



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LUIZ MURILO FERRAZ DE ALMEIDA

**CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* E
DEGRADAÇÃO *IN SITU* DE TORTAS DE OLEAGINOSAS**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2014**

LUIS MURILO FERRAZ DE ALMEIDA

**CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* E
DEGRADAÇÃO *IN SITU* DE TORTAS DE OLEAGINOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2014

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central do Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

Almeida, Luis Murilo Ferraz de

A448c Cinética de fermentação ruminal *in vitro* e degradação *in situ* de tortas de oleaginosas / Luis Murilo Ferraz de Almeida. – Bandeirantes, 2014.
52f. ilustr.

Orientador: Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, 2014.

Banca: Dr. Petrônio Pinheiro Porto, Dr. Marcelo Alves da Silva, Dr. Thierry Ribeiro Tomich, Dr. Marcos Augusto Alves da Silva (suplente), Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira (suplente).

1. Soja. 2. Amendoim. 3. Girassol. 4. Canola. 5. Subprodutos.
I. Universidade Estadual do Norte do Paraná. III. Título.

CDD – 636.085

LUIS MURILO FERRAZ DE ALMEIDA

**CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* E
DEGRADAÇÃO *IN SITU* DE TORTAS DE OLEAGINOSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Aprovada em:11/08/2014

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Alves da Silva

UENP

Prof. Dr. Thierry Ribeiro Tomich EMBRAPA/GADO-DE-LEITE

Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva (Suplente) UENP

Prof. Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira (Suplente) EMBRAPA/GADO-DE-LEITE

Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Luis Antônio e Ilda, pois tudo o que sou, só foi possível graças a vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo presente que é a minha vida, por tudo o que me destes, família, amigos, professores, estudos, trabalho. Faço um agradecimento em forma de oração: obrigado meu Deus, aos santos do qual sou devoto, Santa Catarina de Alexandria, a qual me ilumina todos os dias nos estudos e nas viagens, São José, Santa Teresinha do menino Jesus e da Sagrada Face, São Miguel Arcanjo e todos os Santos e Anjos de Deus, e por último, mas não menos importante a Nossa Senhora, minha primeira Mãe por me cobrir com seu manto, me proteger e ser fonte de luz para iluminar meu caminho.

A meus pais, Luis Antônio e Ilda meus heróis por me apoiarem, ser exemplo de pessoas a qual eu me espelho, por não medirem esforços para que seus filhos tivessem uma boa educação e principalmente pelos ensinamentos de amor a Deus e a Família. Pelas suas orações de todos os dias, agradeço a Deus por ser seu filho.

Aos meus irmãos Luis Rodrigo, Juliana, Felipe e Ana Flávia, por serem mais que companheiros, mas sim os melhores companheiros, pelos conselhos, pela convivência, com certeza não seria nada sem vocês. Em especial a Juliana pela ajuda na revisão deste trabalho.

Aos meus avós maternos Jovelino e Adelaide; e paternos Manoel (Mané) e Benedita, pelo exemplo de família e amor, além de ser umas das fontes mais forte de força interior que tenho.

Aos tios Neno e Cláudia por serem exemplo de pessoas, tios Valdir e Rosa e toda minha família, tios e primos, por fazer parte da minha formação e por dar forças mesmo na distância.

Ao meu professor orientador Dr. Petrônio Pinheiro Porto, pela excelente orientação, pelos ensinamentos, conselhos e exemplo de profissionalismo, mas acima de tudo obrigado por se tornar um grande amigo, agradeço a Deus por isso. Assim também como a professora Dra. Emília, Leo e Gabi pelos bons momentos de convivência, que Deus abençoe essa linda família.

Aos Professores Dr. Marcos Augusto Alves da Silva e Dr. Marcelo Alves da Silva, pelos ensinamentos, conselhos e disposição para me ajudar em

meus trabalhos e por também serem grandes amigos para todas as horas.

Ao funcionário da UENP, Reginaldo Cássio, pela convivência no meio acadêmico e principalmente fora.

A bolsista da UENP e amiga Anna Carolina (Carol do laboratório), pela ajuda para a elaboração deste trabalho e pelo companherismo.

Aos pesquisadores da Embrapa Gado-de-Leite Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira e Dr. Thierry Ribeiro Tomich, pela orientação ensinamentos, por abrirem as portas da instituição para me acolher e por todas as sugestões e imensa disposição para construção desse trabalho. A Embrapa Gado-de-Leite, por ser exemplo de instituição.

Aos funcionários da Embrapa Gado-de-Leite José Moreira, Meirinha, Mengo, Maria, Soyara, Luiz entre outros que não citei o nome pois são muitos, pela ajuda, por sempre estarem a disposição, e pela alegria transmitida no dia a dia.

Aos colegas de Embrapa Marquinhos, Luis Antônio, Paulo Cesar, Tainá, Dayane, Daniela, Giovana, Baiano, Ellen, Dra.Shirley, entre outros pelo companherismo, concivência e amizade.

Aos amigos que moraram junto comigo nesse período de mestrado, Gabriel (Lebrão), Luis Henriqui (Coroti), Giancarlo (Mandioca), Gustavo Pinheiro, Álvaro, Hugo, Lucas, em especial Gabriela e Ana Flávia (Vinha) pela convivência e amizade.

Aos colegas de mestrado, Clóvis, Daniel Campanelli, Daniel S. F. Lima, Marcela, Bruna, Fláviane, Leandro, Giovanna, Rafael Zapparoli, Giancarlo (Mandioca), pelos agradáveis dias de estudo ao lado de vocês.

Ao amigo Marco Antônio da Silva Reis por ser um incentivador para que eu fizesse o mestrado, com certeza não teria acontecido se Deus não te colocasse naquele momento em meu caminho.

Aos Amigos Luis Henrique (Coroti), Gabriel (Lebrão), Gustavo Pinheiro, pela grande amizade, companherismo e conselhos nesse período.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram mesmo de longe, seja por orações, apoio ou conselhos, e me ajudaram a chegar até aqui: Luciane, Eduara, Dona Lú, Alan Diego (Magrelo), Gabriel Fordelone (Biel),

Eduado Barreto (Metal), Marcio Bisinoti (Quatá), Waldenir Castellar. Aos irmãos de fé Carlos Augusto (Gutão), Tiago, Josiane, Francini e toda a Tribo Simeão obrigado por suas vidas em minha vida.

A todos os Professores do corpo docente do programa de mestrado que fizeram parte da minha formação, pelos ensinamentos e apoio.

A Universidade Estadual do Norte de Paraná UENP/CLM por ser minha segunda casa e por fazer parte da minha formação profissional e pessoal nesses últimos 7 anos.

A todos os alunos que passaram por mim no meu período de docência voluntária, por contribuir para meu amadurecimento pessoal e profissional.

A CAPES pela bolsa de estudos.

A BINDGALVÃO, por acreditar na minha proposta de trabalho, pelo fornecimento de equipamento e por estar sempre a disposição para construção desse trabalho e por permitir que façamos parte dessa grande família.

*“O sofrimento é passageiro, O desistir é para
sempre”*

ALMEIDA, L. M. F. **Cinética de fermentação ruminal *in vitro* e degradação *in situ* de tortas de oleaginosas** 2014. 52f. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Menghel, Bandeirantes, 2014.

RESUMO

O objetivo dos presentes trabalhos foram avaliar a fermentação ruminal *in vitro* e degradabilidade *in situ* das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC) e avaliar o potencial de utilização das mesmas tortas extrusadas na alimentação de ruminantes, por meio da cinética de fermentação ruminal *in vitro*, pela técnica da produção cumulativa de gases (PCG), e degradação *in situ*. As tortas foram analisadas quanto à composição bromatológica. Para o experimento *in situ* utilizou três bovinos da raça holandesa fistulados e providos de cânulas ruminais, mantidos em baias individuais. Os alimentos foram incubados por 0, 3, 6, 12, 24 e 48h. Para o experimento *in vitro* as tortas foram utilizadas para elaboração dos seguintes tratamentos: *Brachiaria brizantha* (volumoso padrão) em níveis de inclusão (0%, 10%; 20%; 30% e 100%) de TES, TEA, TEG e TEC, utilizando delineamento inteiramente casualizado. No experimento *in situ* a TES, TEA e TEC apresentaram comportamentos semelhantes e maiores degradações da matéria seca (DMS) com valor de 89,99, 89,99% e 83,87%, respectivamente, apresentando melhor comportamento que a TEG, a qual apresentou 63,84%. O mesmo comportamento foi observado para o potencial de degradação e degradabilidade efetiva nas taxas de passagem de 2; 5 e 8%/h. Nas condições trabalhadas, as tortas extrusadas de soja, amendoim e canola apresentaram o mesmo comportamento de cinética de degradação ruminal da matéria seca, podendo ser utilizadas na nutrição de ruminantes quando disponíveis. A PCG das TES 30% e 100%; TEA 100%; TEG 100% e TEC 100% foram 209,43; 209,70; 196,14; 144,74 e 161,44 ml/g de matéria seca, respectivamente, onde as duas últimas apresentaram os piores comportamentos. Da mesma maneira, quanto a cinética de fermentação ruminal a TES em todos os níveis de inclusão e TEA 30% e 100% apresentaram melhores parâmetros de comportamento, demonstrando maiores potencialidades para utilização na alimentação de ruminantes.

Palavras-chave: soja, amendoim, girassol, canola, subprodutos.

ALMEIDA, L. M. F. **Kinetics of ruminal fermentation in vitro and in situ degradation of oil tarts** 2014. 52f. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Menghel, Bandeirantes, 2014

ABSTRACT

The objective of the present paper was to evaluate ruminal fermentation in vitro and in situ degradability of extruded soy tarts (TES), peanuts (TEA), sunflower (TEG) and canola (TEC) and evaluate the potential for their use in extruded pies feeding of ruminants via ruminal fermentation kinetics in vitro by the technique of cumulative gas production (PCG), and decay in situ. Tarts were analyzed for chemical composition. For the in situ experiment used three steers fistulated Holstein and fitted with rumen cannulas were kept in individual pens. The feeds were incubated for 0, 3, 6, 12, 24 and 48 hours. For the in vitro experiment tarts were used for the preparation of the following treatments: *Brachiaria Brizantha* (standard bulky) in inclusion levels (0%, 10%, 20%, 30% and 100%) of TES, TEA, TEG and TEC, using a randomized design. In the in situ TES, TEA and TEC showed similar and higher degradation of dry matter (DMD) with a value of 89.99, 89.99% and 83.87%, respectively, showing better performance than the TEG, which presented 63.84%. The same behavior was observed for potential degradation and effective degradability in passage rates of 2; 5:08% / h. Conditions worked, extruded soy tarts, peanut and canola showed the same behavior of ruminal degradation kinetics of dry matter, which can be used in ruminant nutrition when available. The PCG 30% of TES and 100%; TEA 100%; TEG 100% and 100% TEC were 209.43; 209.70; 196.14; 144.74 and 161.44 ml / g dry matter, respectively, where the last two have the worst behavior. From same manner as the kinetics of ruminal fermentation TES all inclusion levels and TEA 30% and 100% showed better behavior parameters, demonstrating the greatest potential for use in ruminant feed.

