% de proteína bruta; 4,98% de matéria mineral; 13,15% de extrato etéreo e 5.064 cal/g de energia bruta (BRASI et al., 2008).

Segundo Fortaleza et al. (2009), a torta de nabo forrageiro apresenta características que possibilitam sua utilização na alimentação de ruminantes com possibilidade de substituição ao farelo de soja, devido à semelhança da degradação ruminal da proteína entre os dois coprodutos, em estudos com bovinos.

Figura 2- Nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.)*

2.4. Girassol

O girassol (*Helianthus annus* L.) (Figura 3), família Asteraceae, é uma planta originária da América, sendo a Argentina o maior produtor mundial do grão. É uma oleaginosa que apresenta características agronômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor, do que a maioria das espécies oleaginosas normalmente cultivadas no Brasil. Trata-se de cultivo econômico rústico e não requer maquinário especializado (RURAL SEMENTES, 2009).

A planta apresenta ciclo vegetativo curto, variando entre 90 a 130 dias, dependendo do cultivar, da data de semeadura e das condições ambientais características de cada região e ano (EMBRAPA SOJA, 2009). É usado em adubação verde, devido ao seu desenvolvimento inicial rápido, à eficiência na reciclagem de nutrientes e por ser agente protetor de solos contra a erosão e a infestação de plantas invasoras, por isso é recomendado para rotação de culturas.

A grande importância da cultura do girassol no mundo deve-se à excelente qualidade do óleo comestível que se extrai de suas sementes, além da facilidade de extração por prensagem. É uma cultura apropriada para pequena propriedade, favorecendo a inclusão do agricultor familiar em sua cadeia produtiva, tendo assim importância no aspecto social da agricultura (SLUSZZ e MACHADO, 2006).

O girassol é uma das opções para produção de biodiesel, pois apresenta elevado teor de óleo nos grãos (38% a 53%) e ampla adaptação às diversas regiões brasileiras (RURAL SEMENTES, 2009).

Na nutrição de ruminantes, tanto o grão quanto a torta de girassol tornam-se alternativas de alimento por possuírem altos teores de proteína e energia. Segundo Oliveira e Cáceres (2005), citados por Oliveira et al. (2007), a torta de girassol obtida por prensagem a frio tem grande aplicação para uso na alimentação animal, por sua fácil obtenção na propriedade, além da disponibilização do óleo bruto combustível, não poluente, barato e eficiente para tratores agrícolas. É rica em nutrientes essenciais para formulação de ração animal, apresenta altos teores de proteína bruta, extrato etéreo e fibra, visto que o óleo é extraído sem o descascamento dos grãos. Por esse motivo, é

usada principalmente na alimentação de ruminantes, mas pode ser boa fonte de nutrientes para equinos, caprinos, ovinos, aves e suínos.

Figura 3- Girassol (*Helianthus annus* L.)

2.5. Crambe

O crambe (*Crambe abyssinica* H.) (Figura 4), família Brassicaceae, é uma planta originária da região do Mar Mediterrâneo e cultivada em maior escala no México e Estados Unidos. É pouco conhecido no Brasil, porém seu cultivo foi iniciado em 1995, em Maracaju, no Mato Grosso do Sul, onde a cultura foi testada com sucesso para a adubação verde e produção de grãos (BIODIESELBR.COM, 2009).

A planta é altamente tolerante à seca, possui ciclo curto (90 a 95 dias), com todo o seu cultivo mecanizado, adapta-se muito bem aos climas quentes e frios, sendo resistente às pragas e doenças (RURAL SEMENTES, 2010).

Os grãos são bem pequenos, podendo conter até 40% de óleo, o que provocou bastante interesse da indústria de biodiesel. O óleo extraído do crambe é de ótima qualidade, sendo empregado na indústria química, farmacêutica, de cosméticos e de

ceras. A torta possui 30% a 45% de proteína bruta, podendo ser utilizada na formulação de rações para uso em ruminantes.

Figura 4- Crambe (*Crambe abyssinica* H.)

2.6. Metabolismo ruminal

O rúmen é um meio anaeróbio, com temperatura entre 38 e 42 °C e média de 39 °C, pH normalmente entre 5,5 e 7,0, sendo portanto, um ambiente muito favorável para a sobrevivência e atividade microbiana. A maior parte do alimento ingerido é fermentada pelos microrganismos antes de ser exposta à ação gástrica e intestinal (CHURCH, 1988; KOZLOSKI, 2009).

Habitam o interior do rúmen: bactérias, protozoários e fungos. As bactérias estão presentes em cerca de 10^{10} células/mL, representando 60 a 90% da população microbiana total. A massa bacteriana varia com o tipo de dieta, nível de consumo e tempo após a ingestão do alimento. Os protozoários correspondem cerca de 10% dos microrganismos, ocorrendo em número de aproximadamente 10^{6} células/mL, sendo a maioria ciliados. Os fungos podem constituir até 8% da biomassa microbiana total (KOZLOSKI, 2009).

A ruminação exerce função na redução do tamanho das partículas de alimento e no movimento da ingesta através do rúmen e seu início pode ocorrer entre meia e uma hora e meia após a ingestão do alimento (FURLAN et al., 2006).

Os alimentos são formados por moléculas complexas e de alto peso molecular. Para que as bactérias ruminais possam tornar essas estruturas disponíveis, é necessária a prévia degradação das mesmas em unidades menores, que possam entrar na célula bacteriana e serem metabolizadas. Por exemplo, amido e celulose são degradados até mono ou dissacarídeos, proteínas são degradadas até aminoácidos ou pequenos peptídios, lipídios são hidrolisados a glicerol, galactose e ácidos graxos (KOZLOSKI, 2009).

As bactérias livres no líquido ruminal aderem-se às partículas de alimentos colonizando-as. A degradação das macromoléculas se dá por hidrólise através de enzimas presentes na superfície das membranas celulares bacterianas (KOZLOSKI, 2009).

Os principais produtos finais da fermentação são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acetato, propionato e butirato, dióxido de carbono, metano, amônia, lactato, células microbianas e calor. Os ruminantes utilizam os AGCC como fonte de energia para manter seus processos vitais, suprindo entre 60 e 80% de suas necessidades energéticas (KOZLOSKI, 2009).

2.7. Lipídios na dieta de ruminantes

Os lipídios são compostos orgânicos insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, como éter, clorofórmio e benzeno. Os lipídios dos alimentos fornecem ácidos graxos essenciais importantes que atuam como constituintes das membranas celulares dos tecidos, precursores de moléculas regulatórias, aumentam a capacidade de absorção de vitaminas lipossolúveis, etc. Além dessas funções, os lipídios atuam na proteção de alguns órgãos internos, no controle da temperatura corporal, na reprodução e na formação de ácidos biliares (PALMQUIST e MATTOS, 2006; LANA, 2007).

A maioria dos alimentos para animais apresentam baixos teores de lipídios, variando de 1 a 6% para forragens e 18 a 40% em sementes de oleaginosas. A maior parte dos lipídios vegetais é formada por ácidos graxos insaturados (cadeia com dupla ligação) e é representada principalmente pelo linoleico e linolênico. Estes não são sintetizados pelos animais e por serem essenciais, é necessária a inclusão na dieta. Os ácidos graxos araquidônico e eicosapentaenóico, por exemplo, são sintetizados a partir do ácido linoleico e linolênico, respectivamente, os quais são precursores de compostos regulatórios, como as prostaglandinas, tromboxanas e leucotrienos (CHURCH, 1979; PALMQUIST e MATTOS, 2006).

Após a ingestão pelos ruminantes, os lipídios são hidrolisados por lipases presentes na membrana celular bacteriana, liberando ácidos graxos saturados e insaturados, glicerol e galactose. O glicerol é fermentado a propionato e a galactose em ácidos graxos de cadeia curta, por reações químicas ocorridas no processo fermentativo no ambiente ruminal. Certos ácidos graxos insaturados são tóxicos às bactérias Gram-positivas e celulolíticas, atuando negativamente sobre o processo de fermentação ruminal da fibra. Os microrganismos ruminais desenvolveram o processo de biohidrogenação, no qual os ácidos graxos insaturados são convertidos em saturados (80% a 90%), tornando-se menos tóxicos (LANA, 2007; PALMQUIST e MATTOS, 2006).

A utilização de gorduras na dieta de ruminantes pode proporcionar benefícios devido a sua alta densidade energética, constituindo-se em importante fonte de energia em situações de alta demanda, como vacas leiteiras e bovinos de corte em confinamento (COPPOCK e WILKS, 1991).

Os lipídios podem ser utilizados para aumentar a densidade energética das rações, para diminuir o balanço negativo de energia, evitando o aparecimento de alterações metabólicas e melhorando assim, o desempenho durante a lactação e a reprodução. Além da possibilidade de reduzir custos quando a fonte utilizada possui baixo preço, também possibilita a manipulação da proporção de ácidos graxos específicos na gordura do leite ou da carne, de acordo com a necessidade da indústria de alimentos (VALADARES FILHO e PINA, 2006).

Por outro lado, altos níveis dietéticos de lipídios podem causar alteração da fermentação ruminal, pois os ácidos graxos insaturados podem formar uma cobertura hidrofóbica na partícula da fibra dos alimentos, impedindo o ataque microbiano e seu metabolismo. Esses ácidos graxos também podem causar efeito tóxico aos microrganismos, por incorporar-se à membrana celular das bactérias, alterando sua fluidicidade e permeabilidade (KOZLOSKI, 2009).

O fornecimento de fontes insaturadas em excesso também pode levar à redução dos teores de gordura e proteína no leite. Além disso, a suplementação lipídica acima de 5% da matéria seca pode implicar em diminuição do consumo. Por ser o nutriente mais energético, menores quantidades suprem as exigências (PALMQUIST e MATTOS, 2006).

Agy et al. (2009) em estudos com caprinos, não observaram redução do consumo de matéria seca (CMS) da torta de girassol em substituição ao farelo de soja, podendo este ser substituído em até 100% na dieta.

Cunha et al. (2008) estudaram vários níveis de inclusão de caroço de algodão integral (0, 20, 30 e 40%) na dieta de ovinos e concluíram que o CMS não foi afetado pelos níveis fornecidos, porém houve uma inibição do consumo nos níveis mais altos de inclusão, os quais ultrapassaram 6% de lipídios na dieta total. Observaram também que os ganhos de peso total e médio decresceram em função dos níveis dietéticos de caroço de algodão.

Oliveira Junior et al. (2002) observaram redução no CMS de acordo com o aumento da inclusão de grãos de soja na ração de cabras em lactação. Essa diminuição é explicada por Van Soest (1994), pelo efeito negativo dos ácidos graxos sobre a digestão da fibra, resultando em menor consumo devido ao efeito de repleção ruminal.

Mesmo considerando que a utilização de lipídios na alimentação de ruminantes pode resultar na redução da digestibilidade da fibra, Valadares Filho e Pina (2006) sugerem a suplementação lipídica, principalmente para vacas lactantes, para proporcionar redução da metanogênese, da concentração de amônia ruminal e do aumento da produção de propionato.

As sementes oleaginosas são utilizadas como fontes de lipídios, que além de fornecerem energia, apresentam também elevados teores de proteína bruta. Além disso, a soja grão, como exemplo, pode ser considerada fonte de lipídios parcialmente protegida, visto que as gotículas de lipídios em sementes oleaginosas se encontram inseridas na matriz proteica dos grãos, conferindo-lhes proteção natural (URANO, 2009).

Palmquist e Mattos (2006) ressaltam que os ácidos graxos presentes nas sementes de oleaginosas são liberados lentamente durante a fermentação ruminal, o que permite a biohidrogenação quase completa, portanto, não interfere na fermentação ruminal.

2.8. Parâmetros ruminais

2.8.1. pH e nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$)

O pH ruminal está relacionado aos produtos finais da fermentação, bem como à taxa de crescimento dos microrganismos ruminais (CHURCH, 1993). Sua estabilidade é atribuída, em parte, à saliva, que possui alto poder tamponante, e à capacidade do epitélio ruminal em absorver os ácidos produzidos na fermentação ruminal (VAN SOEST, 1994).

A presença de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) no líquido ruminal é indispensável para o desenvolvimento da microflora do rúmen. A maioria das espécies bacterianas utiliza a amônia para seu crescimento e para as que digerem a fibra, a amônia é essencial (RUSSELL et al., 1992). A concentração de amônia no rúmen é função do equilíbrio entre as taxas de produção, utilização, absorção e passagem.

A amônia ruminal pode ser proveniente do nitrogênio não proteico da dieta, da degradação da proteína verdadeira dietética e da reciclagem via saliva ou difusão pela parede ruminal. Sua remoção pode ser realizada via incorporação em proteína microbiana, pela passagem ao trato posterior ou absorção ruminal (VAN SOEST, 1994).

A fermentação da proteína no rúmen pode, muitas vezes, produzir mais amônia que os microrganismos possam utilizar, o que ocasiona perdas superiores a 25% de

proteína bruta, na forma de nitrogênio amoniacal (RUSSELL et al., 1992). Portanto, a concentração de $N\text{-}NH_3$ pode ser utilizada como indicador da eficiência de utilização do nitrogênio no rúmen e para averiguar a adequada relação entre nitrogênio e energia da dieta. Altas concentrações de $N\text{-}NH_3$ ruminal resultam em maior absorção líquida pelas paredes do rúmen, conversão em ureia e consequentes perdas através da excreção urinária (CHURCH, 1993).

2.8.2. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e metano

Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) fornecem a maior parte da energia absorvida pelos ruminantes, estimada em 50 a 70% da energia digestível total (SUTTON, 1980), sendo importante para entendimento do processo fermentativo no rúmen em diferentes sistemas de alimentação.

Segundo Church (1988), a quantidade de AGCC no líquido ruminal é reflexo da atividade dos microrganismos e da taxa de absorção pela parede ruminal.

A fermentação dos alimentos no rúmen produz AGCC, amônia, gases (dióxido de carbono e metano) e células microbianas. Entretanto, a produção de gases representa grande perda da energia ingerida (KOZLOSKI, 2009).

A metanogênese é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre principalmente no pré-estômago (rúmen). No processo metabólico de digestão é produzido calor, que é dissipado como calor metabólico pela superfície corporal, dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), que então são eliminados com os gases da respiração (SWENSON e REECE, 1996).

Segundo Lana et al. (1998), a produção indesejável de gás metano pelas bactérias ruminais e intestinais, corresponde a perda energética de até 13% em relação à energia do alimento ingerido. Assim, no sistema produtivo de ruminantes, nutricionistas depararam-se com o desafio de desenvolver estratégias para atenuar a produção de metano, possibilitando menores perdas de energia e maior produtividade animal (leite, carne ou lã), com melhor eficiência alimentar (produção/quilo de alimento ingerido) (McALLISTER et al., 1994).

2.9. Avaliação da degradabilidade pela técnica *in situ*

A técnica *in situ* é o método utilizado para a avaliação da digestibilidade de alimentos. Segundo Mehrez e Ørskov (1977), propicia estimativa rápida e simples da degradação dos nutrientes no rúmen, além de permitir o acompanhamento da degradação ao longo do tempo. Essa técnica está sendo utilizada intensivamente para comparar as características de degradação entre os alimentos e melhorar o entendimento da digestão ruminal (VANZANT et al., 1998).

A técnica consiste em manter sacos de náilon, contendo o alimento em teste dentro do rúmen, permitindo íntimo contato entre o alimento e o ambiente ruminal, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem. Assim, são necessárias avaliações suplementares, principalmente com referência a porosidade do saco, tamanho da partícula, relação tamanho da amostra e área do saco, dieta dos animais e contaminação microbiana (NOCEK, 1988).

Para a padronização dos fatores que influeciam na metodologia, Nocek (1988) sugeriu porosidade de 40 a 60 µm de diâmetro; moagem utilizando peneiras com crivos de 2 mm para suplementos energéticos e proteicos e de 5 mm para forragens; relação 10 a 20 mg de amostra/cm² de área de saco; introdução dos sacos na região ventral do rúmen e a retirada simultânea dos sacos para diminuição do erro experimental.

Quanto à dieta a fornecer ao animal, Nocek (1988), recomenda que os alimentos a serem testados *in situ* devem ser adicionados à ração fornecida aos animais. Entretanto, para que essa técnica seja rotineiramente utilizada, nem sempre será possível utilizar todos os alimentos na dieta basal.

A determinação do número de horários de incubação é essencial na avaliação *in situ* e depende do tipo de alimento a ser avaliado. De acordo com Ørskov (1988), para a maioria dos suplementos proteicos, os tempos 2, 6, 12, 24, 36 horas proporcionam informações adequadas para a descrição da curva. No caso dos fenos, palhas e outros materiais fibrosos, geralmente, são necessários tempos de incubação mais prolongados de até 144 horas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Animais e instalações

O experimento foi conduzido no galpão de digestibilidade do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa/SP, no período de maio a agosto de 2010.

Para a realização deste estudo foram utilizados quatro ovinos machos, mestiços (Dorper x Santa Inês), providos de cânulas no rúmen, com peso inicial médio de 82 kg. Os animais foram pesados no início e término de cada período experimental, em balança, com capacidade de 300 kg.

Os animais permaneceram em baias individualizadas, cobertas, medindo 2,20m de comprimento e 1,70m de largura (Figura 5). O piso de concreto foi forrado com bagaço de cana para maior conforto dos animais. Cada baia era provida de cochos e bebedouros, que permitiram a avaliação do consumo de alimentos.

Figura 5- Baias individualizadas

3.2. Delineamento, tratamentos e manejo experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em Quadrado Latino 4 x 4, composto por 4 tratamentos e 4 períodos, de acordo com o esquema apresentado na Tabela 1 (PIMENTEL GOMES, 1987). Os tratamentos foram baseados no fornecimento das rações conforme a Tabela 2. Os animais receberam silagem de milho como volumoso padrão oferecido *ad libitum*, juntamente com 100g de grãos de milho moído. As quantidades das tortas fornecidas (cártamo: 440g; nabo forrageiro: 240g, girassol: 452g e crambe: 405g) foram equivalentes a 100g/dia de proteína bruta (PB) de cada torta, conforme recomendações do NRC (2007).

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8:00 e às 16:00 horas. Os animais tiveram livre acesso ao bebedouro e mistura de sal mineral.

Durante os períodos experimentais, os animais permaneceram em baias por 18 dias, sendo os primeiros 13 dias para adaptação às dietas e ajuste do consumo, permitindo sobras de 10% aproximadamente do total oferecido e os 5 últimos dias para

coletas de dados e amostras. A ingestão de matéria seca (IMS) foi avaliada com pesagens dos alimentos e das sobras na manhã do dia seguinte.

Tabela 1 – Esquema dos tratamentos no delineamento experimental em Quadrado Latino 4X4

PERÍODOS	**ANIMAL**			
	1	2	3	4
I	CT	NF	GS	CB
II	NF	GS	CB	CT
III	GS	CB	CT	NF
IV	CB	CT	NF	GS

CT: Torta de cártamo
NF: Torta de nabo forrageiro
GS: Torta de girassol
CB: Torta de crambe

Tabela 2 – Composição percentual das rações fornecidas diariamente aos animais

INGREDIENTES (%)	**TRATAMENTOS**			
	Cártamo	**Nabo F.**	**Girassol**	**Crambe**
Silagem de milho	66	75	65	66
Milho grão moído	6	7	6	7
Tortas	28	18	29	27
Qtdade (g) por dia	440	240	452	405

3.3. Óleos e tortas

Os óleos e as tortas foram processados no Departamento Planta Piloto de Extração de Óleos Vegetais no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL/Campinas), por meio de prensagem mecânica a frio dos grãos em equipamento denominado mini prensa tipo “Expeller”, marca Ecirtec®, de aço inox, com capacidade nominal de 40kg

material/hora (Figura 6). Para processamento, foram controladas as configurações de espaçadores entre os anéis de extração, a abertura da rosca sem fim e a rotação do motor. Estudos preliminares foram realizados para determinar quais condições resultavam na maior eficiência de extração, considerando o teor de lipídios totais das sementes e o número de extrações necessárias.

O óleo bruto foi filtrado em peneira fina, em seguida no papel filtro e encaminhado para análise da composição de ácidos graxos.

As tortas (Figura 7) foram enviadas ao Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia em Nova Odessa/SP, onde foram moídas em moinho tipo faca, passando por peneira com crivos de 2 mm, para posterior determinação da composição nutricional.

Figura 6- Prensa de extração de óleo- ITAL/Campinas

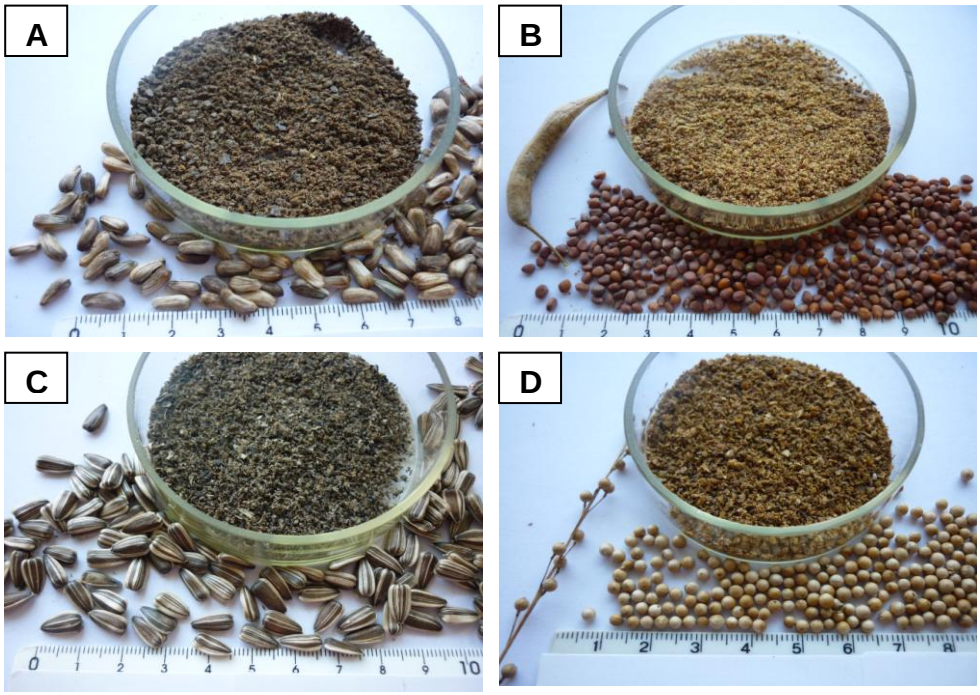

Figura 7- Tortas e sementes. A: Cártamo; B: Nabo forrageiro; C: Girassol e D: crambe

3.4. Composição nutricional

Para avaliar a qualidade nutricional das tortas, foram feitas análises químicas, no Laboratório de Bromatologia e Minerais do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa/SP. Foram realizadas determinações em triplicata dos teores de: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro e ácido (FDN e FDA), lignina, nitrogênio insolúvel em FDN e FDA como porcentagem do nitrogênio total (N-FDN/NT e N-FDA/NT), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), energia bruta, macro elementos (nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre) e micro elementos (cobre, ferro e manganês), Tabelas 3 e 4.

A MS, MM, PB e EE, foram determinados segundo a AOAC (1995). As análises de FDN e FDA foram realizadas por métodos propostos por Van Soest (1991), descritos em Silva e Queiroz (2002). N-FDN e N-FDA segundo Licitra et al. (1996) e lignina de acordo com Goering e Van Soest (1970). Os CNF foram determinados segundo a equação de Sniffen et al. (1992).

A avaliação da DIVMS das tortas foi realizada segundo metodologias de Tilley e Terry (1963), descritas em Silva e Queiroz (2002). O método consiste em deixar as amostras em contato com o conteúdo ruminal de cada tratamento, mais solução tampão de McDougall, no interior de tubos de vidros com rolhas de borracha e válvulas tipo Bunsen para escape de gás, durante 48 horas em banho-maria a 39 °C. No 2° estágio, as amostras foram submetidas à incubação ácida por 46 horas com ácido clorídrico a 20% e pepsina a 5%.

A energia bruta foi determinada pela medida de calorias das amostras oxidadas em bomba calorimétrica da marca IKA® Labortechnik, modelo C5000.

Os minerais foram determinados pelo método de digestão em solução nitroperclórica (4:0,5) e as leituras realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica da marca Analytikjena®, modelo novAA 300. As determinações de fósforo e enxofre foram obtidas em fotocolorímetro da marca Micronal®, modelo B220.

Tabela 3 – Composição químico-bromatológica das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Determinações	**Tortas**			
	Cártamo	**Nabo Forrageiro**	**Girassol**	**Crambe**
MS (%)	94,09	90,38	89,41	92,72
	% na MS			
PB	22,36	41,95	22,08	24,67
EE	10,31	12,55	26,82	29,60
MM	3,79	6,30	4,97	5,47
FDA	40,67	12,68	28,20	21,54
FDN	52,59	17,33	38,36	29,34
Lignina	15,27	4,68	9,44	8,74
CNF	10,95	21,87	7,77	10,92
DIVMS	61,45	70,38	61,00	61,28
N-FDN/% do N total	7,00	6,02	4,24	6,74
N-FDA/% do N total	6,51	3,85	3,14	3,02
Energia Bruta (cal/g)	4739	4795	5848	5994

Tabela 4 – Composição mineral das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Determinações	Tortas			
	Cártamo	Nabo Forrageiro	Girassol	Crambe
Nitrogênio (g/kg)	35,80	67,10	34,60	39,50
Fósforo (g/kg)	7,40	9,90	8,40	8,10
Cálcio (g/kg)	2,70	4,30	2,30	7,70
Magnésio (g/kg)	2,60	4,10	4,30	3,10
Potássio (g/kg)	7,70	9,60	11,20	7,10
Enxofre (g/kg)	2,40	14,60	2,90	7,70
Cobre (mg/kg)	23,19	6,78	22,82	10,45
Ferro (mg/kg)	274,49	449,24	86,85	270,70
Manganês (mg/kg)	23,66	32,87	29,31	32,52

Resultados corrigidos na MS a 105 °C

3.5. Composição dos ácidos graxos

A composição dos ácidos graxos dos óleos foi realizada no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL/Campinas), pelo método de cromatografia gasosa, em cromatógrafo da marca Varian®, modelo 3900, acoplado em computador com interface para aquisição e processamento de dados.

Utilizou-se coluna capilar Chrompack CP-Sil 88, 100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,20 mm de filme e detector por sistema FID (ionização de chama). Foram utilizados os padrões Mix FAME com 37 componentes Supelco®, Mix Ester metílico do ácido linolênico Sigma®, éster metílico do ácido cis-7,10,13,16,19-docosapentaenóico Supelco® e éster metílico do ácido linoleico conjugado (CLA) Sigma®.

A amostra foi preparada com a obtenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos e a análise cromatográfica realizada com injetor a 270 °C, detector a 300 °C e coluna com programação de temperatura e hidrogênio como gás de arraste. Os ácidos

graxos de todas as amostras foram identificados pelo tempo de retenção, comparando-se os cromatogramas das amostras com os de padrões conhecidos. A quantificação foi realizada por normalização interna (porcentagem relativa de área), conforme metodologia descrita por Firestone (2008).