Key-words: soybean, peanut, sunflower, canola, subproducts.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Teor de óleo (%), produtividade (Kg/ha/ano) e produção de óleo (Kg/ha/ano) de algumas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil3
- Tabela 2** - Teores de proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta (% matéria seca) de algumas tortas de oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil..4
- Tabela 3.1** -Composição química (% MS) das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC). 18
- Tabela 3.2** - Composição química (% MS) dos farelos de soja (FS), amendoim (FA), girassol (FG) e canola (FC).....19
- Tabela 3.3** Médias de volume final de produção de gases oriundos da degradação de carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF), suas respectivas taxas de degradação (C1 e C2), coeficiente de determinação (R^2) e lag time dos tratamentos utilizando torta de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola nos níveis de inclusão de 10%, 20% 30% e 100%, e padrão 100%.23
- Tabela 3.4** Degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (% de MS) para as taxas de passagem 2%, 5% e 8% das tortas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC) em diferentes níveis de inclusão ,0% (Padrão), 10%, 20%, 30% e 100%.24
- Tabela 3.5** - Equação de regressão entre os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) e produção cumulativa de gases (PCG) dos tratamentos com respectivos coeficientes de determinação (R^2).....25
- Tabela 4.1** - Composição química (% MS) das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC)31
- Tabela 4.2** - Desaparecimento médio (%) da matéria seca das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC).33
- Tabela 4.3** - Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e

degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da matéria seca dos grãos de soja (GS), amendoim (GA), girassol (GG) e canola (GC) e as tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC).

.....34

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 -Produção cumulativa de gás (PCG) em mL/g de MS dos tratamentos com as tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC), com substituição de 10%, 20%, 30% ou 100% no Padrão (Volumoso Brachiariabhrizanta).....20

Figura 3.2 - Produção cumulativa de gás (PCG) em mL/g de MS dos tratamentos com as tortas extrusadas de soja (TES), amendoim(TEA), girassol (TEG) e canola (TEC), com substituição de 10%, 20%, 30% ou 100% no Padrão (Volumoso Brachiariabhrizanta).....21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Características gerais das tortas.....	3
2.2. Métodos de extração de óleo.....	5
2.2.1 Extração do óleo por solvente.....	6
2.2.2 Extrusão.....	6
2.3. Degradabilidade <i>in vitro</i> – técnica semiautomática de produção de gases.....	7
2.4. Degradabilidade <i>in situ</i>	8
2.5. Referências.....	10
3. ARTIGO A: Cinética de fermentação ruminal <i>in vitro</i> de tortas extrusadas de oleaginosas.....	14
3.1. Introdução.....	15
3.2. Matéria e métodos.....	15
3.3. Resultados e discussão.....	18
3.4. Conclusão.....	26
3.5. referências.....	26
4. ARTIGO B: Cinética de degradação da matéria seca “<i>in situ</i>” de grãos e tortas extrusadas de oleaginosas.....	28
4.1. Introdução.....	29
4.2. Materiais e métodos.....	30
4.3. Resultados e discussão.....	33
4.4. conclusão.....	35
4.5. Referências.....	36
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	38

1. INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação com o meio ambiente e a busca por energias renováveis, coloca o biodiesel no centro das atenções. Diversos países, dentre esses o Brasil, buscam o domínio desse biocombustível, tanto em nível industrial quanto agrônômico, podendo provocar fortes impactos na economia e política brasileira (Abdalla, et. al 2008). Segundo o mesmo autor, o biodiesel, por ser não tóxico, biodegradável e quase na totalidade livre de enxofre e compostos aromáticos, é considerado um combustível ecológico, promovendo assim redução na emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos quando comparado ao diesel comum.

Há muitos aspectos importantes envolvendo a cadeia do biodiesel no Brasil, principalmente em relação às matérias primas e ao processo de produção industrial, pois há uma grande diversidade de plantas oleaginosas com produtividade que podem ser utilizadas no processo, como a soja, a mamona, dendê, algodão, pupunha, girassol, amendoim, canola, entre outros (Araújo, et. al., 2002). Sendo assim, o Brasil mostra potencial para nova alternativa energética, quando comparamos a substituição do diesel a partir do biodiesel, oriunda de óleos vegetais.

O processo mais utilizado para obtenção de biodiesel é a transesterificação, que consiste na reação química de triglicerídeos (óleos vegetais e gordura animal em que os ácidos graxos formam ésteres com glicerol) com álcoois (metanol ou etanol), na presença de um catalizador (ácido, base ou enzimático), resultando na substituição do grupo éster do glicerol pelo grupo do metanol ou etanol (Bulhões, 2007). Segundo o mesmo, no Brasil, em termos regionais, o consumo de óleo diesel ocorre, em maior escala na região Sudeste (44,5%), a seguir Sul (20,6%), Nordeste (14,9%), Centro Oeste (12,0%) e Norte (8,0%). Com base nos números da região citados pelo autor, o estado do Paraná se destaca com alto consumo de óleo diesel, o que resulta para sua obtenção, numa grande quantidade de subprodutos como farelos e tortas, os quais podem ser utilizados na nutrição animal.

Contudo, o processo de obtenção do óleo e outras oleaginosas apresentam elevados custos e, conseqüentemente, dos seus subprodutos quando se faz a compra do produto em empresas idôneas. Atualmente, no mercado de implementos agrícolas, já existem alguns equipamentos disponíveis de menor custo que possibilitam ao produtor realizar o processamento na propriedade, porém o produto final apresenta maior teor de óleo (6,0% de extrato etéreo) e necessitam de estudos para recomendações seguras de utilização na

alimentação de ruminantes. Ainda, seria interessante uma avaliação quanto a possibilidade de minimizar custos de produção, uma vez que o produtor comprará o grão para realizar a prensagem e até mesmo processamento do subproduto (torta), como por exemplo, a extrusão e, conseqüentemente, poderá acarretar em aumento da rentabilidade do sistema, por ser um insumo de menor valor.

A existência de trabalhos na literatura que comprovem as potencialidades de utilização das tortas na nutrição animal é escassa. Vários métodos biológicos e químicos foram desenvolvidos para estimar digestibilidade e degradabilidade de alimentos, assim mensurando o valor nutritivo dos mesmos.

Atualmente os principais empregos das tortas são geração de energia, adubação orgânica e alimentação animal. Considerando a alimentação animal como elo entre a pecuária e a produção de biodiesel, a utilização deste subproduto na alimentação de ruminantes visa o aumento da produtividade e gerar menor emissão de gases, uma vez que estimativas de inclusão extra de 2% de gordura por meio da utilização de farelos ou tortas de oleaginosas na dieta de bovinos de leite, levaria uma redução de 12% na emissão de metano (Abdalla et al., 2008).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS TORTAS

A maioria dos farelos e tortas das oleaginosas utilizadas na alimentação animal apresenta suas particularidades nos cuidados quando fornecidos aos animais devido aos fatores tóxicos ou antinutricionais, quantidades máximas dentro das formulações das dietas e práticas de armazenamento (Palmquist e Mattos, 2006). Na Tabela 1 são apresentadas as características de algumas plantas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel.

Tabela 1 - Teor de óleo (%), produtividade (Kg/ha/ano) e produção de óleo (Kg/ha/ano) de algumas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil.

Espécie	Distribuição	Ciclo (dias)	Teor de óleo (%)	Produtividade (kg/ha/ano)	Produção de óleo (kg/ha/ano)
Amendoim	S, SE, N, NE, CO	120-180	49	3001	1470
Canola	S	130-140	38	1506	572
Girassol	S, SE, CO, NE	90-140	42	1599	672
Soja	N, NECO, SE, S	115-145	19	2842	540

NE: Nordeste; SE: Sudeste; CO: Centro-oeste; S: Sul; N: Norte

Fonte: Adaptado Conab 2014

O beneficiamento de produtos agroindustriais produz resíduo e subproduto que contribuem com aproximadamente 2,9 e 0,6 trilhões de Mcal de energia metabolizável (EM), respectivamente, por ano. Se totalmente convertidos em produtos de origem animal, por bovinos leiteiros e bovinos de corte, esses resíduos poderiam produzir 750 bilhões de litros de leite ou 4,5 milhões de toneladas de carne (Lima, 2005), sem contabilizar o potencial de aumentar a produção e ser trabalhado nas demais espécies (avicultura; suinocultura; ovinocultura; entre outros) da produção animal.

As maiorias das culturas utilizadas para a produção de óleo são de ciclos relativamente curtos, 90 a 180 dias, o que potencializa a utilização em rotação de culturas,

reforma de canaviais e áreas degradadas, contribuindo ainda com o sequestro de carbono pelos solos quando da prática de plantio direto (Bayer et al.,2006).

As características dessas tortas e farelos tem mostrado potencial para a utilização das mesmas na alimentação dos animais, visto o interessante valor nutritivo que possuem. Na Tabela 2 é apresentado o teor de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra bruta (FB) das tortas pesquisadas.

Tabela 2 - Teores de proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta (% matéria seca) de algumas tortas de oleaginosas com potencial para produção de biodiesel no Brasil.

Espécies	Proteína Bruta		Extrato Etéreo		Fibra Bruta	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Amendoim	41	45	8	9	26	29
Canola	32	36	22	24	7	8
Girassol	3	22	20	22	21	23
Soja	42	47	3	4	7	8

Fonte: Adaptado Abdalla et al. (2008).

O conteúdo protéico dessas tortas é relativamente alto, sugerindo a utilização das mesmas como fonte de proteínas para animais. O teor de EE também é considerável, podendo ser um benefício para ruminantes, uma vez que a inclusão de óleo na dieta tem mostrado ser capaz de inibir a liberação de metano (Abdalla et al., 2008). Porém, segundo Church (1993), existe uma grande preocupação quanto ao fornecimento de lipídeos para ruminantes, pois em grandes quantidades pode ser tóxico para flora microbiana. Além disso, alimentos com teores de extrato etéreo elevado como as tortas com 6% a 8% de extrato etéreo têm como preocupação a possibilidade de rancificação durante o armazenamento prolongado.

Adicionalmente, é importante salientar que subprodutos podem possuir fatores antinutricionais ou compostos bioativos específicos, entretanto alguns desses compostos são termolábeis e o desenvolvimento de variedades livres tem favorecido a introdução das tortas e farelos na dieta de ruminantes.

2.2.MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO

Como a soja integral sem processamento não tem aplicação na formulação de rações, ou se existe alguma, é limitada, seu uso é dependente do processamento industrial. Os processos mais conhecidos são a extração de óleo com solventes, a tostagem, a micronização e a extrusão do grão, sendo a última a que apresenta melhores características nutricionais (Bellaver e Snizek Junior, 1998). Segundo os mesmos, a extrusão é um processo de aquecimento em altas temperaturas, pressão e umidade, tornando-se uma das melhores maneiras de eliminar os fatores indesejáveis, acarretando também no rompimento das paredes celulares do grão, aumentando assim a sua digestibilidade e energia metabolizável do óleo, benefícios esses que não se encontra na soja não extrusada.

Na alimentação de vacas de alta e média produção, comparando a soja que passou por processamento térmico (tostagem ou extrusão) com a soja crua ou moída, (Faria et al., 2009) não observaram diferença na produção de leite, gordura ou proteína, demonstrando potencial para utilização da mesma.

Sendo assim, a soja por diversos fatores geralmente tem seu preço elevado no mercado e, muitas vezes, o técnico da nutrição animal necessita trabalhar com alimentos alternativos como o farelo de amendoim, girassol e canola. Paziani et al. (2001) compararam o farelo de amendoim com glúten de milho como fonte proteica e concluíram que as mesmas não afetaram a digestibilidade das dietas nem a degradação ruminal do amido.

Segundo descreveu Prado e Martins (2009), é viável a utilização de farelo de canola em substituição ao farelo de algodão como fonte de proteína alternativa na ração para novilhas nelores, as quais tiveram ganho de peso e conversão alimentar melhores, não havendo diferença da fonte de proteína no rendimento de carcaça. Santos et al. (2009) afirmam que é possível incluir até 8% de grãos, farelo ou torta de canola na dieta de ovinos, sem efeito na digestibilidade dos nutrientes.

O farelo de girassol possui valores nutricionais semelhantes ao farelo de soja e ao farelo de algodão (Vicent et al., 1990). Entretanto, em trabalho realizado por Louvadini et al. (2007), o mesmo proporcionou menor ritmo de crescimento e características de carcaça inferiores quando fornecido para cordeiros Santa Inês em confinamento, substituindo 50% e 100% do farelo de soja.

Baseado no que está descrito acima, quando o grão é processado adequadamente, além de minimizar ou eliminar fatores antinutricionais, pode apresentar valor

nutritivo interessante possibilitando a utilização na nutrição animal. Dois dos processos mais conhecidos são a extração de óleo com solventes e a extrusão do grão.

2.2.1 Extração do óleo por solvente

O grão após ser transportada, é recebido na empresa de esmagamento, para limpeza e secagem. Nessa fase o grão deve em torno de 12 % de umidade, permitindo uma boa armazenagem. No processamento, o grão é transportado através de rolos quebradores, produzindo o grão quebrado com casca, o qual será separado no separador de cascas. A casca será moída e tostada para posterior reincorporação ao farelo, dependendo do tipo de subproduto a ser comercializado. O grão sem casca segue para o condicionador e, em seguida para a laminação. Na laminação, os grãos partidos passam por rolos e seguem para a expansão. Neste estágio, o material é pressionado com vapor para tornar-se esponjoso. O material segue para o resfriador e em seguida para o extrator de óleo.

Para a extração do óleo o grão expandido é então levado ao extrator de hexano onde são produzidas duas frações: a miscela e o farelo antes de tostar. O farelo é levado ao “toaster” que tem duas funções: recuperar parte do hexano ainda presente no farelo e desativar os fatores antinutricionais do FS não tostado. A seguir, vai para o peletizador para compactar o FS e facilitar armazenagem e transporte, sendo após utilizado na formulação de rações. A porcentagem de proteína bruta deste produto pode ser ajustada através da retirada ou adição de casca (Bellaver & Snizek Junior, 1998).

2.2.2 Extrusão

No processo de extrusão ocorre cozimento do grão sob pressão mecânica (30-60 atm), umidade (20-30%) e temperatura (125-150°C) em curto intervalo de tempo (30-60 segundos), sendo que as principais funções deste processo são hidratação, mistura, tratamento térmico, gelatinização do amido, desnaturação das proteínas, destruição dos micro-organismos e de alguns componentes tóxicos (Mendes et al., 2004). A extrusão é um processo de tratamento térmico do grão de soja, que visa eliminar os fatores antinutricionais supracitados, cujo método utiliza temperatura controlada, em consequência da aplicação de alta pressão, o que acomete ao rompimento das paredes celulares do grão, acarretando em aumento da digestibilidade e da energia metabolizável de óleo, quando comparado com produtos não extrusados (Bellaver & Snizek Júnior, 1998).

Ainda, este processo visa minimizar as reações de Maillard devido ao curto intervalo de tempo de retenção dentro do extrusor, retarda a rancificação das gorduras, aumenta a digestibilidade do óleo por tornar-se mais disponível para os animais e diminui as perdas de vitaminas, principalmente as lipossolúveis. O processo de extrusão pode também promover alterações no amido, formando uma fração resistente à ação de enzimas do trato gastrointestinal, degradação de polissacarídeos ou complexos com outros polímeros e degradação de estruturas de baixo peso molecular, podendo diminuir o conteúdo de fibra dietética (Bertipaglia et al., 2008).

A extrusão é um ótimo meio de eliminar os fatores antinutricionais anteriormente citados e, além disso, como não envolve apenas tratamento térmico, ocorre um rompimento das paredes celulares do grão, o que origina um aumento da digestibilidade e da energia metabolizável de óleo quando comparado com produtos não extrusados.

2.3. DEGRADABILIDADE *IN VITRO* – TÉCNICA SEMIAUTOMÁTICA DE PRODUÇÃO DE GASES

A técnica de Tilley e Terry (1963) era capaz de estimar a digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca com boa precisão, mas com uma mínima referência à dinâmica da fermentação ruminal. As técnicas *in vitro* geralmente são conduzidas em duas fases, onde a primeira, chamada de fase fermentativa, simula a digestão que ocorre no rúmen e, portanto, pode ser empregada para a predição da digestão ruminal dos alimentos. Todavia, não descreve a cinética, mas apenas a extensão da digestão.

Assim, Tomich et al. (2006) propôs adaptações metodológicas com objetivo de prever a cinética de degradação ruminal da matéria seca de volumosos. Para tal, comparou os resultados da cinética de degradação ruminal obtidos pela técnica *in situ* aos resultados obtidos pela fase fermentativa da técnica de Tilley e Terry (1963) empregando diferentes tempos de incubação das amostras de forrageiras. Dessa maneira, os autores mostraram o potencial da técnica adaptada para determinar os parâmetros da cinética de degradação ruminal da matéria seca de volumosos e destacaram vantagens sob a técnica *in situ* devido a mais alta capacidade de análise da metodologia *in vitro*. Assim, indicaram a aplicação da metodologia adaptada para a execução de estudos que requerem análise de grande número de substratos em um mesmo experimento.

Porém por volta do ano 2000 começou a ser adotada a metodologia de produção de gases sugerida por Maurício et al. (1999) com a utilização de transdutor manual para a mensuração dos gases de fermentação em intervalos regulares. Após as adaptações

para avaliação de forrageiras tropicais sugeridas por Maurício et al. (2003), a metodologia passou a ser empregada em ensaios com grande número de amostras, permitindo a caracterização da extensão e cinética da fermentação ruminal *in vitro* da fração carboidrato de recursos forrageiros tropicais.

A metodologia foi importante como ferramenta auxiliar para a determinação do ponto ótimo de ensilagem, fenação ou de uso na forma verde das principais espécies forrageiras (Pereira et al., 2005; Pires et al., 2006; Castro et al., 2007; Jayme et al., 2009). Também vem sendo utilizada para a avaliação de mistura de alimentos (Faria et al, 2008) e de efeitos associativos, já que a técnica permite a incubação de mais de um alimento em um mesmo frasco de fermentação. Recentemente, a técnica vem sendo utilizada para a avaliação nutricional de forrageiras implantadas na forma de sistemas de integração lavoura pecuária floresta, como a *Brachiaria brizantha*, por meio da cinética de fermentação ruminal *in vitro* Sousa et al. (2011).

A partir do começo desta (2010) década a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases vem sendo adaptada para permitir a avaliação da emissão de metano. Para tal, além da mensuração do volume de gases produzidos e da matéria seca/orgânica degradada (método gravimétrico) os metabólitos da fermentação vêm sendo quantificados (ácidos graxos voláteis, dióxido de carbono, metano, nitrogênio amoniacal). Este detalhamento metodológico representa um dos desafios da técnica *in vitro* semiautomática, já que a produção dos gases é influenciada pela relação estequiométrica dos ácidos graxos voláteis produzidos. As análises das concentrações de metano e dióxido de carbono vêm sendo realizadas por meio de cromatografia gasosa. Os resultados gerados poderão complementar os parâmetros agronômicos, a composição bromatológica e os testes biológicos já realizados, contribuindo para o desenvolvimento de técnicas de manejo e desenvolvimento de genótipos forrageiros superiores que apresentem potencial para a mitigação de gases de efeito estufa. (Gonçalves et al., 2012)

2.4. DEGRADABILIDADE *IN SITU*

Os estudos "*in situ*" utilizam sacolas, as quais permite o íntimo contato do alimento testado com o ambiente ruminal, possibilitando a determinação da digestibilidade e degradabilidade dos diversos componentes dos alimentos, principalmente da proteína (Nocek 1988). Cada vez mais, esta técnica tem sido utilizada na avaliação de alimentos pelos

ruminantes, devido à facilidade, rapidez de execução e, principalmente, devido à sua alta correlação com resultados obtidos em experimentos “*in vivo*”.

Segundo Huntington & Givens (1995), a metodologia de degradabilidade *in situ* é um dos melhores métodos de determinação da degradabilidade ruminal de alimentos e, conforme Mertens (1993), essa metodologia fornece informações precisas sobre a extensão e a taxa de degradação dos nutrientes, permitindo o estudo da cinética da digestão. Utilizada pelo Agricultural and Food Research Council (1992) e pelo National Research Council (2001) como metodologia padrão para caracterização da degradabilidade ruminal da fração proteica. Somando a isso Ørskov & McDonald (1979), diz que a metodologia de degradabilidade *in situ* também pode ser a técnica de eleição a ser empregada para estudar a dinâmica ruminal de outros nutrientes.

A metodologia *in situ* de avaliação da degradação ruminal de alimentos baseia-se no uso de animais fistulados no rúmen e nas medidas de desaparecimento de frações das amostras acondicionadas em bolsas mantidas em incubação ruminal por períodos pré-estabelecidos. Embora nos estudos empregando-se esta metodologia as amostras testadas estejam submetidas às condições reais do ambiente ruminal, conforme Van Soest (1994) elas não estão sujeitas à mastigação, à ruminação ou à passagem para os demais compartimentos do sistema digestivo dos ruminantes. Também é importante salientar que a dieta oferecida aos animais experimentais forneça as condições mínimas para garantir o crescimento microbiano no rúmen, o que pode ser alcançado com o uso de dieta formulada para atender suas exigências nutricionais.

Embora os animais experimentais sejam de uma mesma espécie, as diferenças de sexo e estado fisiológico podem ser grande fonte de variações nos resultados obtidos. Sendo assim, Huntington & Givens (1995) recomenda que todos os animais experimentais de um mesmo experimento devem estar em um mesmo estado fisiológico.

No entanto esta técnica possui algumas limitações, por estar confinado nos sacos, o material, como citado anteriormente, não está sujeito ao processo ruminal total, ou seja, mastigação, ruminação e passagem. Além disso, quando há um alto desaparecimento do material durante o tempo de incubação não significa que houve, necessariamente, degradação completa: microbiológica ou química. Parte do material pode atravessar os poros do saco por ser suficientemente pequeno e por ser solúvel ou por ter sido reduzido pelo processo biológico, mas ainda sem passar por um processo de degradação química (Nocek, 1988).

A técnica “*in situ*” técnica tem sido preferida com relação à metodologia “*in vivo*” por ser menos trabalhosa, menor quantidade de alimento e com menor demanda de recursos

financeiros e por descrever a participação da degradação ruminal na digestibilidade total dos alimentos (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995).

2.5. REFERÊNCIAS

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

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Nutrive requirements of ruminant animal: protein. **Nutrition Abstracts and Reviews**, n.9, p.65-71, 1992.

ARAÚJO, K.M; OLIVEIRA, A.K.C; COSTA, G.B; QUEIROGA, R. N. G. e PANNIR SELVAM, P.V. **Estudo Comparativo Técnico e Econômico de Diferentes Óleos Vegetais Brasileiros para Produção de Biocombustível**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte Departamento de Engenharia Química – Centro de Tecnológica Grupo de Pesquisa em Engenharia de Custos e Processos, 2002. Disponível em: <www.ufrngpec.hpg.com.br>, Acesso em: 6 jun. 2014.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, v.86, p.237-245, 2006.