3.6. Parâmetros ruminais

3.6.1. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$)

O conteúdo ruminal da região ventral foi coletado no 18º dia de cada período, em béquer de plástico, que permaneceu envolto por gelo durante o tempo de coleta dos quatro animais e em seguida, filtrado em quatro camadas de tecido tipo gaze (Figura 8), para determinações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$). As amostragens foram realizadas nos seguintes tempos: zero (antes da primeira alimentação), 2, 4, 6 e 8 horas após a primeira alimentação.

As tortas foram introduzidas diretamente no rúmen três dias antes da coleta do líquido ruminal, para garantia da degradação da quantidade total oferecida aos animais, pois foram observadas sobras de tortas nos cochos.

O líquido ruminal foi centrifugado imediatamente após a coleta (Figura 9). Em seguida, foram retirados 5 mL do sobrenadante e adicionado 1 mL de ácido fórmico. Após o preparo, as amostras foram congeladas para posterior análise.

As determinações de AGCC foram realizadas por cromatografia gasosa, segundo método preconizado por Erwin et al. (1961), nos laboratórios da Faculdade de Medicina Veterinária da USP/Pirassununga.

A determinação da concentração de $N\text{-}NH_3$ foi realizada segundo procedimentos descritos por Fenner (1965). Após a centrifugação do líquido ruminal, foram retiradas amostras de 5 mL do sobrenadante, adicionado 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e foram congeladas para posteriores análises.

Após o descongelamento utilizou-se 1 mL de cada amostra, às quais foram adicionados 15 mL de hidróxido de sódio (18N), sendo o tubo imediatamente acoplado

ao aparelho de destilação micro Kjeldahl (AOAC, 1995). O ácido bórico (2%) foi utilizado como solução receptora e ácido sulfúrico (0,05 N) para a titulação.

Figura 8- Coleta de líquido ruminal

Figura 9- Líquido ruminal após a centrifugação

3.6.2. Determinação do pH

Foram coletados aproximadamente 100 mL de líquido ruminal para cada tempo: 0 (antes da primeira alimentação), 2, 4, 6 e 8 horas após a primeira alimentação. O pH foi mensurado imediatamente após a coleta no Laboratório de Bromatologia e Minerais, onde os valores foram obtidos por potenciômetro digital, da marca Analyser®, modelo pH300, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (Figura 10).

Figura 10- Leitura do pH do líquido ruminal

3.7. Degradabilidade ruminal *in situ*

Foram realizadas determinações das degradabilidades da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe pela técnica de sacos de náilon *in situ*, conforme padronização descrita por Huntington e Givens (1995).

Aproximadamente 5 g das tortas foram colocados em sacos de náilon medindo 11 x 22 cm, com porosidade de 50 x 7 µm da marca Ankon® (Figura 11). Os tempos de incubação no rúmen foram: 0, 3, 6, 9, 24 e 48 horas, efetuados de maneira reversa, para que todos fossem retirados ao mesmo tempo (Figuras 12 e 13). Os sacos contendo as amostras referentes ao tempo zero não foram incubados, porém realizou-se a lavagem juntamente com os demais.

Figura 11- Sacos de náilon

Figura 12- Preparo para incubação no rúmen

Figura 13- Introdução no rúmen

Após a retirada, os sacos incubados no rúmen foram lavados em água corrente para eliminar o excesso de conteúdo ruminal. Em seguida, foram lavados em máquina de lavar até que a água se apresentasse límpida. Posteriormente, foram colocados em estufa de circulação forçada a 55 °C por 72 horas.

Após retirados da estufa, os sacos foram pesados, para que fosse determinada a quantidade de resíduos obtidos e então o conteúdo foi moído em micro moinho com partículas de 1mm e mantidos no laboratório até a realização das determinações bromatológicas.

Os cálculos das variáveis foram obtidos da seguinte maneira:

- Porcentagem de desaparecimento da matéria seca e proteína bruta das tortas incubadas no rúmen.

PSA - PS = PA PSI - PS = PAI

$$\% \text{ DMS} = \frac{PA - PAI}{PA} \times 100$$

PSA = peso do saco com amostra
PS = peso do saco vazio
PA = peso da amostra
PSI = peso do saco incubado
PAI = peso da amostra pós-incubação

A porção de nutriente que saiu do interior do saco durante a incubação foi considerada como nutriente desaparecido no rúmen.

As curvas de desaparecimento foram ajustadas para o modelo proposto por Ørskov & McDonald (1979), conforme a seguinte equação :

$$\mathbf{DP = a + b\,(1 - e^{-ct})}$$

Onde:

DP = degradabilidade potencial para o tempo de incubação (t);

a = fração rapidamente solúvel em água;

b = fração potencialmente degradável no interior do rúmen;

c = taxa de degradação por hora da fração b;

e = logaritmo natural, que representa o tempo de colonização dos microrganismos às partículas dos alimentos, para início da degradação microbiana e

t = tempo de incubação (horas)

O valor "a + b", representa o potencial máximo de degradabilidade ou a fração que poderá ser degradada no rúmen quando o tempo não é limitante.

A degradabilidade efetiva foi obtida conforme equação definida pelos mesmos autores, considerando-se a taxa de passagem do conteúdo ruminal de k=0,05/hora:

$$\mathbf{DE = a + [(b + c) / (c + kp)]}$$

Onde:

DE = taxa de degradabilidade efetiva (%);

a = fração rapidamente solúvel em água;

b = fração potencialmente degradável no interior do rúmen;

c = taxa de degradação por hora da fração b e

kp = taxa de passagem da digesta no rúmen (5%/hora)

3.8. Parâmetros sanguíneos

No último dia de cada período, foram coletadas amostras de sangue antes da primeira alimentação, por punção da veia jugular. Após a coleta, o material foi centrifugado a 3000 rpm por 20 minutos e encaminhado imediatamente ao Laboratório de Análises Clínicas LabClin/Nova Odessa, para determinação bioquímica dos teores de colesterol total, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa

densidade (LDL), glicose, uréia, creatinina, aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT), que foram avaliados pelo método enzimático colorimétrico, com o auxílio de “kits” comerciais.

3.9. Análises estatísticas

Inicialmente, os dados foram testados quanto à homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos, através do aplicativo GUIDED DATA ANALYSIS do sistema SAS® (SAS, 2003), para atendimento das pressuposições da análise da variância, sendo necessária a transformação em log(x) para a variável ($N\text{-}NH_3$).

As variáveis respostas ou dependentes degradação da MS e PB, consumo, peso corporal e parâmetros sanguíneos foram analisadas pelo PROC GLM do SAS® (SAS, 2003), segundo o delineamento em Quadrado Latino 4x4, constituído de 4 dietas, 4 animais e 4 períodos, conforme o modelo matemático abaixo:

$$Yijk = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk}$$

Onde:

μ: constante comum a cada observação;

A_i = efeito do i-ésimo animal (i-1,...,4);

P_j = efeito do j-ésimo período (j=1,..,4);

D_k= efeito da k-ésima dieta (K=1,..4);

e_{ijk} = erro residual , assumido independente e identicamente distribuído em uma distribuição normal, com média zero e variância δ^2 .

As médias dos tratamentos foram comparadas usando o comando LSMEANS e teste de Tukey. O nível de significância considerado foi de 5%.

As variáveis respostas medidas ao longo do tempo pH, AGCC e $N\text{-}NH_3$ foram analisadas segundo o conceito de medidas repetidas no tempo, empregando-se o procedimento PROC MIXED, do SAS® (SAS, 2003) (LITTEL et al., 1996). Essa análise

requer a avaliação da estrutura de covariância, sendo selecionadas pelo Critério de Informação de AKAIKE (AIC - menor valor) (BOZDOGAN, 1987) as estruturas: não–estruturadas (un), autoregressiva de primeira ordem (ar(1)), Huynh-Feldt (HF), e autoregressiva de médias móveis de ordem um (arma(1,1)). O modelo matemático empregado segue-se abaixo:

$$Yijk = \mu + A_i + P_j + D_k + e_{ijk} + T_l + (DT)_{kl} + e_{ijkl}$$

Onde:

μ: constante comum a cada observação;

A_i = efeito aleatório do i-ésimo animal (i-1,...,4);

P_j = efeito aleatório do j-ésimo período (j=1,..,4);

D_k= efeito fixo da k-ésima dieta (K=1,..4);

e_{ijk} = efeito aleatório das unidades experimentais (erro da parcela);

T_l = efeito fixo do l- ésimo tempo de coleta (l= 0, 2, 4, 6 e 8);

$(DT)_{kl}$ = efeito fixo da interação entre k-ésima dieta e l-ésimo tempo de amostragem;

e_{ijkl} = erro residual.

Os tempos de amostragem foram decompostos em contrastes ortogonais, definindo os componentes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C). As médias dos tratamentos foram obtidas pelo comando LSMEANS, e as comparações entre médias das dietas foram feitas pelo teste de Tukey-Kramer. O nível de significância considerado foi de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição nutricional

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios da composição bromatológica das tortas utilizadas no ensaio de degradabilidade.

Os teores de umidade inferidos a partir dos teores de MS estão dentro do limite de até 11% de umidade, considerados como adequados para o armazenamento de produtos ricos em óleos (SOUZA et al., 2009).

Os resultados de PB encontrados sugerem, preliminarmente, que essas tortas podem ser utilizadas como fonte de proteína bruta para animais. Entretanto, os valores para a torta de cártamo observados, estão abaixo dos informados por Ferrari et al., (2008), que citam valores ao redor de 35% de PB e ressaltam que sua utilização na alimentação de ruminantes é adequada como fonte de proteína. Para a torta de nabo forrageiro, os valores de PB estiveram acima dos descritos por Abdalla et al. (2008), 34 a 38% e teores de extrato etéreo (EE) variando de 22 a 24%. Para a torta de crambe, Souza et al. (2009), obtiveram valores de 15,88% de EE e 31,79% de PB.

As tortas de crambe e girassol apresentaram teores de EE mais elevados, 29,60 e 26,82%, respectivamente. Abdalla et al. (2008), encontrou na literatura corrente valores de EE nas tortas de girassol variando entre 20 a 22%. De acordo com o mesmo

autor, o elevado teor de EE pode ser um fator benéfico para ruminantes, considerando que a inclusão de óleo na dieta pode auxiliar na mitigação do metano entérico.

Deve ser destacado que os componentes fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) são as frações majoritárias na torta de cártamo, quando comparadas às demais.

A torta de nabo forrageiro apresentou maiores teores de carboidratos não fibrosos (CNF) (21,87%) em relação às demais e a torta de girassol demonstrou menor valor (7,7%) para essa fração.

Os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da torta de nabo forrageiro (70,38%) foram 9 unidades percentuais em relação às demais tortas avaliadas, que apresentaram valores ao redor de 61%. Provavelmente a diferença na DIVMS está relacionada ao baixo teor de lignina na torta de nabo forrageiro.

Os teores de N-FDA das tortas foram baixos. Aumentos nos teores de N-FDA podem ocorrer se houver excessiva produção de calor no processo de prensagem, comprometendo desta forma a integridade e disponibilidade da fração nitrogenada. No grão, a proteína reage com os carboidratos, passando a fazer parte da fração FDA. Este processo é denominado Reação de Maillard, que pode afetar negativamente o valor nutricional dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

As tortas de crambe e girassol apresentaram maiores teores de energia bruta (5994 e 5848 cal/g, respectivamente) devido a maior porcentagem de gordura residual presente em ambas.

A Tabela 4 demonstra a composição mineral das tortas estudadas.

A torta de nabo forrageiro apresentou maior teor de nitrogênio (67,10 g/kg) em comparação às outras, que apresentaram média de 36,60 g/kg para este elemento. Carvalho e Costa (2009) observaram concentração menor de N para a torta de nabo forrageiro (58,89 g/kg).

Dentre os demais minerais avaliados, os mais abundantes foram potássio nas tortas de girassol e cártamo (11,20 e 7,70 g/kg, respectivamente), fósforo na torta de crambe (8,10 g/kg) e enxofre na torta de nabo forrageiro (14,60 g/kg). Segundo Church (2004), a composição mineral das plantas pode variar em função da espécie e

variedade, idade, estágio de desenvolvimento, velocidade de crescimento, disponibilidade de nutrientes no solo, fertilização e volume hídrico.

A torta de crambe apresentou elevado teor de cálcio (7,70 g/kg) em relação aos demais tratamentos. Souza et al. (2009) também destacaram valor elevado deste mineral, que alcançou 8,55 g/kg. No entanto, a concentração quantificada neste estudo está abaixo do valor demonstrado pela Rural Sementes (2010) para o farelo de crambe com 12,6 g/kg. O cálcio atua no centro do hipotálamo como regulador da saciedade, podendo levar à diminuição do consumo voluntário.

Na torta de nabo forrageiro, os teores de cálcio, magnésio, cobre e manganês (4,30 g/kg; 4,10 g/kg; 6,78 mg/kg e 32,87 mg/kg, respectivamente) foram próximos aos apresentados por Carvalho e Costa (2009), que encontraram 4,54 g/kg; 3,07 g/kg; 6,40 mg/kg e 31,40 mg/kg, respectivamente. Já os valores de fósforo e potássio estão abaixo das concentrações avaliadas pelos mesmos autores (31,66 e 15,00 g/kg, respectivamente).

A torta de cártamo apresentou teores de fósforo, cálcio e magnésio próximos ao farelo de soja avaliado pela Rural Sementes (2010).

As concentrações de ferro nas tortas pesquisadas apresentaram valores superiores às encontradas na literatura em relação ao farelo de soja, exceto a torta de girassol, que demonstrou o teor mais baixo para este elemento (86,85 mg/kg). Em Rural Sementes (2009), podem ser observados 142 mg/kg de ferro no farelo de soja. Souza et al. (2009), encontraram concentração de ferro de 92,6 mg/kg na torta de nabo forrageiro, valor bem abaixo ao encontrado no presente estudo (449,2 mg/kg).