BELLAVER, C.; SNIZEK JUNIOR, P.N. **Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, 1998.

BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SUGOHARA, A. et al. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2003-2010, 2008.

BULHÕES R. O Biodiesel e sua relação com a incorporação de novas áreas e produção de soja no Paraná. In: V encontro da economia paranaense, 2007, Curitiba. **V Encontro de Economia Paranaense: perspectivas de inserção global e equidade interna**, 2007. Disponível em: <http://www.ecopar.ufpr.br/artigos/a4_070.pdf> Acesso em: 10 jun. 2014.

CHURCH, D.C. Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes. **Zaragoza: Acríbia**, 1993. 641p.

CONAB - Companhia Nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: **grãos, décimo primeiro levantamento**. Brasília: Conab, 2014. 87p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_07_08_59_54_boletim_graos_agosto_2014.pdf>. Acesso em: 05 set. 2014.

FARIA JR, W. G.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L.C.; FERREIRA, P. D. S. Farelo de Soja na Alimentação de Vacas Leiteiras. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. **Alimentos para Gado de Leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. Cap. 22. p. 416-432.

FARIA, B.N.; REIS, R.B.; MAURÍCIO, R.M.; et al. Efeitos da adição de propilenoglicol ou monensina à silagem de milho sobre a cinética de degradação dos carboidratos e produção cumulativa de gases *in vitro*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 896-903, 2008.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: reviews of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)**, v.65, n.2, p.63-93, 1995.

JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M. et al. Avaliação pela técnica semi-automática de produção de gases (RTP) das silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) (Rumbosol 91, Victoria 627, Victoria 807 e Mycogen 93338). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.621-627, 2009.

LIMA, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** SBZ: UFG, 2005. p.322-329.

LOUVADINI, H.; NUNES, G.A.; GARCIA, J.A.S. et al. Desempenho, características de carcaça e constituintes corporais de ovinos Santa Inês alimentados com farelo de girassol em substituição ao farelo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.603-609, 2007.

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

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; et. al. A semiautomatic *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science Technology**, v.79, n.4, p.321-330, 1999.

MENDES, W.S.; SILVA, I.J; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.207-213, 2004.

MERTENS, D.R. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3233-3249, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 362p.

NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

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

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. p. 291-310.

PAZIANI, S.F.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. Digestibilidade e degradabilidade de rações à base de milho desintegrado com palha e sabugo em diferentes graus de moagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1630-1638, 2001.

PEREIRA, L.G.R; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C; et al. Avaliação das silagens de girassol (híbrido m734) obtidas em diferentes épocas de ensilagem pela técnica in vitro semi-automática de produção de gases. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 42, p. 276-283, 2005.

PIRES, D.A.A.; GONÇALVES, L.C; RODRIGUES, J.A.S. et al. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.53-55, 2006.

PRADO, I.N.; MARTINS, A.S. Efeito da substituição do farelo de algodão pelo farelo de canola no desempenho de novilhas nelore confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1390-1396, 1999.

SANTOS, V. C.; EZEQUIEL, J. M. B.; OLIVEIRA, P. S. N.; GALATI, R. L.; BARBOSA, J. C. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com grãos e subprodutos da canola. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 96-105, 2009.

SOUSA, L.F; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Cinética de fermentação ruminal in vitro da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.382-391, 2011.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. et al. **Adaptação de uma técnica *in vitro* para descrição da cinética de degradação ruminal da matéria seca de volumosos.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006, 4p. (Embrapa Pantanal, Comunicado Técnico, 57).

VINCENT, I.C.; HILL, R.; CAMPLING, R.C. A note on the use of rapeseed, sunflower and soybean meals as protein sources in compound foods for milking cattle. **Animal Production**, v.50, n.3, p.541-543, 1990.

3. ARTIGO A: CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO RUMINAL *IN VITRO* DE TORTAS EXTRUSADAS DE OLEAGINOSAS

Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de tortas extrusadas de oleaginosas

Resumo – Objetivou-se avaliar o potencial de utilização das tortas extrusadas de soja (TES), canola (TEC), amendoim (TEA) e girassol (TEG) na alimentação de ruminantes, por meio da cinética de fermentação ruminal *in vitro* pela técnica da produção cumulativa de gases (PCG). As tortas foram analisadas quanto a composição bromatológica e utilizadas para elaboração dos seguintes tratamentos: *Brachiaria brizantha* (volumoso padrão) em níveis de inclusão (0%, 10%; 20%; 30% e 100%) de TES, TEA, TEG e TEC, utilizando delineamento inteiramente casualizado. A PCG das TES 30% e 100%; TEA 100%; TEG 100% e TEC 100% foram 209,43; 209,70; 196,14; 144,74 e 161,44 ml/g de matéria seca, respectivamente, onde as duas últimas apresentaram pior comportamento. Da mesma maneira, quanto a cinética de fermentação ruminal a TES em todos os níveis de inclusão e TEA 30% e 100% apresentaram melhores parâmetros de comportamento, demonstrando maiores potencialidades para utilização na alimentação de ruminantes.

Termos para indexação: soja, amendoim, subprodutos.

In vitro ruminal fermentation of kinetics extruded oilseed tarts

Abstract Aimed to evaluate the potential use of extruded soy tarts (TES), canola (TEC), peanuts (TEA) and sunflower (TEG) in ruminant feeding through the kinetics of ruminal fermentation *in vitro* by the technique of cumulative production gas (PCG). The tarts were analyzed for chemical composition and used for the preparation of the following treatments: *Brachiaria Brizantha* (standard bulky) in inclusion levels (0%, 10%, 20%, 30% and 100%) of TES, TEA, TEG and TEC using a completely randomized design. The PCG 30% of TES and 100%; TEA 100%; TEG 100% and 100% TEC were 209.43; 209.70; 196.14; 144.74 and 161.44 ml / g dry matter, respectively, where the latter two had worse behavior. Likewise, as the kinetics of ruminal fermentation TES at all levels of inclusion and TEA 30% and 100% showed better behavior parameters, demonstrating the greatest potential for use in ruminant feed.

Index terms: soybeans, peanuts, subproducts.

3.1. INTRODUÇÃO

O processo de obtenção do óleo de oleaginosas apresentam elevados custos e, conseqüentemente, dos seus subprodutos quando se faz a compra dos mesmos em empresas idôneas. Atualmente, no mercado de implementos agrícolas, já existem alguns equipamentos disponíveis de menor custo que possibilitam ao produtor realizar o processamento na propriedade, porém o produto final apresenta maior teor de óleo (6,0% de extrato etéreo) e necessitam de estudos para recomendações seguras de utilização na alimentação de ruminantes.

Ensaio *in vivo* envolvendo digestibilidade e produção animal são os métodos mais adequados para se determinar o valor nutricional dos alimentos utilizados na nutrição de ruminantes. Entretanto, tais métodos requerem considerável uso de animais, alimentos, mão de obra, tempo e alto custo financeiro, limitando assim a sua aplicabilidade. Por decorrência a isso, várias técnicas *in vitro* vêm sendo utilizada como opção, devido ao baixo custo, possibilidade de testar grande número de amostras simultaneamente e rapidez na execução.

As técnicas *in vitro* de produção de gases são capazes de simular o ambiente ruminal e a digestão enzimática, além de apresentar elevado potencial para descrever a cinética de fermentação ruminal no rúmem e estimar o consumo, fornecer a taxa e a extensão da degradação dos alimentos, bem como a medição dos produtos da fermentação de partes solúveis e insolúveis.

Contudo, as técnicas *in vitro* de produção de gás permitem avaliar grande número de substratos por experimento, simplicidade no manuseio de equipamentos e baixo custo na implantação por amostra analisada. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de utilização das tortas extrusadas de soja, canola, amendoim e girassol na alimentação de ruminantes, por meio da cinética de fermentação ruminal “*in vitro*” pela técnica de produção cumulativa de gases.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Luiz Meneghel (UENP/CLM), no município de Bandeirantes – PR e na Embrapa -

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situada em Juiz de Fora e Coronel Pacheco-MG. Foram utilizados quatro tipos de oleaginosas com potencial de produção na região do Norte do Paraná, sendo elas: soja, girassol, canola e amendoim, sendo o amendoim adicionado 30% de casca apenas para facilitar o processamento, as quais foram adquiridas no mercado regional.

Para a extração do óleo e obtenção da torta extrusada, os grãos foram processados em prensa extrusora (Prensa Extrusora Bindgalvão®), onde o equipamento coleta o grão automaticamente dosando a quantidade e, após essa dosagem, o grão entra no eixo cilíndrico do equipamento que tem o formato de uma rosca sem fim sentido horário e outra no sentido anti-horário no mesmo eixo ($\rightarrow\leftarrow$), revestido por uma camisa cilíndrica gerando assim uma prensagem. Nessa etapa do processamento onde 70% do óleo contido no grão são retirados a frio, sem uso de qualquer química, apenas por prensagem, ficando ainda no equipamento a torta que segue no eixo. Com a rosca sem fim no sentido horário e anti-horário, gera uma pressão de 60 bar e o atrito, acarretando elevação de temperatura que alcança em média de 120 a 125°C. Este processamento elimina os fatores antinutricionais deixando o alimento pronto para o consumo animal e acredita-se que o mesmo acarreta na extrusão do material, onde é importante salientar que o equipamento utiliza a umidade do grão para o cozimento da torta, não havendo necessidade de adição de água. Sendo assim, baseado na, (Mendes et al., 2004 ; Bertipaglia et al., 2008), as tortas trabalhadas neste experimento foram denominadas extrusadas e está em estudo a comprovação da ocorrência da extrusão.

As análises da composição química das tortas (Tabela 3.1) foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos da UENP/CLM, sendo elas os teores de matéria seca (MS) a 105°C, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (CZ), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), por Detmann, et al., 2012. As tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC) foram encaminhadas para EMBRAPA – Gado de Leite, onde foram mensuradas a emissão de gases e degradabilidade *in vitro* e *in situ*, sendo a primeira seguindo a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases (Mauricio et al., 2003).

Foi utilizada forrageira padrão (*Brachiaria brizantha*) com os diferentes tipos de tortas extrusadas (TES, TEA, TEG e TEC) processadas a 1,0 mm e níveis de inclusão das tortas de 0%, 10%, 20%, 30% e 100%.

Para coleta do líquido ruminal (inóculo), utilizaram-se três vacas da raça Holandês, não lactantes, fistuladas e previamente adaptadas com as dietas propostas

(pastagem e suplementadas com concentrado). A coleta do líquido ruminal foi realizada manualmente pela fistula no saco ventral do rúmen, uma hora antes da incubação. O líquido ruminal foi filtrado em gaze e acondicionado em garrafas térmicas pré-aquecidas com água a 39°C. O inóculo foi composto por uma amostra de líquido ruminal retirado das vacas citadas. A saliva artificial foi preparada de acordo com as recomendações de (Maurício et al., 2003). Para as incubações, tomou-se uma amostra de aproximadamente 0,5g de cada substrato.

As amostras dos substratos foram acondicionados em filtros F57 (Ankon) e, acrescidos dos concentrados, todos em triplicata nos diferentes tempos de degradação. Foram utilizados frascos de vidro de cor âmbar com capacidade de 50mL. Em cada frasco foram colocados 25mL de meio de cultura tamponado (Maurício et. al., 2003). Os frascos foram aspergidos com CO₂ e imediatamente tampados com rolha de borracha, lacrados e colocados em temperatura de 39°C. Para a avaliação da degradação da matéria seca por gravimetria, foram utilizados os tempos de 6, 12, 24, 48 e 96 horas após a incubação. Para cada tempo dos tratamentos foram incubados três frascos “brancos”, apenas com inóculo e solução tampão.

A produção cumulativa de gases foi estimada segundo metodologia descrita de Maurício et al. (2003). As leituras de pressão foram feitas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 24, 28, 34, 48, 72 e 96h). Por meio da inserção da agulha na tampa de silicone, a pressão produzida no interior dos frascos foi verificada no leitor digital do transdutor de pressão (Digital PressureIndicator DPI 705, Druck). Os dados de pressão foram utilizados para o cálculo do volume de gases total produzidos pelo processo fermentativo de acordo com o laboratório da Embrapa descrita na equação abaixo:

$$\text{Vol} = -0,111813 + (3,60149 \cdot \text{psi}) + (-0,01247 \cdot (\text{psi} \cdot \text{psi})),$$

sendo o psi = valor encontrado no leitor digital do transdutor de pressão.

A análise dos dados e as equações de regressão para os desaparecimentos dos componentes nutricionais foram feitos utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) e foi aplicado o teste de média Tukey a 5% de significância. Para a estimativa dos parâmetros da cinética da fermentação ruminal para cada tratamento foi utilizado o modelo bicompartimental, abaixo descrito (Shofield & Pell, 1994).

$$V(t) = V_{f1} / (1 + \exp(-2 \cdot 4 \cdot c \cdot (T - L))) + V_{f2} / (1 + \exp(-2 \cdot 4 \cdot c \cdot (T - L))), \text{ em que:}$$

V_{f1} = volume máximo de gás da fração de carboidratos não estruturais;

V_{f2} = volume máximo de gás da fração de carboidratos estruturais;

C = taxa de degradação (% h⁻¹); T e L = tempos de incubação (horas) e a latência (horas).

As degradabilidades efetivas da matéria seca foram calculadas empregando-se equação proposta por France et al. (1993), para as taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8%/h.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições químicas das tortas estão descritas na Tabela 3.1, onde podem ser observados maiores teores de EE para as TEC (13,9%) e TEG (13,6%), praticamente o dobro do que foi encontrado na TES (6,9%) e TEA (6,1%). Da mesma maneira, foram observados maiores teores de FDN, FDA e Lig nas TEG e TEC, as quais apresentaram 38,4 e 20,6%; 24,4 e 14,8%; e 8,7 e 6,7%, respectivamente. Somado a isso, a TEG com 33,7% e a TEC com 40,8% de PB foram inferiores aos valores encontrados para a TES (46,6%) e TEA (50,7%), sendo que todos os fatores descritos acima são importantes para a degradabilidade das tortas por ruminantes e, conseqüentemente, o comportamento da produção cumulativa de gases e cinética ruminal.

Tabela 3.1 -Composição química (% MS) das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC) e da *Brachiariabrizantha* (Padrão)

	MS	CZ	EE	FDA	FDN	Lig	PB	PIDA	PIDN
TES	92,6	9,8	6,9	8,3	16,7	1,2	46,6	1,3	5,1
TEA	93,7	7,0	6,1	9,1	16,9	3,2	50,7	0,8	5,2
TEG	94,4	7,5	13,6	24,4	38,4	8,7	33,7	1,4	4,9
TEC	92,3	12,2	13,9	14,8	20,6	6,7	40,8	2,0	2,8

MS: matéria seca; CZ: cinzas; EE: extrato etéreo; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; Lig: lignina; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido.

Na Tabela 3.2 encontram-se os valores médios dos farelos de soja (FS), amendoim (FA), girassol (FG) e canola (FC) existentes no mercado segundo Valadares Filho et al. (2006), onde observou-se que as tortas utilizadas nesse trabalho diferenciam-se principalmente em relação ao teor de EE, resultado esse devido ao tipo de extração de óleo, uma vez que no presente trabalho a extração de óleo foi realizada por meio da prensagem a frio, já os farelos normalmente é utilizado o método extração de óleo com solvente. Outra

diferença notória pelo método de extração é em relação a matéria seca (MS), onde as tortas apresentaram maior porcentagem de MS que os farelos, chegando numa diferença de até 4% a mais para a TES quando comparado com o FS. Apesar dos resultados da FDA e FDN serem numericamente diferentes, observou-se o mesmo comportamento para os diferentes alimentos.

Tabela 3.2 -Composição química (% MS) dos farelos de soja (FS), amendoim (FA), girassol (FG) e canola (FC).

	MS	CZ	EE	FDA	FDN	Lig	PB
FS	88,61	6,32	1,71	9,86	14,62	1,33	48,78
FA	89,75	6,34	0,32	10,96	13,87	-	58,29
FG	91,85	6,18	2,06	34,90	42,36	-	33,7
FC	90,14	6,51	1,32	21,77	30,72	4,92	40,01

MS: matéria seca; CZ: cinzas; EE: extrato etéreo; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; Lig: lignina; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido.

Já as TEA 10%, TEA 20% TEA 30% e TEA 100% com produção cumulativa de gás estimada em mL/g de MS de 173,76; 175,00; 189,10 e 196,14, respectivamente; as TEG 10%, 20%, 30% e 100% com valores de 160,09; 157,42; 166,67; 144,74 mL/g de MS, respectivamente, e as TEC 10%, 20%, 30% e 100%, com produção cumulativa de gases de 167,74; 170,00; 146,22; e 161,45mL/g de MS, respectivamente, não apresentaram diferenças de comportamento entre si, bem quando comparadas com o tratamento Padrão (volumoso *Brachiaria bhrizanta*).

Analisando as tortas individualmente em seus diferentes níveis de substituição quanto a produção cumulativa de gás estimada (Figura 3.1), a TES após 96 horas de fermentação não apresentou diferenças de comportamento, onde os resultados encontrados foram TES 10% - 186,38; TES 20% - 192,23; TES 30% - 209,43 e TES 100% - 209,69 mL/g de MS. Quando comparadas ao padrão (Volumoso *Brachiaria brizantha*), o qual apresentou 171,45mL/g de MS, apenas a TES 30% e 100% apresentaram diferença no comportamento, sendo estes os maiores teores de inclusão da TES, demonstrando que os mesmos influenciaram no processo fermentativo.

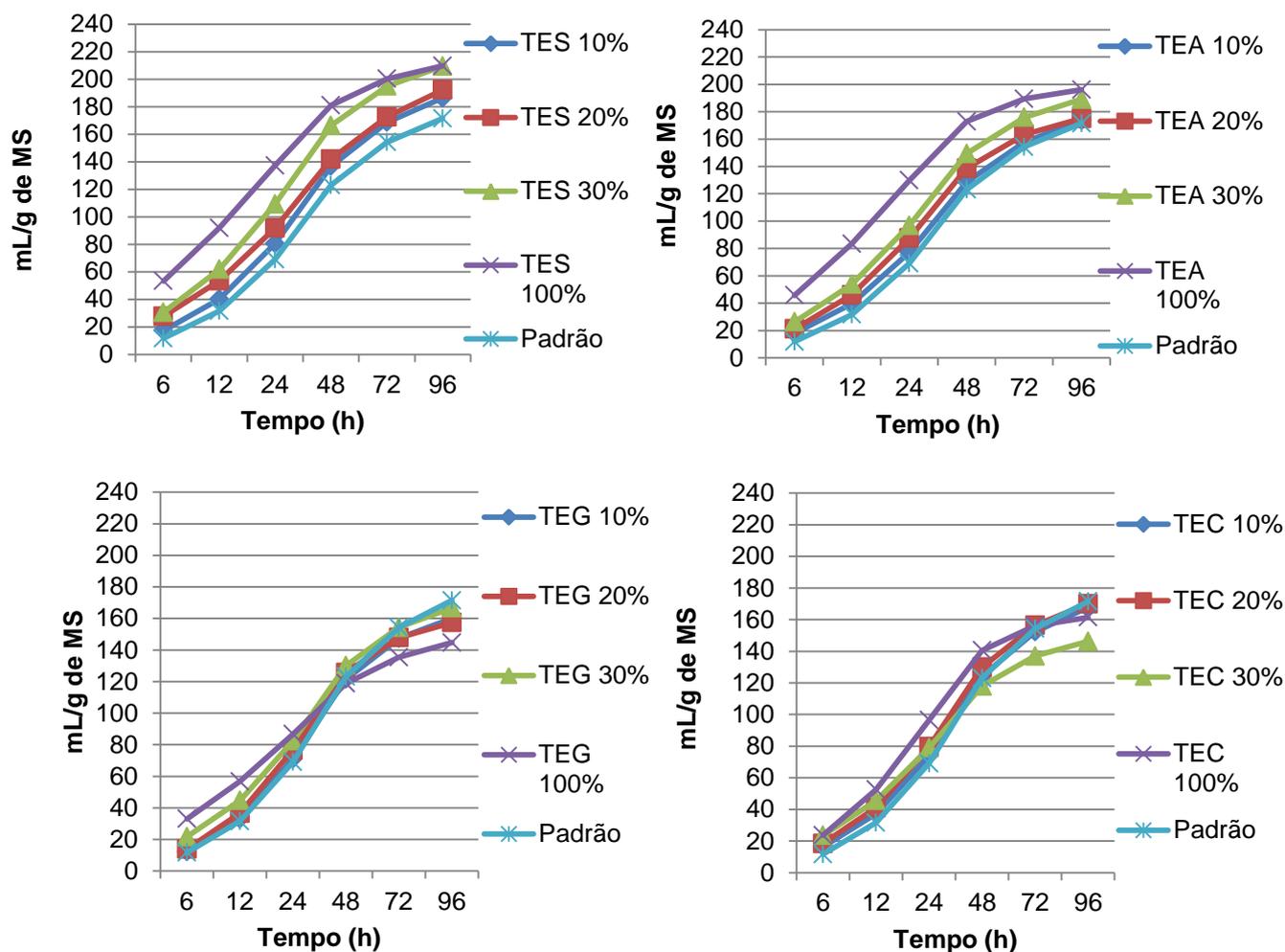


Figura 3.1 -Produção cumulativa de gás (PCG) em mL/g de MS dos tratamentos com as tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC), com substituição de 10%, 20%, 30% ou 100% no Padrão (Volumoso Brachiariabhrizanta).

Nos tratamentos da TEA, como foram adicionados 15% de casca para realização do processamento, pode ser observado que não comprometeu a fermentação mesmo com 100% de inclusão, uma vez que foi semelhante a TES 100% e superior ao padrão.

Já a TEG 100% apresentou menor volume de gás produzido pelo processo fermentativo em 96 horas quando comparados com a TES 100% (Figura 3.2), comportamento este também observada por Mizubuti, et al. (2011), os quais encontraram valores de 96,97 e 162,93 mL/g de MS em 144 horas de incubação, respectivamente, sendo este em torno de 47% e 48% menores do que encontrado no presente trabalho.