Os ovinos possuem susceptibilidade à intoxicação pelo cobre, que afeta o fígado dos animais, causando lesões, hemólise, icterícia e hemoglobinúria, podendo levar o animal à morte. Concentrações acima de 25mg na dieta total de MS são considerados níveis tóxicos (NRC, 1985; ANTONELLI, 2007). Os teores de minerais avaliados no presente estudo estão dentro dos limites considerados normais aos animais.

4.2. Composição dos ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos dos óleos extraídos dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe estão apresentados na Tabela 5.

O óleo vegetal que apresentou teor mais elevado de ácido oleico (C18:1) foi o extraído das sementes de cártamo (74,4%), resultado muito superior ao relatado por Demirbas (2005), que encontrou predominância do ácido linoleico (77,2%) em grãos de cártamo. Este ácido também foi predominante no óleo de nabo forrageiro, porém, o conteúdo é de 32,9%, bem inferior ao do cártamo.

Tabela 5 – Perfil dos ácidos graxos dos óleos extraídos dos grãos de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Ácido graxo	Nome comum	Óleos			
		Cártamo	Nabo Forrageiro	Girassol	Crambe
		%			
C16:0	Palmítico	4,8	5,2	6,2	1,3
C18:0	Esteárico	2,4	2,3	3,8	0,6
C18:1	Oleico	74,4	32,9	20,0	13,0
C18:2	Linoleico	16,1	16,6	68,0	6,5
C18:3	Linolênico	0,1	12,0	0,25	4,1
C20:0	Araquídico	0,6	1,0	0,3	1,0
C 22:0	Behênico	0,4	0,4	0,4	2,4
C22:1	Erúcico	nd*	15,7	nd*	64,5
C24:0	Lignocérico	0,2	0,7	0,1	0,8
Saturados		8,4	9,6	11,6	2,01
Monoinsaturados		75,0	60,2	23,1	26,86
Poliinsaturados		16,2	29,9	65,3	3,81
Ômega 6		16,1	17,8	68,00	2,45
Ômega 3		0,1	12,1	0,25	1,36

*nd= não detectado

A espécie que apresentou maior teor de ácido linoleico foi o girassol, com 68%. As sementes de cártamo e nabo forrageiro apresentaram conteúdo semelhante para esse ácido, em torno de 16%.

Nos grãos de crambe, a fração predominante de ácido graxo é representada pelo ácido erúcico, com 64,5%, teor próximo ao encontrado no óleo de colza, que varia de 24 a 50% (SOUZA et al., 2009). O óleo presente nas sementes de nabo forrageiro apresentou teor de 15,7%, já nos óleos de cártamo e girassol, não foi verificado teores de ácido erúcico.

O ácido erúcico (C22:1) é um ácido graxo de cadeia longa que pode ser prejudicial quando presente em altas concentrações na dieta. Há poucos relatos na literatura sobre os efeitos deste ácido em ruminantes. No entanto, estudos com ratos demonstraram que o óleo de colza, também rico em ácido erúcico, causou aumento dos lipídios nos tecidos do fígado e coração, além de reduzir o crescimento destes animais (KRAMER et al., 1973).

Atualmente, o teor de gordura e a composição dos ácidos graxos presentes nas carnes e também no leite, apresentam importante papel na cadeia produtiva, visto que há uma maior preocupação no consumo humano de alimentos com baixos teores de gordura saturada, devido ao índice de doenças cardiovasculares, provocadas por esses lipídios.

Segundo French et al. (2000), o tipo de dieta oferecida aos animais, altera a composição de lipídios da carcaça e do leite, o que permitiria a manipulação da composição da gordura com o uso de sementes de plantas oleaginosas. Fontes de lipídios tais como sementes de algodão e girassol, fornecidas aos ruminantes, aumentam a disponibilidade de absorção e deposição de ácidos graxos poliinsaturados nos músculos, devido à composição de ácidos insaturados presentes nos grãos dessas oleaginosas (FELTON e KERLEY, 2004).

De acordo com Castro et al. (2004), citados por Souza (2009), as modificações na composição lipídica da dieta referentes à quantidade e qualidade dos ácidos graxos ingeridos, podem alterar os níveis séricos de colesterol, evidenciando o efeito da dieta sobre este parâmetro sanguíneo. Assim, dietas ricas em ácidos graxos saturados e pobres em poliinsaturados, aumentam as concentrações do colesterol no sangue.

4.3. Ingestão de matéria seca

Os resultados médios da ingestão de matéria seca, expressos em quilograma por dia (kg/dia), percentagem de peso vivo (% PV), gramas por quilo de peso vivo metabólico (g/kg $PV^{0,75}$) e a variação de peso corporal, podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Variação de peso corporal médio (kg), consumo de MS em kg/dia; % de peso vivo e g/kg de peso vivo metabólico de ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe.

	Tortas				
	Cártamo	**Nabo Forrageiro**	**Girassol**	**Crambe**	EPM*
Variação de Peso	3,25[a]	-0,7[ab]	2,05[ab]	-3,0[b]	1,5
Consumo MS					
kg/dia	1,37[a]	0,96[b]	1,20[ab]	0,92[b]	0,133
%/PV	1,68[a]	1,21[b]	1,48[ab]	1,12[b]	1,167
g/kg $PV^{0,75}$	51[a]	36[b]	44[ab]	33[b]	0,004

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade
*EPM = erro padrão da média

Houve diferença significativa ($P<0,05$) na ingestão de MS, onde a dieta composta pela torta de cártamo propiciou maior consumo (1,37 kg de MS/dia) não diferindo do tratamento contendo a torta de girassol. Entretanto, a dieta com torta de crambe causou menor consumo, mas apresentou diferença somente entre a torta de cártamo.

Foram observados menores consumos e variação negativa de peso para os tratamentos em que os animais receberam as tortas de nabo forrageiro e crambe.

O alto consumo de EE dos animais alimentados com a torta de crambe, pode ter interferido na digestão da fibra, contribuindo com a limitação do consumo de MS. Porém, a ingestão de EE dos animais que receberam a torta de nabo forrageiro não foi tão elevada. Talvez essa torta possua menor palatabilidade, proporcionando baixo consumo de MS.

A concentração de cálcio mais elevada nas tortas de crambe e nabo forrageiro (Tabela 4) também pode ter propiciado menor consumo, já que o aumento desse elemento leva à diminuição do consumo voluntário. O cálcio também pode ter facilitado a formação de sais de cálcio, gerando menor aceitabilidade dos animais.

Outro fator que pode ter interferido negativamente no consumo e na variação do peso corporal é a composição de ácidos graxos do óleo residual das tortas de crambe e nabo forrageiro, que possuem maiores teores de ácido erúcico (Tabela 5). De acordo com Kramer et al. (1973), altas concentrações de ácido erúcico podem causar aumento dos lipídios nos tecidos do fígado em ratos, além de reduzir o crescimento desses animais. Sendo assim, o autor relata que pode ser um fator antinutricional.

Embora a torta de cártamo tenha apresentado maiores teores de fibras e lignina, os animais demonstraram ganho de peso e maior consumo de alimento em relação às tortas de crambe e nabo forrageiro. Possivelmente, o aumento da ingestão de fibras propiciou a ruminação, maior motilidade ruminal, taxa de passagem equilibrada, contribuindo assim com a reciclagem dos microrganismos, o que acarreta em melhor utilização da fibra pelos mesmos.

4.4. Parâmetros ruminais

4.4.1. pH e nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$)

A Tabela 7 apresenta os valores de pH ruminal para os diferentes tratamentos estudados, demonstrando que foram semelhantes entre si ($P>0,05$). Os valores médios foram próximos de 6,25.

Ao observar a evolução temporal na Figura 14, nota-se que houve redução no pH pós-prandial nos diferentes tratamentos, sendo os menores valores encontrados no tempo de 4 horas. Essa diminuição foi acompanhada de crescente produção de AGCC e pode ser justificada pelo pico de produção em torno de 4 horas após a primeira ingestão de alimentos.

Os maiores valores apresentados no início da alimentação podem estar relacionados à baixa concentração de nutrientes disponíveis para os microrganismos ruminais e à ruminação dos animais, a qual estimula a produção de saliva, que age como tamponante no líquido ruminal.

Tabela 7 – pH no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	**Tempos em horas - pH**							**Efeitos**		
	0	2	4	6	8	Média	EPM*	L	Q	C
Cártamo	6,98	6,38	6,12	6,13	5,95	6,31[a]	0,12	0,0001	0,0074	0,0479
Nabo F.	6,59	6,17	5,92	6,18	6,14	6,20[a]	0,12	0,0027	0,0027	0,0833
Girassol	6,91	6,34	6,16	6,26	6,06	6,35[a]	0,12	0.0008	0,0155	0,0116
Crambe	6,64	6,12	5,94	6,17	6,32	6,24[a]	0,12	0,2370	0,0001	0,1120
Média	6,78	6,25	6,04	6,19	6,12					
EPM	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08					

*EPM = erro padrão da média
Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

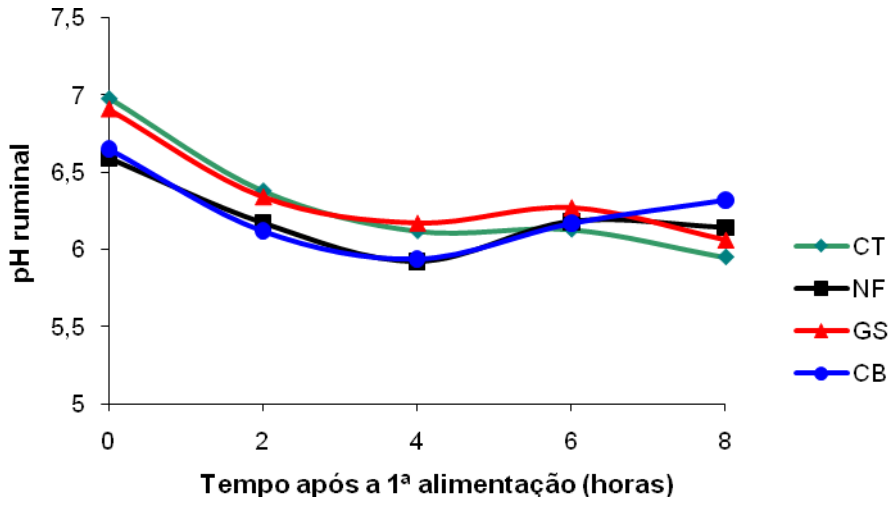

Figura 14- Evolução temporal do pH no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

O pH do líquido ruminal afeta a degradação dos alimentos e seu valor ideal varia de 5,5 a 7,2. Valores baixos podem ocorrer em intervalos de tempos curtos, após a alimentação com dietas ricas em concentrado (CHURCH, 1993). Os valores encontrados ficaram dentro da faixa de referência citada acima. Porém, de acordo com Van Soest (1994), valores de pH inferiores a 6,2 inibem a taxa de digestão e aumentam o tempo de colonização para a degradação da parede celular das células vegetais.

Nos tratamentos compostos pelas tortas de nabo forrageiro e crambe, o pH chegou a valores inferiores a 6,0 no horário de 4 horas após a alimentação, que pode justificar o menor consumo desses alimentos. Entretanto, a média de todos os tratamentos foi igual e maior que 6,2.

Queiroz (2008) em estudo com ovinos alimentados com rações contendo farelo de soja, farelo de amendoim, farelo de canola e farelo de algodão, obteve valores de pH semelhantes entre os tratamentos e próximos de 6,0, proporcionando ambiente adequado para as atividades microbianas.

Em estudos com ovinos, Ivan et al. (2003) verificaram aumento no pH ruminal de 6,1 para 6,5 devido à inclusão de 14% de grãos de girassol na dieta dos animais.

Caton et al. (1994), estudaram a influência do farelo de crambe como fonte de proteína em diferentes níveis de inclusão na alimentação de novilhos e concluíram que o pH ruminal foi semelhante entre os tratamentos, apresentando média de 6,4, indicando que o balanço ácido-base não foi afetado.

As concentrações de nitrogênio amoniacal estão apresentadas na Tabela 8.

Através dos resultados, observou-se que houve efeito significativo ($P<0,05$) no tempo de 8 horas, no líquido ruminal de animais recebendo as dietas contendo a torta de cártamo (14,50 mg/dL) e a torta de nabo forrageiro (41,75 mg/dL). Não houve diferença ($P>0,05$) para as tortas de girassol e crambe. Entretanto, os demais tempos estudados não mostraram interações significativas.

Na Figura 15 observa-se que os tratamentos apresentaram o mesmo perfil de desaparecimento do nitrogênio, com pico de produção às 2 horas após a alimentação, exceto a dieta com a torta de nabo forrageiro, que demonstra valor máximo no tempo 4.