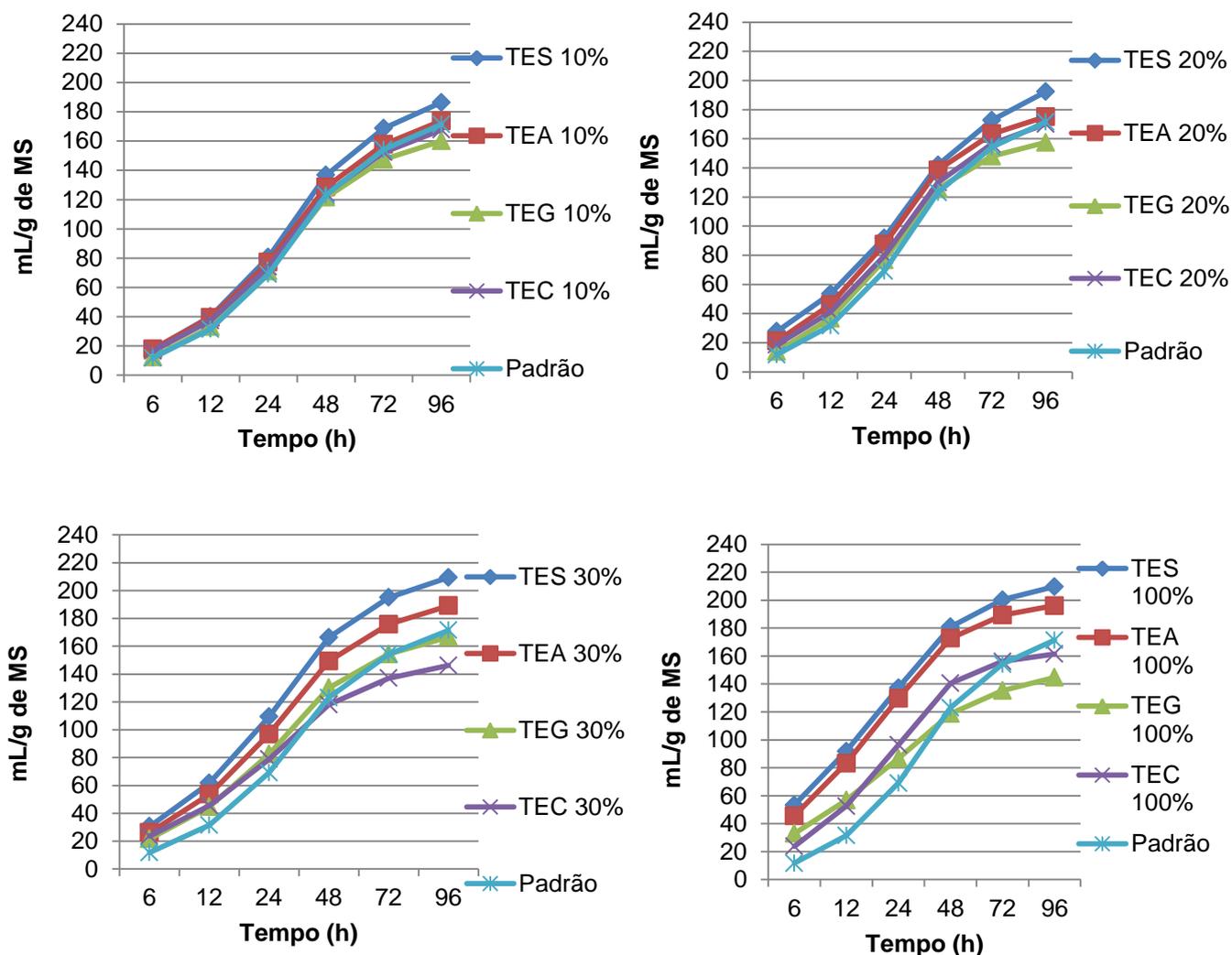


Figura 3.2-Produção cumulativa de gás (PCG) em mL/g de MS dos tratamentos com as tortas extrusadas de soja (TES), amendoim(TEA), girassol (TEG) e canola (TEC), com substituição de 10%, 20%, 30% ou 100% no Padrão (Volumoso *Brachiaria brizantha*).

Contudo, o processo de extração de óleo pode afetar a estrutura da composição química do produto final, e diferentemente do trabalho citado, a TEG e TES 100% passaram por processamento térmico e pressão após a extração do óleo, o que tende a melhorar a disponibilidade dos nutrientes para microbiota ruminal e, conseqüentemente, a degradação e produção de gases (Faria, 2009).

Comparando os tratamentos com níveis de substituição nas porcentagens de 10% e 20% para todas as tortas com o Padrão (Volumoso *Brachiaria brizantha*) (Figura 3.2), não foram observadas diferenças de comportamento entre si, ou seja, não houve aumento no volume de gás produzido pela fermentação após 96 horas de incubação. Provavelmente nesses níveis de substituição não acarretou aumento significativo na quantidade de

carboidratos solúveis com a adição das tortas que pudessem aumentar a fermentação, embora tenha ocorrido aumento na produção (Nogueira et. al., 2006).

Para os tratamentos com 100% de substituição, a TEG 100% foi a que apresentou menores valores de produção de gás no total de 96 horas de incubação (145,53mL/g de MS), não apresentando diferença no comportamento do Padrão (*Brachiaria bhrizanta*). Como encontrado para o nível de substituição de 30%, os mesmos comportamentos foram observadas em relação a TES 100% comparada aos demais tratamentos. Já para a TEA 100% observou-se mesmo comportamento com os tratamentos TEC 100% e Padrão, diferenciando apenas do TEG 100 (Figura 3.2).

Os valores correspondentes aos parâmetros da cinética de fermentação obtidos pelo modelo de Shofield & Pell (1994) são apresentados na Tabela 3.2. Analisando os tratamentos, quanto maior a inclusão de torta, menor é a produção de gás oriundo dos carboidratos não fibrosos (CNF), como por exemplo, a TES 100% com produção de gás oriunda do CNF de 119,72 mL/g de MS comparado a TES 10% com 145,66 mL/g de MS.

O inverso ocorreu com a produção de gás oriunda dos carboidratos fibrosos (CF), ou seja, quanto maior foi a concentração de torta no tratamento elevou-se o volume de gás produzido, provavelmente por ser uma fibra de melhor qualidade do que a forrageira. Desta maneira, há maior degradação dos CF e, conseqüentemente, maior a sua produção de gás, como pode ser observados nos tratamentos da TES que aumentou a produção de gás da TES 10% para a TES 100% de 41,08 para 88,59 mL/g de MS; a TEA 10% para TEA 100% de 37,34 para 79,46 mL/g de MS; TEG 10% para TEG 100% de 47,07 para 60,50 mL/g de MS.

Já a TEC, onde a produção de gás foi de 32,66 para TEC 10% elevando apenas para 48,48 mL/g de MS para TEC 30% e decaindo para 37,23 mL/g de MS na TEC 100%, sendo este último inferior a produção de gás obtido no padrão (39,20 mL/g de MS).

Quanto ao Lag time (L), foi encontrado efeito linear com inclusão das tortas, pois a degradação da torta é mais rápida do que em forrageira. A maior queda observada no L foi com a TES, onde a TES 10% diminuiu 4,25562 h quando trabalhado com a TES 100%, enquanto a menor queda, como esperado, foi para a TEG com 3,24905 h.

Na Tabela 3.3 estão apresentados os valores de degradabilidade efetiva da matéria seca (DE) das tortas em três taxas de passagem: 2,5 e 8%/h. A taxa de passagem de 2,0%/h pode ser adotada para bovinos e ovinos alimentados em nível de manutenção, de 5,0%/h para vacas até 15 kg de leite/dia e para bovinos de corte e ovinos alimentados com dietas mistas e de 8,0%/h para vacas com produção de leite acima de 15 kg de leite/dia

Tabela 3.3 Médias de volume final de produção de gases oriundos da degradação de carboidratos fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF), suas respectivas taxas de degradação (C1 e C2), coeficiente de determinação (R²) e lag time dos tratamentos utilizando torta de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola nos níveis de inclusão de 10%, 20% 30% e 100%, e padrão 100%.

Alimento	CNF	C1	L	CF	C2	R²
TES 10%	145,66	0,01665	6,73452	41,08	0,07699	0,995
TES 20%	144,40	0,01560	5,32212	47,61	0,09286	0,995
TES 30%	148,84	0,01784	5,0418	58,12	0,08538	0,994
TES 100%	119,72	0,01811	2,48958	88,59	0,08852	0,996
TEA 10%	134,20	0,01717	6,69185	37,34	0,07814	0,994
TEA 20%	135,48	0,02018	5,41342	35,47	0,09638	0,995
TEA 30%	137,80	0,01826	5,10828	48,26	0,08437	0,995
TEA 100%	114,68	0,02005	2,92893	79,46	0,08884	0,994
TEG 10%	114,24	0,01655	5,80988	47,07	0,05278	0,995
TEG 20%	122,15	0,02028	5,36565	34,57	0,07731	0,995
TEG 30%	123,09	0,01794	5,11775	41,02	0,07330	0,994
TEG 100%	86,34	0,01455	2,56083	60,50	0,07301	0,996
TEC 10%	131,88	0,01787	6,38859	32,66	0,07848	0,995
TEC 20%	127,98	0,01794	5,84484	39,19	0,07124	0,995
TEC 30%	97,54	0,01660	3,98434	48,48	0,06635	0,994
TEC 100%	124,55	0,02386	2,48605	37,23	0,09693	0,997
Padrão (bchiaria)	132,09	0,01624	7,10422	39,20	0,06150	0,995

1 = y = volume total de gases (mL); CNF e CF = volume de gases (mL) da degradação da fração de digestão rápida e lenta, respectivamente; C1 e C2 = taxas de produção de gases pela degradações das frações rápida e lenta (% h-1), respectivamente; L= "lag time" (h); R2 = coeficiente de correlação.

Nestes cálculos de DE(Tabela 3.3) foram calculado empregando-se a equação de France et al. (1993) e os resultados da degradabilidade *in vitro* da MS após 96 h de fermentação. Independente da taxa de passagem, os menores valores de DE observados

foram para a TEG 10% com 52,91% com 8%/h, enquanto o maior valor encontrado foi para TES 100% com 78,59% com 2%/h,

Tabela 3.4 Degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (% de MS) para as taxas de passagem 2%, 5% e 8% das tortas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC) em diferentes níveis de inclusão ,0% (Padrão), 10%, 20%, 30% e 100%.

Tratamentos	Parâmetros		
	DE 2%/h (%)	DE 5%/h (%)	DE 8%/h (%)
TES 30%	71,12	66,71	62,51
TES 20%	66,82	62,20	57,85
TES 10%	65,35	62,54	59,79
TES 100%	78,59	73,21	68,12
TEA 30%	67,91	63,96	60,17
TEA 20%	65,30	62,76	60,27
TEA 10%	64,28	61,79	59,34
TEA 100%	78,96	73,43	68,22
TEG 30%	62,92	60,79	58,69
TEG 20%	60,02	56,57	53,27
TEG 10%	59,67	56,21	52,91
TEG 100%	66,76	62,39	58,25
TEC 30%	67,50	64,14	60,89
TEC 20%	63,00	60,16	57,39
TEC 10%	59,84	56,97	54,19
TEC 100%	78,17	74,81	71,54
Padrão	61,44	57,94	54,58

A relação entre DMS e PCG nos horários de 6, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação foram significativa ($p < 0,01$) e descrita pelas equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2) (Tabela 3.4). Todas as análises de regressão para PCG e DMS foram significativas ($P < 0,05$), com altos coeficientes de determinação demonstrando

incremento nas produções de gases e degradação da matéria seca de acordo com o tempo de incubação, além da adequação dos resultados de PCG e DMS aos Schofield & Pell (1994), utilizados para todas as tortas avaliadas.