Tabela 8 – Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_3$) em mg/dL no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	Tempos em horas – $N\text{-}NH_3$					Média	EPM*	Efeitos		
	0	2	4	6	8			L	Q	C
Cártamo	13,00 (1,11ª)	42,25 (1,61ª)	29,50 (1,45ª)	21,50 (1,29ª)	17,50 (1,23[b])	24,75 (1,34)	4,43 (0,07)**	0,460	0,0001	0,0001
Nabo F.	20,25 (1,29ª)	40,50 (1,59ª)	52,75 (1,72ª)	50,25 (1,67ª)	41,75 (1,60ª)	41,10 (1,58)	4,43 (0,07)	0,0001	0,0001	0,2206
Girassol	19,25 (1,27ª)	44,0 (1,64ª)	38,50 (1,57ª)	32,0 (1,48ª)	22,0 (1,30[ab])	31,15 (1,45)	4,43 (0,07)	0,478	0,0001	0,0058
Crambe	16,50 (1,20ª)	40,0 (1,59ª)	39,25 (1,57ª)	29,0 (1,44ª)	20,75 (1,30[ab])	29,10 (1,42)	4,43 (0,07)	0,612	0,0001	0,0037
Média	17,25 (1,22)	41,68 (1,61)	40,00 (1,58)	33,19 (1,47)	25,50 (1,36)					
EPM*	1,12 (0,03)**	2,47 (0,03)	2,74 (0,04)	3,97 (0,04)	2,45 (0,03)					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
Médias entre parenteses foram transformadas em Log (x)
*EPM = erro padrão da média
**EPM = erro padrão da média transformada em Log (x)
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

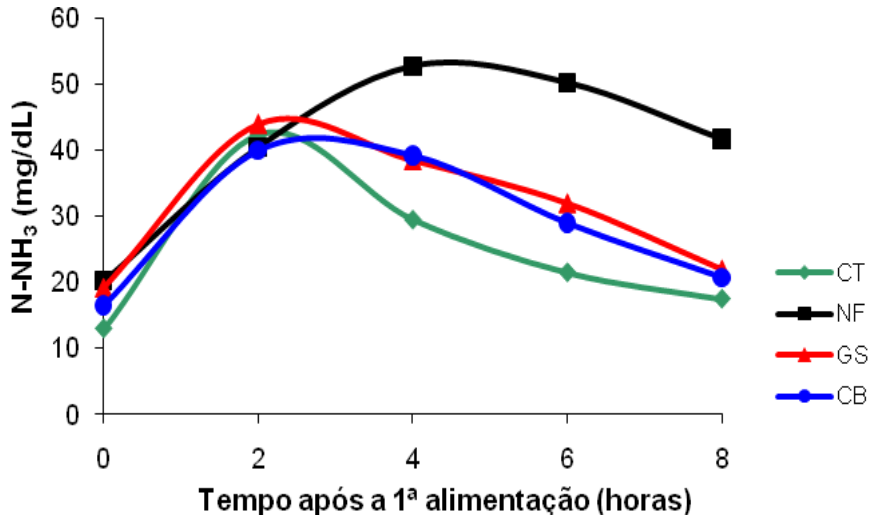

Figura 15 – Evolução temporal das concentrações de $N\text{-}NH_3$ no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

A maior concentração de N-NH_3 no líquido ruminal dos animais recebendo a torta de nabo forrageiro às 4 horas após a alimentação, pode ser justificada pela maior concentração de fração solúvel da PB encontrada nesse alimento em relação aos demais. Provavelmente faltou energia para que houvesse sincronização dos carboidratos com o nitrogênio, embora a porcentagem de CNF tenha sido maior para a torta de nabo forrageiro. Porém, o menor consumo de MS pode ter propiciado menor disponibilidade de carboidratos para os microrganismos, ocasionando então elevada concentração de nitrogênio no rúmen, devido ao seu menor aproveitamento para a síntese de proteína microbiana.

Reis e Silva (2006) relataram que a concentração de amônia no rúmen pode ter efeito acentuado na ingestão voluntária, pois após a ingestão de silagem, a concentração de amônia no rúmen pode atingir 80 mg/dL. Entretanto, essa alta concentração não se relaciona ao conteúdo de N-NH_3 da silagem, mas à quantidade e solubilidade da fração proteica da mesma.

Segundo Owens e Zinn (1988), citados por Fernandes et al. (2005), quando a fonte de nitrogênio predominante é uréia, ou outra fonte de N não proteico, o pico de concentração de amônia ruminal ocorre 1 a 2 horas após a ingestão de alimentos. No entanto, quando a fonte de N predominante provém de proteína vegetal, o pico de concentração ocorre 3 a 4 horas após a alimentação.

Quando a velocidade de degradação ruminal da proteína da dieta excede a velocidade de utilização pelas bactérias, a amônia excedente é absorvida pela parede ruminal e transportada pela veia porta até o fígado, onde é transformada em uréia, a qual parte pode ser excretada na urina e parte volta para o rúmen através da corrente sanguínea ou saliva (reciclagem de N) (SANTOS, 2006).

Alves et at. (2007) avaliaram a influência de rações de silagem de cana de açúcar contendo diferentes níveis (0, 25, 50, 75 e 100%) de torta de nabo forrageiro em dietas para bovinos. O tratamento com 100% promoveu menor quantidade de N amoniacal no rúmen, concluindo, portanto, que a inclusão de até 75% de torta de nabo forrageiro em substituição ao farelo de soja, aumenta a produção de N amoniacal em níveis aceitáveis.

McCollum e Galyean (1985) observaram maiores concentrações de $N\text{-}NH_3$ no líquido ruminal de novilhos alimentados com farelo de algodão em relação a uma dieta controle sem adição deste suplemento, apresentando pico de produção 1 hora após a alimentação.

De acordo com Caton et al. (1994) o aumento dos níveis de farelo de crambe em dietas fornecidas a novilhos não influenciou as concentrações de amônia no líquido ruminal (média de 7,7 mg/dL), sendo adequadas para a fermentação microbiana.

O nível de amônia ruminal ótimo é em torno de 10 mg/dL, segundo Van Soest (1994). Entretanto, esse valor médio sofre variação já que as bactérias capazes de sintetizar proteína e captar amônia dependem da taxa de fermentação dos carboidratos. Mehrez e Ørskov (1977) sugerem valores ao redor de 24 mg/dL para o máximo desaparecimento do substrato. No presente estudo, foram observados teores acima dos valores de referência citados pelos autores.

4.4.2. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)

As médias dos valores totais de AGCC encontram-se na Tabela 9.

No presente trabalho, não ocorreu diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados para as concentrações totais de AGCC, que variaram de 79,95 mM a 81,92 mM. Houve variação das concentrações em função do tempo, o que é esperado, já que as taxas de produção dos AGCC variam com o período após a ingestão.

A Figura 16 demonstra a evolução da concentração de AGCC total no líquido ruminal, alcançando seu valor máximo às 4 horas após a alimentação, quando são observados menores valores de pH, evidenciando uma maior atividade fermentativa no rúmen (Figura 14).

Tabela 9 – Concentrações molares (mM) de ácidos graxos de cadeia curta totais (AGCC) no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	Tempos em horas – AGCC totais					Média	EPM*	Efeitos		
	0	2	4	6	8			L	Q	C
Cártamo	47,93	90,33	92,32	83,65	89,41	80,73[a]	7,55	0,0340	0,0059	0,0042
Nabo F.	57,79	83,07	101,8	87,07	80,34	81,92[a]	7,55	0,0019	0,0019	0,4261
Girassol	40,75	82,93	99,79	90,24	86,56	80,06[a]	7,55	0,0072	0,0002	0,0922
Crambe	57,59	89,36	109,3	84,13	59,13	79,95[a]	7,55	0,9598	0,0001	0,5037
Média	51,02	86,42	100,7	86,28	78,91					
EPM*	5,07	5,01	5,01	5,01	5,07					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
*EPM = erro padrão da média
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

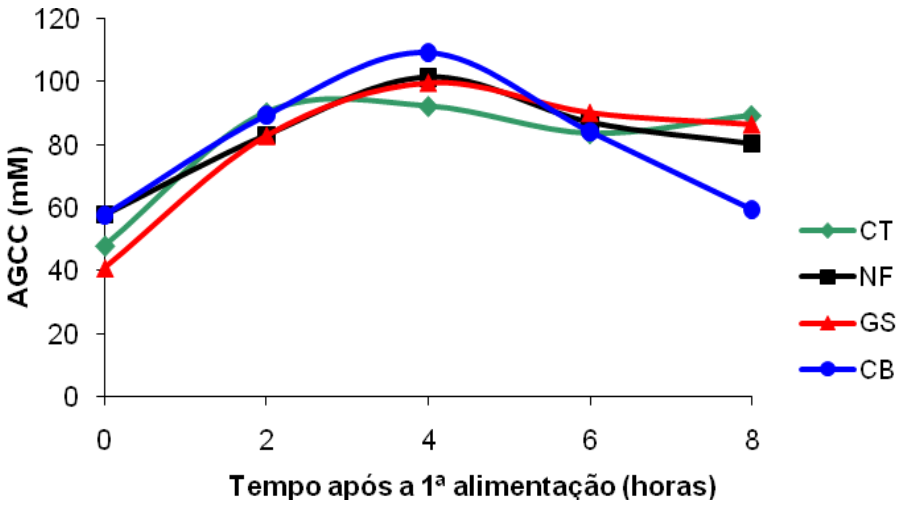

Figura 16- Evolução temporal das concentrações médias (mM) de AGCC totais no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

Caton et al. (1994) observaram redução das concentrações de AGCC à medida que aumentou a suplementação de farelo de crambe na dieta de novilhos.

Messana (2009) avaliou diferentes níveis de lipídios (2, 4 e 6%) na dieta de bovinos, com rações compostas por farelo de soja, grãos de soja, polpa cítrica e silagem de milho, constatando que não houve influência dos níveis de lipídios sobre as concentrações de AGCC totais.

Ivan et al. (2003) não verificaram efeito da inclusão de grãos de girassol na dieta de ovinos sobre o total de ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen, que variou de 71 a 100 mM.

Pelegrino (2008) em estudo com rações contendo caroço de algodão na dieta de bovinos, observou concentrações médias de AGCC totais abaixo da faixa considerada ótima (de 60 a 150 mM), descrita por Bergman (1990). Enquanto McCollun e Galyean (1985), relataram que a concentração de AGCC total não foi alterada pela suplementação de farelo de algodão na dieta de novilhos.

Quanto às concentrações de acetato, estas não apresentaram diferenças (P>0,05) entre tratamentos (Tabela 10 e Figura 17). O menor valor médio obtido (47,70 mM) foi observado em animais consumindo a torta de girassol. Já os animais alimentados com torta de cártamo apresentaram maior valor médio (53,90 mM).

Tabela 10 – Concentrações molares (mM) de acetato no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	**Tempos em horas – Acetato**							**Efeitos**		
	0	2	4	6	8	Média	EPM*	L	Q	C
Cártamo	34,86	60,07	61,18	55,29	58,09	53,90ª	5,15	0,0582	0,0039	0,0031
Nabo F.	37,80	52,32	63,39	54,94	50,47	51,78ª	5,15	0,0016	0,0016	0,4799
Girassol	26,29	48,90	58,45	53,76	51,08	47,70ª	5,15	0,0153	0,0005	0,1557
Crambe	39,14	57,26	68,64	53,87	38,77	51,54ª	5,15	0,8463	0,0001	0,5419
Média	34,53	54,64	62,92	54,47	49,60					
EPM*	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28					

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
*EPM = erro padrão da média
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

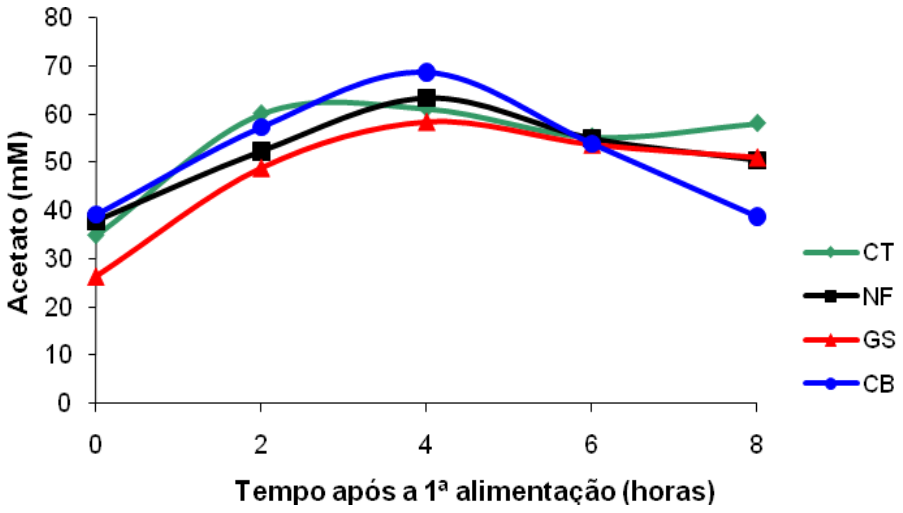

Figura 17- Evolução temporal das concentrações médias de acetato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

Proporcionalmente, as concentrações de acetato foram maiores em relação aos demais ácidos, conforme relatos de Harmon et al. (1991) e Kozloski (2009). Esses autores afirmam também que o acetato é o mais oxidado, sua formação resulta em máximo rendimento de energia para as bactérias e destina-se principalmente ao metabolismo energético de tecidos periféricos, além de ser o principal substrato utilizado para a lipogênese.

A fermentação da fibra propicia maior produção de acetato, o que explica o aumento numérico da concentração média desse ácido no tratamento com a torta de cártamo.

As concentrações de propionato estão apresentadas na Tabela 11 e Figura 18.

A torta de girassol produziu maior concentração média deste AGCC (26,36 mM), porém não houve diferença (P>0,05) entre os valores médios dos alimentos. Esse aumento na média do tratamento com a torta de girassol foi compensado pela queda na produção média de acetato e consequente relação acetato:propionato mais baixa.

Tabela 11 – Concentrações molares (mM) de propionato no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	Tempos em horas – Propionato					Média	EPM*	Efeitos		
	0	2	4	6	8			L	Q	C
Cártamo	9,66	23,62	24,19	22,43	25,02	20,99ª	1,91	0,0073	0,0120	0,0067
Nabo F.	14,62	22,07	26,87	23,09	21,44	21,61ª	1,91	0,0076	0,0076	0,4443
Girassol	11,45	27,60	33,58	29,76	29,42	26,36ª	1,91	0,0008	0,0001	0,0329
Crambe	14,43	24,70	30,95	23,07	16,01	21,83ª	1,91	0,8846	0,0001	0,4367
Média	12,54	24,50	28,89	24,59	22,97					
EPM*	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
*EPM = erro padrão da média
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

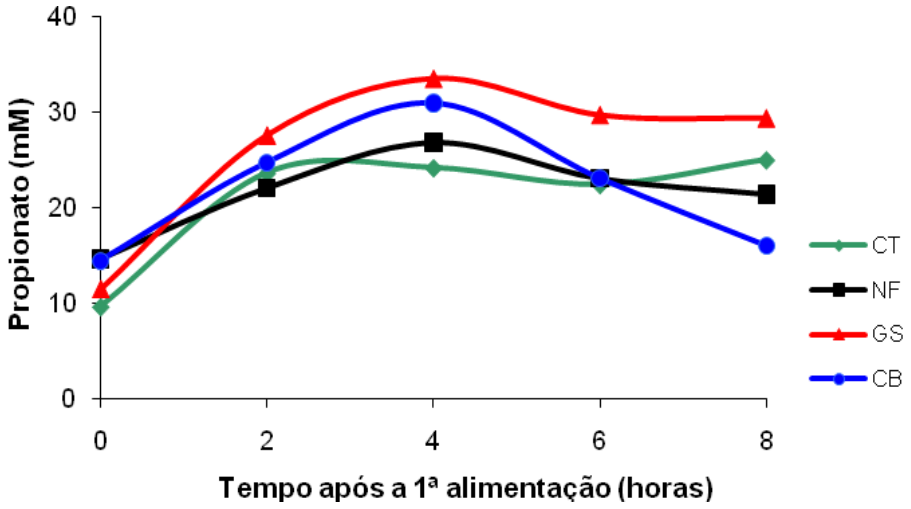

Figura 18- Evolução temporal das concentrações médias de propionato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

Não houve diferença significativa (P>0,05) nas concentrações de butirato entre os tratamentos (Tabela 13 e Figura 19), ocorrendo variação de 5,84 a 8,52 mM.

A dieta com adição de torta de nabo forrageiro apresentou maior teor médio de butirato e com torta de cártamo demonstrou menor concentração média.

Tabela 12 – Concentrações molares (mM) de butirato no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	Tempo em horas - Butirato							Efeitos		
	0	2	4	6	8	Média	EPM*	L	Q	C
Cártamo	3,39	6,63	6,95	5,92	6,31	5,84 ª	0,89	0,1583	0,0197	0,0373
Nabo F.	5,37	8,68	11,06	9,04	8,43	8,52 ª	0,89	0,0003	0,0003	0,2516
Girassol	3,01	6,42	7,76	6,73	6,06	5,99 ª	0,89	0,0854	0,0011	0,2317
Crambe	4,02	7,40	9,70	7,19	4,55	6,57 ª	0,89	0,8043	0,0001	0,6405
Média	3,94	7,28	8,87	7,22	6,34					
EPM*	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
*EPM = erro padrão da média
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

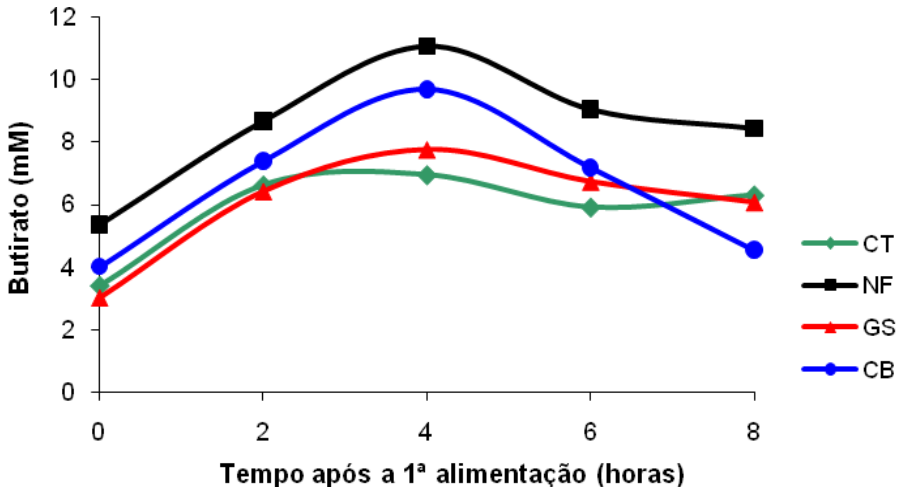

Figura 19- Evolução temporal das concentrações médias de butirato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

Para a relação acetato:propionato (Tabela 13 e Figura 20), houve efeito significativo (P<0,05) no tempo zero entre as dieta com adição de torta de cártamo e girassol, mas não houve diferença (P>0,05) para as tortas de nabo forrageiro e crambe. Entretanto, os demais tempos estudados não mostraram interações significativas.

Tabela 13 – Concentrações molares da relação acetato:propionato (A:P) no líquido ruminal em diferentes tempos de amostragem em ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

Tortas	Tempos em horas – A:P					Média	EPM*	Efeitos		
	0	2	4	6	8			L	Q	C
Cártamo	3,66[a]	2,53[a]	2,52[a]	2,47[a]	2,35[a]	2,71	0,14	0,0001	0,0007	0,0003
Nabo F.	2,59[ab]	2,38[a]	2,34[a]	2,43[a]	2,35[a]	2,42	0,14	0,3619	0,3619	0,1766
Girassol	2,45[b]	1,76[a]	1,73[a]	1,83[a]	1,79[a]	1,92	0,14	0,0137	0,0062	0,0064
Crambe	2,72[ab]	2,31[a]	2,22[a]	2,32[a]	2,42[a]	2,39	0,14	0,1913	0,0176	0,2079
Média	2,86	2,25	2,20	2,26	2,23					
EPM*	0,09	0,06	0,07	0,08	0,09					

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
*EPM = erro padrão da média
L = linear; Q = quadrático e C = cúbico

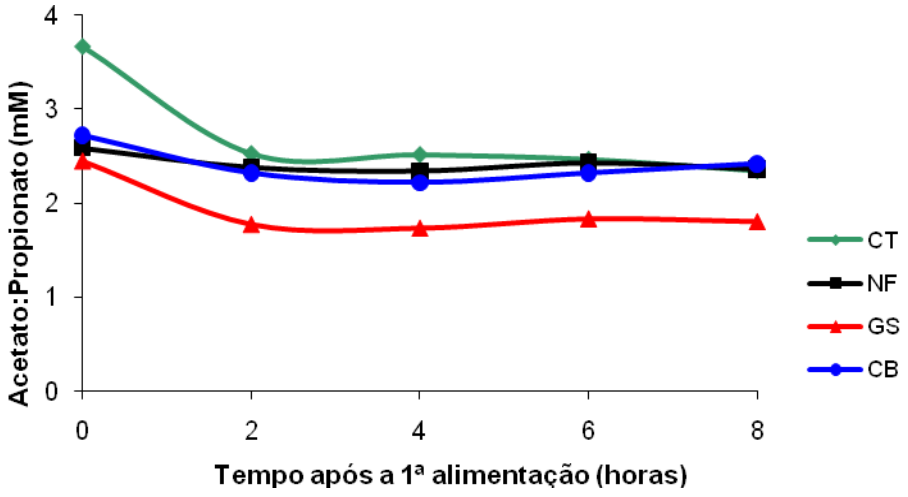

Figura 20- Evolução temporal das concentrações médias da relação acetato:propionato (mM) no líquido ruminal nos diferentes tratamentos estudados

A menor relação média observada foi com animais consumindo a torta de girassol e a maior relação foi para a dieta com torta de cártamo.

Durante a fermentação dos carboidratos a produção de acetato libera mais moléculas de hidrogênio do que na produção de propionato. A menor relação acetato:propionato pode refletir em menor produção de metano e consequentemente, maior eficiência de utilização da energia do alimento ingerido. Dessa forma, a relação acetato:propionato pode indicar a eficiência de utilização ruminal da energia.

Caton et al. (1994) em estudo com diferentes níveis de farelo de crambe suplementados em rações de novilhos, relataram que as proporções molares de acetato, propionato e butirato não foram afetadas pela inclusão dos níveis de farelo de crambe na dieta.

4.5. Degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB)

Os valores para a fração solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) estimadas para a taxa de passagem 5%/h da matéria seca e proteína bruta podem ser observadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) das tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe em ovinos.

Parâmetros (%)	Tortas				
	Cártamo	Nabo Forrageiro	Girassol	Crambe	EPM*
	MS				
a	19,64[d]	61,61[a]	34,08[b]	33,00[c]	0,23
b	29,07[b]	27,01[b]	30,79[ab]	34,72[a]	1,05
c	12,7[ab]	20,3[a]	16,1[ab]	9,4[b]	0,02
DP	48,70[c]	88,62[a]	64,87[b]	67,72[b]	0,98
DE5	40,46[c]	83,25[a]	56,98[b]	54,00[b]	1,13
	PB				
a	30,41[d]	58,25[a]	44,57[c]	50,63[b]	0,29
b	58,26[a]	36,66[d]	49,54[b]	40,24[c]	0,73
c	15,4[b]	41,7[a]	44,8[a]	15,2[b]	0,03
DP	88,67[c]	94,91[a]	94,10[a]	90,86[b]	0,54
DE5	74,32[c]	90,93[a]	89,06[a]	80,25[b]	1,00

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P>0,05)
*EPM = erro padrão da média
a, b e c referem-se aos parâmetros de Orskov & McDonald (1979), onde a = fração solúvel, b= fração potencialmente degradável, c= taxa de degradação da fração b, DP= degradabilidade potencial, DE5= degradabilidade efetiva para as taxas de passagem iguais a 5%/hora

As frações solúveis da MS diferiram significativamente (P<0,05) entre todos os tratamentos. A torta de nabo forrageiro apresentou a maior fração solúvel da MS (61,61%), comparada aos demais tratamentos, resultado superior aos relatados por Fortaleza, et al. (2009) e Collao-Saenz et al. (2009), em estudo com bovinos, que encontraram 31,26% e 17,34%, respectivamente, para a fração solúvel da MS.

Essas diferenças na solubilidade da fração “a”, podem ser devido ao processo de extração do óleo, pois o excessivo aquecimento durante a prensagem dos grãos, torna essa fração menos disponível ao ataque microbiano, devido à formação de compostos na “Reação de Maillard”, a proteína reage com os carboidratos, passando a fazer parte da fração FDA (VAN SOEST, 1994).

O cártamo demonstrou o menor valor para a fração solúvel da MS (19,64%) entre os tratamentos avaliados.

A fração potencialmente degradável da MS foi semelhante (P>0,05) para as tortas de cártamo (29,07%), nabo forrageiro (27,01%) e girassol (30,79%), a qual também foi similar (P>0,05) à torta de crambe (34,72%).

Goes et al. (2010), encontraram valores superiores para a fração potencialmente degradável da MS para as tortas de girassol (73,70%) e crambe (53,99%). Já Beran et al. (2005) relataram 13,19% da fração “b” da MS da torta de girassol, valor bem inferior ao descrito no atual trabalho.

A torta de nabo forrageiro apresentou valor inferior ao divulgado por Fortaleza et al. (2009) e Collao-Saenz et al. (2009), para a fração potencialmente degradável da MS (57,90% e 67,40%, respectivamente).

A maior fração “c” da MS foi encontrada para a torta de nabo forrageiro (20,3%), não diferindo significativamente (P>0,05) da fração “c” das tortas de cártamo e girassol, 12,7% e 16,1%, respectivamente. A torta de crambe apresentou menor valor para esta fração (9,4%), apresentando diferença (P<0,05) somente em relação à torta de nabo forrageiro.

As frações “c” encontradas neste estudo para a degradação da MS das tortas de girassol (16,1%) e nabo forrageiro (20,3%), foram superiores aos valores apresentados por Collao-Saenz et al. (2009), que foram 5,9% e 7,5%, respectivamente.

Dentre os alimentos estudados, a torta de cártamo demonstrou menores valores para a DP e DE 5%/h da matéria seca, diferindo significativamente (P<0,05) das demais, o que pode ser justificado pelo elevado teor de lignina (15,27%) presente na estrutura dos grãos desta planta (Tabela 3).

As tortas de girassol e crambe não apresentaram diferença entre si (P>0,05) para as frações DP e DE da MS. A torta de nabo forrageiro demonstrou maiores valores para estes parâmetros, 88,62% e 83,25%, respectivamente, provavelmente devido aos teores mais baixos de fibras e lignina.

A degradabilidade efetiva da torta de crambe foi baixa (54,00%), embora as frações “a” e “b” tenham sido relativamente altas, a taxa de degradação da fração “b” foi menor, sugerindo que o ambiente ruminal não foi propício para a ação dos

microrganismos, o que pode ter sido provocado pelo consumo mais baixo, perda de peso, excesso de fator antinutritivo (ácido erúcico), etc.

A degradação da matéria seca pode ser visualizada na Figura 21.