Tabela 3.5- Equação de regressão entre os valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) e produção cumulativa de gases (PCG) dos tratamentos com respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação	R^2
TES 30%	PCG = (3,642*DMS)-55,889	0,99
TES 20%	PCG = (3,436*DMS)-51,918	0,98
TES 10%	PCG = (3,569*DMS)-55,391	0,99
TES 100%	PCG = (3,221*DMS)-48,067	0,97
TEA 30%	PCG = (3,652*DMS)-67,783	0,99
TEA 20%	PCG = (3,641*DMS)-69,422	0,97
TEA 10%	PCG = (3,501*DMS)-60,419	0,98
TEA 100%	PCG = (3,398*DMS)-84,137	0,98
TEG 30%	PCG = (3,297*DMS)-43,191	0,99
TEG 20%	PCG = (3,302*DMS)-46,250	0,99
TEG 10%	PCG = (3,404*DMS)-50,513	0,99
TEG 100%	PCG = (3,151*DMS)-30,080	0,98
TEC 30%	PCG = (2,662*DMS)-40,469	0,97
TEC 20%	PCG = (3,324*DMS)-58,182	0,97
TEC 10%	PCG = (3,636*DMS)-63,009	0,98
TEC 100%	PCG = (3,308*DMS)-97,375	0,96
PADRÃO	PCG = (3,461*DMS)-51,082	0,99

Os coeficientes de determinação (R^2) observados para todas as tortas trabalhadas foram elevados, demonstrando que o volume de gases produzido refletiu o processo de degradação da MS destes materiais, com correlação positiva alta da PCG e DMS de 0,96 ($p > 0,001$).

3.4. CONCLUSÃO

As tortas extrusadas de soja em todos os níveis de inclusão e amendoim no nível de inclusão de 30 e 100% apresentaram mesmo comportamento de fermentação ruminal, produção cumulativa de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca, demonstrando melhor potencial para utilização na alimentação de ruminantes.

3.5.Referências

BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SUGOHARA, A. et al. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2003-2010, 2008.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et. al. **Métodos para Análise de Alimentos –Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. 1 ed., Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2012. 214p.

FARIA JR, W. G.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L.C.; FERREIRA, P. D. S. Farelo de Soja na Alimentação de Vacas Leiteiras. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. **Alimentos para Gado de Leite**.Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. Cap. 22. p. 416-432.

FRANCE, J., DHANOA, M.S., THEODOROU, M.K., et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v.163, p. 99-111, 1993.

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

MENDES, W.S.; SILVA, I.J; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.207-213, 2004.

MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S. et al. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns co-produtos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Ciências Agrárias**, v. 32, p. 2021-2028, 2011.

NOGUEIRA, U.T.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Comparação de substratos com diferentes quantidades de carboidratos solúveis utilizando a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**,v.58, p.633-641, 2006.

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

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. London: Comstock Publishing Associates – Cornell University Press, 1994. 476p.

4. ARTIGO B: CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA MATÉRIA SECA “*IN SITU*” DE GRÃOS E TORTAS EXTRUSADAS DE OLEAGINOSAS

Cinética de degradação da matéria seca “*in situ*” de tortas extrusadas de oleaginosas

Resumo – Avaliou-se a degradabilidade ruminal *in situ* das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC), em três bovinos da raça holandesa fistulados e providos de cânulas ruminais, mantidos em baias individuais. Os alimentos foram incubados por 0, 3, 6, 12, 24 e 48h. As TES, TEA e TEC apresentaram comportamentos semelhantes, com maiores degradações da matéria seca (DMS) com valor de 89,95%, 89,99% e 83,87%, respectivamente, sendo comportamentos superiores quando comparado a DMS da TEG, o qual apresentou 63,84%. O mesmo comportamento foi observado para o potencial de degradação e degradabilidade efetiva nas taxas de passagem de 2; 5 e 8%/h. Nas condições trabalhadas, as tortas extrusadas de soja, amendoim e canola apresentaram comportamento de cinética de degradação ruminal da matéria seca semelhantes, podendo ser utilizadas na nutrição de ruminantes quando disponíveis.

Termos para indexação: soja, canola, amendoim, ruminantes, subprodutos.

***In situ* Kinetics degradation of dry matter of extruded grains and oilseed tarts**

Abstract - We evaluated the *in situ* degradability of extruded soy tarts (TES), peanuts (TEA), sunflower (TEG) and canola (TEC) in three steers fistulated Holstein and fitted with rumen cannulas were kept in individual pens. The feeds were incubated for 0, 3, 6, 12, 24 and 48. The TES, TEA and TEC showed similar behavior, with greater degradation of dry matter (DMD) value of 89.95%, 89.99% and 83.87%, respectively, being superior behavior when compared with the DMS TEG, the which showed 63.84%. The same behavior was observed for potential degradation and effective degradability in passage rates of 2; 5:08% / h. Conditions worked, extruded soy tarts, peanut and canola showed kinetic behavior of ruminal degradation of dry matter similar and can be used in ruminant nutrition when available.

Index terms: soybean, canola, peanut, ruminant, subproducts.

4.1. INTRODUÇÃO

O beneficiamento de produtos agroindustriais produz resíduo e subproduto que contribuem com aproximadamente 2,9 e 0,6 trilhões de Mcal de energia metabolizável (EM), respectivamente, por ano. Se totalmente convertidos em produtos de origem animal, por bovinos leiteiros e bovinos de corte, esses resíduos poderiam produzir 750 bilhões de litros de leite ou 4,5 milhões de toneladas de carne (Lima, 2005), tornando possível incrementar a produção com produtos regionais existentes no mercado quando disponíveis. Sendo assim, a maioria dos farelos, tortas das oleaginosas ou resíduos utilizadas na alimentação animal apresenta suas particularidades nos cuidados quando fornecidos aos animais devido aos fatores tóxicos ou antinutricionais, quantidades máximas dentro das formulações das dietas.

O rúmen representa o principal local onde ocorre a digestão dos componentes do alimento nos ruminantes, por meio de numerosa população microbiana desse compartimento. Desse modo, permite aos ruminantes o consumo e utilização de alimentos fibrosos e não fibrosos com maior eficiência do que em outros animais (Vans Soest, 1994).

Os estudos “*in situ*” utilizando sacolas possibilitam a determinação da digestibilidade e degradabilidade dos diversos componentes dos alimentos, principalmente da proteína. Esta técnica tem sido utilizada na avaliação de alimentos pelos ruminantes, devido à facilidade, rapidez de execução e, principalmente, devido à sua alta correlação com resultados obtidos em experimentos “*in vivo*”.

A determinação de parâmetros cinéticos, relacionados com a degradabilidade ruminal dos nutrientes, que segundo Nocek (1988), são de fundamental importância na avaliação nutricional de alimentos para ruminantes, são difíceis de serem determinados “*in vivo*”. A técnica consiste em colocar amostras de alimento em uma série de sacos de náilon e incubá-los no rúmen de animais fistulados. Em tempos apropriados os sacos são retirados e lavados e, dessa forma, pode-se avaliar a qualidade dos alimentos pela determinação da quantidade de amostra que é degradada e a taxa em que esta degradação ocorre.

A técnica *in situ* tem sido preferida com relação à metodologia *in vivo* por ser menos trabalhosa, menor quantidade de alimento e com menor demanda de recursos financeiros, e principalmente por descrever a participação da degradação ruminal na digestibilidade total dos alimentos (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995).

Desse modo, o presente trabalho objetivou a determinação dos parâmetros cinéticos da degradação da matéria seca *in situ* dos grãos de soja, amendoim, girassol e canola, bem como de suas respectivas tortas.

4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM)*, no município de Bandeirantes – PR e na Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situada em Juiz de Fora e Coronel Pacheco-MG. Foram utilizados quatro tipos de oleaginosas com potencial de produção na região do Norte do Paraná, sendo elas: soja, girassol, canola e amendoim, sendo o amendoim adicionado 30% de casa apenas para facilitar o processamento, as quais foram adquiridas no mercado regional.

Para a extração do óleo e obtenção da torta extrusada, os grãos foram processados em prensa extrusora (Prensa Extrusora Bindgalvão®), onde o equipamento coleta o grão automaticamente dosando a quantidade e, após essa dosagem, o grão entra no eixo cilíndrico do equipamento que tem o formato de uma rosca sem fim sentido horário e outra no sentido anti-horário no mesmo eixo (→←), revestido por uma camisa cilíndrica gerando assim uma prensagem. Nessa etapa do processamento onde 70% do óleo contido no grão são retirados a frio, sem uso de qualquer química, apenas por prensagem, ficando ainda no equipamento a torta que segue no eixo. Com a rosca sem fim no sentido horário e anti-horário, gera uma pressão de 60 bar e o atrito, acarretando elevação de temperatura que alcança em média de 120 a 125°C. Este processamento elimina os fatores antinutricionais deixando o alimento pronto para o consumo animal e acredita-se que o mesmo acarreta na extrusão do material, onde é importante salientar que o equipamento utiliza a umidade do grão para o cozimento da torta, não havendo necessidade de adição de água. Sendo assim, baseado na, (Mendes et al., 2004 ; Bertipaglia et al., 2008), as tortas trabalhadas neste experimento foram denominadas extrusadas e está em estudo a comprovação da ocorrência da extrusão.

As análises da composição química das tortas (Tabela 3.1) foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos da UENP/CLM, sendo elas os teores de matéria seca (MS) a 105°C, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (CZ), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), por Detmann, et al., 2012. As tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC), foram encaminhadas para EMBRAPA – Gado de Leite, onde foram obtido a cinética de degradação da matéria seca *in situ*.

Foram utilizadas três vacas da raça holandesa, fistulados no rúmen, as quais receberam dieta composta por cana-de-açúcar triturado, suplementado com 2,0 kg de

concentrado por dia durante sete dias para que os animais tivessem um bom ambiente ruminal. As amostras foram moídas em peneiras de 1,0 mm, colocando 6,0 g em cada saco de náilon com porosidade de 50µm e 20cm de altura por 10 cm de largura (Forage Bags-Tectrigo®), e a relação média de 17,5 mg de amostra por cm² de área superficial dos sacos de náilon, conforme recomendação de Nocek (1988). Uma argola de metal com aproximadamente 2,0 cm de diâmetro foi colocada na extremidade aberta de cadasaco, o qual foi fechado com elásticos de borracha modelo18 - Mercur®.

Tabela 4.1- Composição química das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC).

	MS	CZ	EE	FDA	FDN	Lig	PB	PIDA	PIDN
	%								
	% da MS								
TES	92,6	9,8	6,9	8,3	16,7	1,2	46,6	1,3	5,1
TEA	93,7	7,0	6,1	9,1	16,9	3,2	50,7	0,8	5,2
TEG	94,4	7,5	13,6	24,4	38,4	8,7	33,7	1,4	4,9
TEC	92,3	12,2	13,9	14,8	20,6	6,7	40,8	2,0	2,8

MS: matéria seca; CZ: cinzas; EE: extrato etéreo; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; Lig: lignina; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido.

As coletas foram feitas com 0, 3, 6, 12, 24 e 48 horas após a incubação. Utilizaram-se três sacos (repetições) para coleta das primeiras 0 e 3 horas, quatro sacos (repetições) para coleta do tempo de 6 e 12 horas após a incubação, cinco para o tempo de 24 horas e seis sacos (repetição) para o tempo de 96 horas para cada animal, três vacas (repetição) totalizando 191 sacos por animal. É importante salientar que o tempo zero os sacos não foram incubados, apenas ficaram em banho-maria, por 30 minutos, em temperatura de 39°C, para determinação da fração solúvel.

Para cada tempo, menos o tempo zero, em cada animal, foi feita três repetições de brancos. Após a retirada, foram imersos em balde com água antes de serem congelados em *freezer* a – 10°C. Após o descongelamento, procedeu-se à lavagem em água corrente, antes de serem colocados em estufa ventilada a 55°C por 72 horas para secagem.

As médias foram comparadas empregando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade. Para estimar as curvas de degradação foi utilizado o seguinte modelo proposto por Sampaio et al. (1995):

$$p = A - B e^{-ct}$$

em que,

p = porcentagem de degradação após um tempo (t) de incubação no rúmen;

A = porcentagem máxima de degradação do material contido no saco de náilon, ou degradabilidade potencial;

B = parâmetro sem valor biológico. Se não houvesse tempo de colonização, ele corresponderia ao total a ser degradado pela ação microbiana;

c = taxa constante de degradação da fração que permanece no saco de náilon, expressa em porcentagem por hora;

t = tempo de incubação no rúmen, em horas.

A análise dos dados e as equações de regressão para os desaparecimentos dos componentes nutricionais foram feitos utilizando-se o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), de acordo com Euclides (1983). O tempo de colonização foi estimado conforme McDonald (1981), de acordo com a seguinte equação:

$$TC = \frac{-1}{c} * \ln\left(\frac{A-S}{B}\right)$$

onde,

TC = tempo de colonização, em horas;

A, B e C = mesmos parâmetros definidos na equação anterior;

S = fração solúvel determinada pela porcentagem de desaparecimento no tempo zero de incubação (fração rapidamente degradada).

As degradabilidades efetivas foram calculadas utilizando-se os valores sugeridos pelo Agricultural Research Council (1984), de 2,0, 5,0 e 8,0%/h para baixo, médio e alto consumos, respectivamente, segundo o seguinte modelo proposto por Ørskov e McDonald (1979):

$$DE = S + \left[\frac{B1 * c}{c + K}\right]$$

em que:

DE = degradabilidade efetiva, em porcentagem

S = fração rapidamente degradada

B1 = fração degradável calculada subtraindo-se a fração solúvel do potencial de degradação (B1 = A - S) (fração lentamente degradada)

c = mesmo parâmetro descrito anteriormente

K = taxa fracional de passagem, expressa em porcentagem por hora.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4.2 apresenta o desaparecimento médio (%) da matéria seca dos tratamentos tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC). Analisando os comportamentos dos tratamentos utilizando tortas, a DMS no total de 48 horas após a incubação foram de 89,95%, 89,99%, 63,84%, 83,87%, para TES, TEA, TEG e TEC, respectivamente. Assim, apenas a TEG apresentou comportamento inferior quando comparado às demais. Goes et al. (2010) observaram mesmo comportamento para a DMS da torta de girassol, observando valor inferior a este trabalho (43,3%) para torta de girassol e, ainda, comportamento semelhante para a torta de soja de 89,6%, enquanto Goes, et al. (2008) encontraram DMS de 71,49% para torta de soja. Vale ressaltar que no presente trabalho foram utilizadas tortas ,onde após a prensagem para obtenção do óleo, passou por um processamento térmico (extrusão), oque não ocorreu com os trabalhos utilizados para discussão.

Tabela 4.2- Desaparecimento médio (%) da matéria seca dos tratamentos grão das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC).

Tratamento	Tempo (h)				
	3	6	12	24	48
TES	36,37 B	40,03 B	46,71 C	62,90 B	89,95 A
TEA	35,19 B	38,31 B	31,64 B	75,38 A	89,99 A
TEG	21,98 C	25,37 C	31,64 D	42,38 C	63,84 B
TEC	53,50 A	59,73 A	72,09 A	79,59 A	83,87 A

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, em uma mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

CV= 5,98%

Na Tabela 4.3 estão os potenciais de degradação, as taxas de degradação, as frações solúveis, as frações degradáveis, os tempos de colonização e as degradabilidades efetivas nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h da matéria seca dos tratamentos. Analisando o

potencial de degradação da matéria seca dos tratamentos utilizando tortas a TES e TEG apresentaram mesmo comportamento e obtiveram maior potencial de degradação, ambas com um valor de 100% e a TEC com menor valor (84,167%).

Beran et. al. (2005) encontraram comportamento de potencial de degradação inferior para torta de girassol (63,28%) quando comparados ao presente trabalho (100%). Os mesmos autores encontraram valor inferior para o farelo de soja (98,60%) e soja parcialmente desengordurada (99,19%) quando comparado com o valor de 100% da TES utilizada no presente trabalho.

Tabela 4.3 - Potenciais de degradação (A), taxas de degradação (c), frações solúveis (S), frações degradáveis (B1), tempos de colonização (TC) e degradabilidades efetivas (DE), nas taxas de passagem 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h, da matéria seca das tortas extrusadas de soja (TES), amendoim (TEA), girassol (TEG) e canola (TEC).

PARAMÊTROS	TRATAMENTOS			
	TES	TEA	TEG	TEC
A (%)	100	94,58	100	84,17
c (%/h)	0,032	0,057	0,016	0,097
S (%)	45,62	51,82	43,55	52,69
B1 (%)	54,38	42,76	56,45	31,47
TC (h)	9,24	9,35	23,25	2,89
DE 2,0%/h (%)	79,13	83,54	69,02	78,76
DE 5,0%/h (%)	66,89	74,68	57,52	73,42
DE 8,0%/h (%)	61,20	69,69	53,17	69,90

Comparando os tratamentos, observou que as tortas apresentaram comportamentos semelhantes de potencial de degradação, exceto a TEC que apresentou, assim como a DMS, comportamento inferior.

A fração solúvel (S% - tempo zero) das TES, TEA, TEG e TEC apresentaram valores de 45,62%, 51,82%, 43,55% e 52,70%, respectivamente. Somente a TEA e a TEG apresentaram fração solúvel superior aos demais.

Beran et al. (2005) trabalhando com farelos observaram 46,60% para farelo de soja e 43,68% para o farelo de girassol, comportamento semelhante aos encontrados para as TES e TEG. Já Goes et al. (2010) encontraram fração solúvel para as tortas de soja e girassol, de 23,15% e 22,91%, respectivamente, valores muito inferiores daqueles descritos na literatura bem como do presente trabalho, enquanto Goes et al. (2004) descreveram para o farelo de soja 34,5% e 20,0% para p farelo de amendoim.

Para os valores de degradabilidades efetivas da matéria seca (DE) dos tratamentos em taxas de passagem de 2,0%/h, 5,0%/h e 8,0%/h apresentados (Tabela 3), a taxa de passagem de 2,0%/h pode ser adotada para bovinos e ovinos alimentados em nível de manutenção, de 5,0%/h para vacas até 15 kg de leite/dia e para bovinos de corte e ovinos alimentados com dietas mistas e de 8,0%/h para vacas com produção de leite acima de 15 kg de leite/dia.

Analisando os tratamentos, observou-se que a TEA obteve maior DE nas taxas de passagem de 2,0%/h e 5,0%/h quando comparado com os demais tratamentos, menos na taxa de 8,0%/h, onde a TEC foi semelhante com 69,69% e 69,90%, respectivamente. Assim a TEG foi o tratamento que apresentou comportamento diferente com menores valores de DE em todas as taxas de passagem. Marcondes et. al. (2009), trabalhando com farelos de amendoim girassol e soja, encontraram valores superiores de DE nas taxas de passagem de 2,0%/h de 95,32%, 70,24% e 89,03% respectivamente, quando comparado ao presente trabalho, porém Goes et al. (2008) observaram para o farelo de soja valores inferiores com DE de 75,03% na taxa de passagem de 2,0%/h. Ainda, os mesmos autores trabalhando com tortas de soja e torta de girassol encontraram DE de 83,02% e 56,96%, respectivamente, na taxa de passagem de 2,0%/h.

Trabalhos na literatura são escassos quando se utiliza tortas com altos teores de óleo e os tipos de processamentos existentes no mercado, os quais podem ser por meio da prensagem, prensagem mais extrusão e extração com solventes, fatores que também podem vir a interferir nas diferenças encontradas.

4.4.CONCLUSÃO

As tortas extrusadas de soja, amendoim e canola apresentaram comportamentos semelhantes de cinética de degradação ruminal da matéria seca, demonstrando potencial para a utilização das mesmas na alimentação de ruminantes.

4.5. REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The nutrient requirements of ruminant livestock. sppl. 1. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1984. 45p

BERAN, F. H. B.; SILVA, L. D. F.; RIBEIRO, E. L. A.; CASTRO, V. S.; CORREA, R. A.; KAGUEYAMA, E. O.; ROCHA, M. A. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 405-418, 2005.

BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SUGOHARA, A. et al. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2003-2010, 2008.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et. al. **Métodos para Análise de Alimentos – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal**. 1 ed., Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2012. 214p.

EUCLYDES, R.F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa: UFV, 1983. 59p.

GOES, R. H. T. B.; MANCIO, A. B.; VALADARES FILHO, S. C.; LANA, R. P. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 167-173, 2004.

GOES, R. H. T. B.; TRAMONTINI, R. C.; ALMEIDA, G. D.; CARDIM, S. T.; RIBEIRO, J.; OLIVEIRA, L. A.; MOROTTI, F.; BRABES, K. C. S.; OLIVEIRA, E. R. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 715-725, 2008.

GOES, R.H.T..B.; SOUZA, K.A.; PATUSSI, R.A.; CORNELIO, T.C.; OLIVEIRA, E.R.; BRABES, K.C.S. *In situ* ruminal degradability of crambe, sunflower and soybean seeds and their by-products in sheep feeding. **Acta Scientiarum – Animal Sciences**, v.32, n.3, p.271-277, 2010.

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: reviews of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)** v.65, n.2, p.63-93, 1995.

LIMA, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** SBZ: UFG, 2005. p.322-329.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, F. D.; SILVA, L. F. C.; Fonseca, M. A. Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2247-2257, 2009.

McDONALD, J. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science** (Cambridge), v.96, n.1, p.251-252, 1981.

MENDES, W.S.; SILVA, I.J; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.207-213, 2004.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

ØRSKOV, E.R., McDONALD, J. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science** (Cambridge), v.92, n.2, p.499-503, 1979.

SAMPAIO, I.B.M.; PIKE, D.J.; OWEN, E. Optimal design for studying dry matter degradation in the rumen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 47, p.373-383, 1995.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. London: Comstock Publishing Associates – Cornell University Press.

5. CONCLUSÕES GERAIS

As tortas extrusadas de soja em todos os níveis de inclusão e amendoim no nível de inclusão de 30 e 100% apresentaram comportamento de cinética de fermentação rumina, produção cumulativa de gases e degradabilidade efetiva da matéria seca semelhantes, demonstrando melhor potencial para utilização na alimentação de ruminantes.

As tortas extrusadas de soja, amendoim e canola apresentaram comportamento de cinética de degradação ruminal da matéria seca semelhantes e superiores a torta extrusadas de girassol, demonstrando potencial para a utilização das mesmas na alimentação de ruminantes.