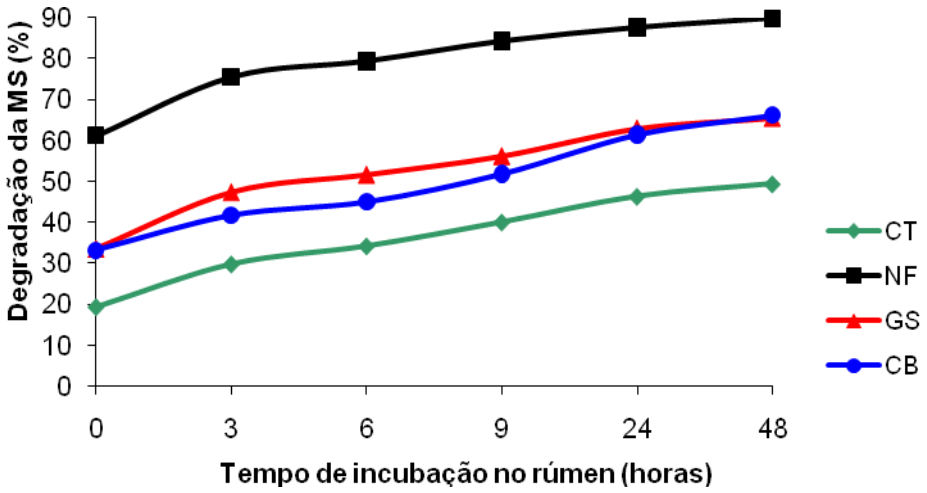

Figura 21 - Curva de degradação da matéria seca (MS) dos diferentes alimentos estudados

Observa-se que a torta de nabo forrageiro apresentou maior taxa de degradação da MS, demonstrando elevada e rápida degradação ruminal. Apesar da menor degradação das MS, o padrão da curva da torta de cártamo foi semelhante aos demais alimentos.

As variações dos parâmetros de degradação encontradas entre as tortas podem ser atribuídas às diferenças na composição bromatológica das mesmas, principalmente da FDN, FDA e lignina. Sabe-se que maiores teores destas frações podem influenciar a degradação da MS. Portanto, a degradabilidade da MS da torta de cártamo foi mais baixa, possivelmente devido aos maiores teores destas frações, o que causou maior resistência em função das sementes serem mais fibrosas do que às outras tortas avaliadas.

As frações “a” e “b” da degradação da PB diferiram ($P<0,05$) entre todos os tratamentos. Os maiores valores da fração solúvel foram observados para a torta de nabo forrageiro (58,25%) e para a torta de crambe (50,63%). Estes resultados foram

superiores aos relatados por Fortaleza et al. (2009), que encontraram 34,18% para a fração “a” da torta de nabo forrageiro e aos divulgados por Goes et al. (2010), que encontraram 20,12% desta fração para a torta de crambe. Os últimos autores também relataram valor inferior para a fração solúvel na torta de girassol (22,91%) comparado ao presente estudo, onde foi verificado 44,57% de fração solúvel da PB nessa torta.

A torta de cártamo apresentou maior valor da fração potencialmente degradável da PB (58,26%). O menor valor para esta fração foi observado para a torta de nabo forrageiro (36,66%), resultado bem inferior ao demonstrado por Fortaleza et al. (2009) (61,92%) e por Collao-Saenz et al. (2009) (67,40%). A torta de girassol apresentou valor superior (49,54%) ao verificado por Beran et al. (2005), 6,61%, para a fração potencialmente solúvel da PB.

Para a fração “c” da degradação da PB, as tortas de crambe e cártamo e as tortas de nabo forrageiro e girassol apresentaram efeitos semelhantes (P>0,05), em que os dois primeiros tratamentos mostraram os menores valores para este parâmetro,15,2% e 15,4%, respectivamente. A torta de nabo forrageiro e girassol apresentaram 41,7% e 44,8% para a fração “c”, respectivamente. Os valores encontrados para este parâmetro estão abaixo dos divulgados por Goes et al. (2010), que observaram 25,5% para a torta de girassol. Entretanto, esses autores relataram 14,73% para a torta de crambe, próximo ao encontrado neste estudo.

Os valores encontrados para a degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva a taxa de 5%/h foram semelhantes (P>0,05) entre a torta de girassol e nabo forrageiro (94,10% para DP, 89,06% para DE e 94,91% para DP, 90,93% para DE, respectivamente). A torta de cártamo apresentou menores valores para estas frações.

Beran et al. (2005) relataram valor similar para a DP da PB da torta de girassol (96,08%), porém superior à DE (94,48%) para a mesma taxa de passagem. Goes et al. (2010), encontraram valores de 84,52% para DE na torta de girassol e 60,43% na torta de crambe, próximo à torta de girassol apresentada neste trabalho (89,06%) e bem inferior ao verificado na torta de crambe (80,25%).

O valor da DP da PB para a torta de nabo forrageiro (94,91%) apresentou valor semelhante ao 96,06% relatado por Fortaleza et al. (2009), porém superior (90,93%) ao

divulgado pelos mesmos autores para a DE, que encontraram 57,82% para esta fração na mesma taxa de passagem.

As curvas de degradação da PB dos tratamentos estudados podem ser visualizadas na Figura 22.

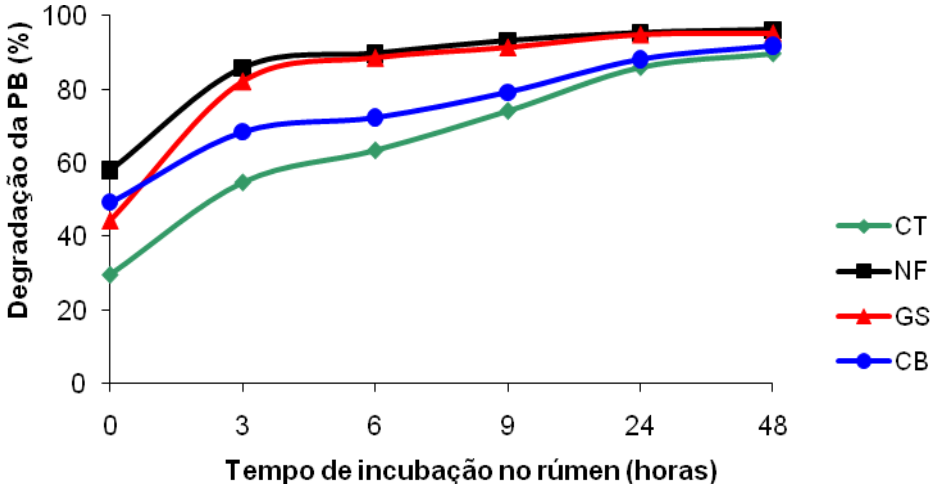

Figura 22- Curva de degradação da proteína bruta (PB) dos diferentes alimentos estudados

Nota-se que houve um perfil semelhante na degradação da PB entre as tortas avaliadas, ocorrendo desaparecimento mais rápido nas primeiras 3 horas de incubação. As tortas de nabo forrageiro e girassol demonstraram degradações mais altas e muito semelhantes. Após o tempo de 3 horas, houve estabilização até às 48 horas de incubação. Já as curvas das tortas de crambe e cártamo, continuaram elevando a porcentagem até às 48 horas, demonstrando degradação mais lenta.

Além da variação da composição bromatológica, outro fator que pode justificar as diferenças na degradação tanto da MS quanto da PB entre as tortas é o processo de extração do óleo pela prensagem dos grãos. Esse processo causa compactação e após a moagem pode gerar partículas menores, que pode aumentar a solubilização ou maior ação microbiana, por aumentar a superfície de contato, fato observado nas tortas estudadas.

4.6. Parâmetros sanguíneos

Os parâmetros sanguíneos estão apresentados na Tabela 15.

Pode-se observar que houve diferença significativa (P>0,05) entre os valores médios somente nos teores de colesterol e aspartato aminotransferase (AST) entre os tratamentos avaliados.

Tabela 15 – Parâmetros sanguíneos de ovinos alimentados com tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe

PARÂMETROS	TORTAS				
	Cártamo	**Nabo Forrageiro**	**Girassol**	**Crambe**	EPM*
Glicose (mg/dL)	62,50	60,75	58,50	66,25	2,29
Colesterol (mg/dL)	66,75[b]	71,50[b]	70,00[b]	82,75[a]	6,60
LDL (mg/dL)	23,00	20,75	24,25	25,50	5,31
HDL (mg/dL)	48,25	47,25	51,00	52,25	6,71
AST (U/L)	109,00[cb]	91,75[c]	132,50[b]	176,00[a]	11,70
ALT (U/L)	13,50	13,00	15,75	15,25	3,08
Uréia (mg/dL)	22,50	24,00	20,00	20,50	2,77
Creatinina (mg/dL)	1,17	1,17	1,20	1,18	0,03

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade
*EPM = erro padrão da média
LDL= lipoproteína de baixa densidade
HDL= lipoproteína de alta densidade
AST= aspartato aminotransferase
ALT= alanina aminotransferase

Os valores observados de glicose estão dentro dos níveis esperados para ruminantes, que segundo Church (1988) varia de 55 a 65 mg/dL em período de jejum.

A maior concentração de colesterol foi observada para o tratamento composto pela torta de crambe, que diferiu significativamente (P<0,05) das demais dietas. Esse aumento ocorreu, provavelmente, devido ao alto teor de extrato etéreo presente na torta de crambe, que pode levar ao aumento do colesterol sérico. No entanto, todos os níveis de colesterol encontrados ficaram dentro do valor de referência para ovinos (44,1 a 90,1 mg/dL) (FRASER, 1997).

Oliveira, et al. (2008) avaliaram dieta de cordeiros constituída por concentrado e volumoso (50:50) com níveis de inclusão de 0, 7, 14 e 21% de torta de dendê. Verificaram que as concentrações séricas de colesterol aumentaram com a inclusão desse coproduto, consequência do aumento de extrato etéreo. Segundo os autores, os teores aumentaram de 49,04 mg/dL para 58,18 mg/dL, porém estão dentro dos valores de referência.

Urano (2009) em estudo com ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana de açúcar suplementadas com grãos de soja em níveis de 0, 7, 14 e 21%, observou aumento nas concentrações séricas de HDL e colesterol total pela inclusão de grãos de soja na dieta.

O colesterol é o precursor dos hormônios esteróides, vitamina D, ácidos biliares, além de ser o principal constituinte das membranas celulares e das micelas biliares. A HDL atua no transporte do colesterol dos tecidos até o fígado e a LDL do fígado aos tecidos. A predominância de LDL sobre HDL tende à maior deposição de colesterol nos tecidos, pois as HDL não conseguem captar o excesso de colesterol ou os tecidos não conseguem catabolizar o excesso de LDL, causando doenças. Neste estudo, pode-se observar que as HDL de todos os tratamentos estão em proporção bem maiores que as LDL, eliminando o risco de doenças por acúmulo do colesterol nos tecidos.

Os tratamentos compostos pelas tortas de crambe, girassol e nabo forrageiro mostraram diferença significativa ($P<0,05$) entre si para os teores de AST. A torta de cártamo diferiu apenas da torta de crambe. Foram evidenciados níveis elevados de AST nas tortas de girassol e crambe (132,50 e 176,00 U/L, respectivamente), comparados com os valores de referência para ovinos (49-123,3 U/L) (FRASER, 1997). O alto teor de AST nos animais consumindo a dieta com a torta de crambe pode indicar distúrbios hepáticos, que podem ter sido provocados pela alta concentração de ácido erúcico e extrato etéreo, que acarretou então em perda de peso dos animais e menor ingestão de matéria seca.

A mensuração da AST é indicada nas doenças sistêmicas que incluem perda de peso, hepatomegalia, vômito, diarréia, icterícia, ascite. Esta enzima está presente em grande quantidade nos hepatócitos, principalmente no interior das mitocôndrias. Seu aumento está relacionado a uma lesão hepatocelular. González et al. (2000), afirmaram

que a enzima AST em níveis elevados, pode sugerir transtornos hepáticos. No entanto, não é um teste específico para o fígado, já que essa enzima também está presente em grandes quantidades no tecido muscular e nos eritrócitos. Já a ALT é uma enzima com boa especificidade para o fígado.

Embora as concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal dos animais tenham sido altas, as concentrações de uréia no sangue estiveram dentro do valor de referência (10,3 a 26,0 mg/dL) (FRASER, 1997). De acordo com Valadares et al. (1997), a concentração plasmática de uréia está relacionada à ingestão de compostos nitrogenados. Desta forma, sua determinação é importante na redução de custos na formulação de rações.

Domingues (2006) avaliou rações para bovinos com teor de 13% de PB, formuladas com diferentes níveis de torta de girassol (0, 25, 50, 75 e 100%) em substituição ao farelo de soja. Não encontrou diferenças significativas no teor de uréia antes da alimentação entre os diferentes níveis adicionados à ração, sendo a média entre os tratamentos de 8,84 mg/dL, valor inferior ao encontrado neste estudo (20,00 mg/dL).

A creatinina apresentou valores numericamente próximos entre os tratamentos. É um teste utilizado na avaliação da função renal. A formação diária de creatinina depende da quantidade total de creatina corporal, que está relacionada com a ingestão dietética, massa muscular e taxa de síntese de creatina. Sua concentração sérica não só dependente da taxa de filtração renal, mas também da massa muscular, idade e alimentação. Em todas as espécies de mamíferos, a creatinina é livremente filtrada nos glomérulos e sua concentração no filtrado glomerular é igual à concentração plasmática. Dessa forma, qualquer alteração na taxa de filtração glomerular, reflete-se nos níveis séricos de creatinina.

Silva et al. (2010) avaliaram o efeito da inclusão de fontes lipídicas na dieta de cabras, consumindo capim-elefante como volumoso. Os tratamentos foram dieta sem suplementação lipídica, semente de faveleira, torta de faveleira e caroço de algodão. Concluíram que as concentrações de glicose não foram influenciadas pela suplementação lipídica em relação à dieta controle, obtendo-se média de 62,85 mg/dL. Quanto aos níveis de colesterol, observaram menor concentração na dieta sem

suplementação lipídica. Segundo os autores, os níveis de creatinina não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, permanecendo dentro dos valores normais. A concentração da enzima AST foi menor para a dieta controle e todos os tratamentos permaneceram dentro dos níveis de referência. As concentrações de uréia foram semelhantes entre as dietas, porém os resultados obtidos ficaram acima do valor de referência (média de 67,5 mg/dL).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições do presente estudo sugerem:

- As tortas de cártamo, nabo forrageiro, girassol e crambe possuem características nutricionais que as qualificam como potenciais fontes de proteína para ovinos;
- Todas as tortas forneceram ambiente propício às atividades dos microrganismos ruminais, demonstrado pelos parâmetros ruminais AGCC e pH;
- Devido ao perfil de degradação, os coprodutos avaliados podem ser adicionados em dietas para ruminantes, porém os animais alimentados com as tortas de nabo forrageiro e crambe apresentaram menor consumo e perda de peso, necessitando de atenção maior na adição desses alimentos.
- Todos os parâmetros sanguíneos avaliados evidenciam que a adição das tortas estudadas às dietas, não causaram danos ao organismo dos animais durante o período avaliado, sendo necessário um cuidado maior na administração da torta de crambe, devido ao elevado nível sérico da enzima aspartato aminotransferase (AST).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p. 258-260, 2008. Suplemento especial.

AGY, M.S.A. et al. Consumo voluntário por cabritos submetidos a dietas com torta de girassol oriunda da produção de biodiesel. In: ZOOTEC, 2009, Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos...** Águas de Lindóia: FZEA/USP-ABZ, 2009.

ALVES, K.R. et al. Influência de diferentes níveis de torta de nabo forrageiro sobre o nitrogênio amoniacal no rúmen de bovinos. **Associação Brasileira de Zootecnistas**, 2007.

ANDRIGUETTO, J.M. **Nutrição Animal**. São Paulo: Nobel. 1990. 396p.

ANTONELLI, A.C. **Avaliação do uso de um sal mineral rico em molibdênio na prevenção da intoxicação cúprica acumulativa em ovinos**. 2007, 166p. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP, São Paulo, 2007.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**, Washington, D.C.: Association of Analytical Chemists, 1995, 1051p.

BERAN, F.H.B. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 405-418, jul/set, 2005.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006, 583p.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, Bethesda, v. 70, n. 2, p. 567-590, 1990.

BIODIESELBR.COM. Tudo sobre biodiesel. Curitiba, 2008. Disponível em: <http:// www.biodiesel.com/biodiesel/biodiesel.htm> Acesso em: 13 dez. 2009.

BOZDOGAN, H. Model selection and Akaike´s information criterion (AIC): the general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**, v. 52, n. 3, p. 345-370, 1987.

BRASI, L.A.C.S.; DENUCCI, S.; PORTAS, A.A. Nabo – adubo verde, forragem e bioenergia. 2008. Disponível em http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/nabo/ index.htm. Acesso em: 04 fev. 2010.

BUENO, M.S. et al. Desempenho de cordeiros alimentados com silagem de girassol ou milho com proporções crescentes de ração concentrada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1942-1948, 2004.

CARLSON, K.D.; TOOKEY, H.L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists´Society**, v. 60, n. 12, dec. 1983. Disponível em: <http://etmd.nal.usda.gov/ bitstream/10113/ 26177/1/IND84005862.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2010.

CARVALHO, M.G.; COSTA, A. Avaliação do valor fertilizante de tortas oleaginosas para adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agroecologia,** v. 4, n. 2, p. 2883-2887. 2009.

CATON, J.S. et al. Influence of crambe meal as a protein source on intake, site of digestion, ruminal fermentation, and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 3238-3245, 1994.

CHURCH, D.C.; POND, W.G.; POND, K.R. **Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales**. México: Limusa Wiley, 2004. 635p.

CHURCH, D.E. **El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1993. 641p.

CHURCH, D.E. **The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988, 563p.

COLLAO-SAENZ, E.A. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* de co-produtos da indústria de biodiesel – torta de girassol e torta de nabo forrageiro. In: In: ZOOTEC, 2009, Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos...** Águas de Lindóia: FZEA/USP-ABZ, 2009.

COPPOCK C. E.; WILKS, D.L. Suplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion mil yield and composition. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3826-3837, 1991.

CUNHA, M.G.G. et al. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1103-1111, 2008.

DEMIRBAS, A.; Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 31, p. 466-487, 2005.

DOMINGUES, A.R. **Consumo, parâmetros ruminais e sanguíneo de bovinos de corte alimentados com rações contendo diferentes níveis de torta de girassol**. – Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agrárias - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

EMBRAPA SOJA. **Cultivo de girassol ganha nova ênfase no Brasil**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=0&op_page=177>. Acesso em: 28 jan. 2009.

ENCINIAS, H.B. et al. High linoleic acid safflower seed supplementation for gestating ewes: Effects on ewe performance, lamb survival, and brown fat stores. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3654-3661, 2004.

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, p. 1768-1771, 1961.

FELTON, E.E.D.; KERLEY, M.S. Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1794-1805, 2004.

FENNER, H. Method for determinning total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, p. 249-251, 1965.

FERNANDES, M.H.M.R. et al. Metabolismo ruminal e digestibilidade de dietas com alta proporção de concentrado e diferentes teores protéicos para ovinos. **ARS Veterinaria**, v. 21, n. 1, p. 77-85, 2005.

FERRARI, R.A.; POSSENTI, R.A.; PAULINO, V.T. Potencial de produção de co-produtos da indústria de oleaginosas. Uso de Subprodutos da Indústria Bioenergética para Produção Animal, 2008. Nova Odessa-SP . **Anais**... Instituto de Zootecnia, Anais CD-ROOM 98 p, 2008.

FERRARI, R.A; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FIRESTONE, D. (Ed.). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society. 5th ed. rev. Champaign: AOAC. 2007. met. Ce 1e-91, Ce 1f-96, Ce 1-62. Current through Revision 1, 2008.

FORTALEZA, A.P.S. et al. Degradabilidade ruminal *in situ* dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 481-496, abr/jun, 2009.

FRASER, C.M. **Manual Merck de Veterinária**. 7. ed. São Paulo:Roca, 1997, 2169p.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 2849-2855, 2000.

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e Fisiologia do Trato Gastrintestinal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap.1, p.1-23.

GIAYETTO, O. et al. Comportamiento de cultivares de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en la region de Rio Cuarto, Cordoba (Argentina). **Revista Investigación Agraria – Produccion y Protección Vegetales**, v. 14, n. 1-2, p. 203-215, 1999.

GIBNEY, M.J.; L´ESTRANGE, L. Effects of dietary unsaturated fat and protein source on melting point and fatty acid composition of lamb fat. **Journal Agricultural of Science**, v. 84, p. 291-296, 1975.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington: USDA, 1970. 20p.

GOES, R.H.T.B. et al. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.

GONZÁLEZ, F.H.D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLEZ, F.H.D. et al. **O Perfil Metabólico em Ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionai**s. Porto Alegre: UFRGS, 2000, p. 63-74.

HARMON, D.L. et al. Influence of dietary forage and energy intake on metabolism of acil-CoA synthetase activity in bovine ruminal epithelial tissue. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4117-27, 1991.

HOMEM JUNIOR, A.C. et al. Fermentação ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura protegida. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 144-153, 2010.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Review**, (serie B), v. 65, p. 64-93, 1995.

IVAN, M. et al. Effects of sunflower seed supplementation and different dietary protein concentrations on the ciliate protozoa population dynamics in the rumen of sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 809-817, 2003.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2nd. ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 216p.

KRAMER, J.K.G. et al. Growth rate, lipid composition, metabolism and myocardial lesions of rats fed rapeseed oils (*Brassica campestris* var. Arlo, Echo and Spam, and *B napus* var. Oro). T**he Journal of Nutrition**, 1973. Disponível em: <http://jn.nutrition.org/ content/ 103/12/1696.full.pdf+htm>. Acesso em: 02 out. 2010.

LANA, R.P. et al. Óleo de soja e própolis na alimentação de cabras leiteiras: consumo de matéria seca e de nutrientes e parâmetros de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, vol. 36, n. 1, jan/fev, 2007.

LANA, R.P.; RUSSEL, J.B. Van AMBURGH, M.E. The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia production. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2190-2196, 1998.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 347-358, 1996.

LITTEL, R.C. et al. **SAS System for Mixed Models**. Cary:Statistical Analysis System Institute, 1996. 633p.

MARTINS, A. S. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 269-277, 2000.

McALLISTER, T.A. et al. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 3004-3018, 1994.

McCOLLUM, F.T.; GALYEAN, M.L. Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 60, p. 570-577, 1985.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 88, n. 3, p. 645-665, 1977.

MESSANA, J.D. **Teores de lipídeos em dietas de novilhos nelore sobre parâmetros ruminais, desempenho e características de carcaça**. 2009. 119p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

MELLO, D.F. et al. Avaliação do resíduo de nabo forrageiro extraído da produção de biodiesel como suplemento para bovinos de corte em pastagens. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 1, p. 45-56, jan/mar, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids**. National Academy Press. Washington, D.C., 2007. 384p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC**. Nutrient Requirements of Sheep**. 6th ed. National Academy Press, Washington, D.C., 1985. 99p.

NEDERGAARD, J.; BECKER, W.; CANNON, B. Effects of dietary essential fatty acids on active thermogenin content in rat brown adipose tissue. **Journal of Nutrition**, v. 113, p. 1717-1724. 1983.

NICHOLSON, T.; OMER, S.A. The inhibitory effect of intestinal infusions of unsaturated long chain fatty acids on fore stomach motility of sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 50, p. 141-149, 1983.

NOCEK, J.E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 71, p. 2051-2069, 1988.

OELKE, E.A. Safflower. **Alternative Field Crops Manual**, 1992.

OLIVEIRA, R.L. et al. Perfil sérico de triglicérides e colesterol em cordeiros submetidos a dietas com níveis de torta de dendê (Palmiste). In: ZOOTEC 2008. João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa, UFPB/ABZ, 2008. Disponível em:<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigoscientificos/nutricao-ruminantes/23271-Perfil-srico-triglicrides-colesterol-cordeiros-submetidos-dietas-com nveis-torta-dend-Palmiste1.html>. Acesso em: 22 jul. 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. et al. Desempenho de cabras em lactação alimentadas com grão de soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1113-1118, 2002.

OLIVEIRA, M. Dal S. de et al. Composição bromatológica e digestibilidade ruminal *in vitro* de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 629-638, out/nov, 2007.

ORSKOV, E.R. **Nutrición Protéica de los Rumiantes**. Zaragoza:Acribia, 1988. 157p.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agriculture of Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

OWENS, F.N.; ZINN, R. Metabolismo de la proteina en los rumiantes. In: CHURCH, C.D. **El Rumiante: Fisiologia Digestiva y Nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap.10, P. 287-309.

PELEGRINO, S.G. **Parâmetros ruminais em vacas de alta produção leiteira alimentadas com dieta total**. 2008. 59p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 467p.

POSSENTI, R.A. et al. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Ciência Rural**, v.35, n. 5, p.1185-1189, 2005.

QUEIROZ, M.A.A. **Desempenho, características da carcaça e parâmetros metabólicos de cordeiros recebendo rações ricas em amido e fontes protéica**s**.** 2008, 156p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

REIS, R.A.; SILVA, S.C. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap. 4, p. 79-103.

ROCHA, E.K. **Fenologia e qualidade de *Carthamus tinctorius* L. em diferentes populações e épocas de cultivo**. 2005, 59p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

RURAL SEMENTES. Cártamo Usos Industriais. Disponível em: <http://www. ruralsementes.com.br/produtos/Cartamo> Acesso em: 04 nov. 2010.

RURAL SEMENTES. Crambe – alternativa para produção de óleo. Disponível em: <http://www.ruralsementes.com.br/produtos/Crambe.pdf> Acesso em: 03 jul. 2010

RURAL SEMENTES. Girassol – produção de óleos e sementes. Disponível em: <http://www.ruralsementes.com.br/produtos/Girassol.pdf> Acesso em: 03 jul. 2009.

RURAL SEMENTES. Nabo Forrageiro – rotação de culturas e biocombustível. Disponível em: <http://www.ruralsementes.com.br/produtos/NaboForrageiro.pdf> Acesso em 03 jul. 2010.

RUSSEL, J.B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.

SANTOS, V.P. **Degradabilidade in situ da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e ácido e digestibilidade in vitro da cana-de-açúcar fresca ou ensilada e silagem de milho em diferentes ambientes ruminais**. 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SAS INSTITUTE INC. **SAS user's guide: statistics**. 5. ed Cary, 2002.

SAS INSTITUTE INC**. SAS user´s guide: statistics**, version 9.1.3. Cary, 2003. 965p.

SCHNEIDER, R.C.S. et al. Obtenção e caracterização de compósitos de termoplásticos e resíduos da produção de óleo de girassol. 17° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, Foz do Iguaçu, 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, G.L.S. et al. Efeito da inclusão de fontes lipídicas na dieta de cabras em lactação sobre os parâmetros sanguíneos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 233-239, jan/fev, 2010.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J.A.D. Potencialidades agronômica, econômica e social das principais oleaginosas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura

familiar. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1, p. 1-1, 2006.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL,J.B.. A net carboydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577,1992.

SOUZA, A.D.V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, out. 2009.

SUTTON, J.D. Digestion and end product formation in the rumen from production rations: In: **Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants**. S.I.: MTP Press Ltda., 1980. p. 271-290.

SWENSON. M.J.; REECE, W.O. **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 856p.

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

TORAL, P.G. et al. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 81, i. 2, p. 119-125, feb, 2009. Abstract

TRZECIAK, M.B. et al. Sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. In: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; X ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2008. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_01593.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2010.

URANO, F.S. **Grão de soja e bagaço de cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de ovelhas da raça Santa Inês**. 2009. 116p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos 4. Concentrações de uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1270-1278, 1997.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação Ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. cap. 6, p. 151-179.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminants**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994, 476p.

VANZANT, E.S.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 2717-2719, 1998.

ZAMBOM, M.A. et al. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 3, n. 4, p. 937-943, 2001.