



**Universidade Federal do Pará  
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

**Juliana Cristina de Castro Budel**

**Cinética de fermentação e parâmetros ruminais de animais alimentados com dietas contendo níveis de inclusão de torta da amêndoa de castanha-do-pará**

**Belém  
2016**

**Juliana Cristina de Castro Budel**

**Cinética de fermentação e parâmetros ruminais de animais alimentados com dietas contendo níveis de inclusão de torta da amêndoa de castanha-do-pará**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental e Universidade Federal Rural da Amazônia.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. José de Brito Lourenço Junior

Coorientadores:

Prof. Dr. André Guimarães Maciel e Silva

Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa

**Belém  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFPA

---

Budel, Juliana Cristina de Castro, 1991-  
Cinética de fermentação e parâmetros ruminais de  
animais alimentados com dietas contendo níveis de  
inclusão de torta da amêndoa de castanha-do-Pará /  
Juliana Cristina de Castro Budel. - 2016.

Orientador: José de Brito Lourenço Junior;  
Coorientador: André Guimarães Maciel e  
Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade  
Federal do Pará, Campus de Castanhal, Programa  
de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, 2016.

1. Ruminantes -- Alimentação e rações. 2.  
Castanha-do-Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 636.30852

---

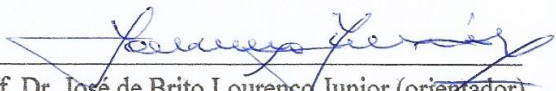
**Juliana Cristina de Castro Budel**

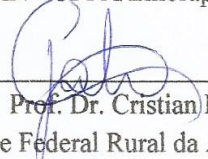
**Cinética de fermentação e parâmetros ruminais de animais alimentados com dietas contendo níveis de inclusão de torta da amêndoa de castanha-do-pará**

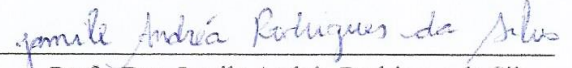
Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental e Universidade Federal Rural da Amazônia.

Data da aprovação. Belém - PA: 25 / 02 / 2016

Banca Examinadora

  
Prof. Dr. José de Brito Lourenço Junior (orientador)  
PPGCAN - UFPA/Embrapa A.O/UFRA

  
Prof. Dr. Cristian Faturi  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

  
Prof. Dra. Jamile Andréa Rodrigues da Silva  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

## AGRADECIMENTOS

À Deus, meu orientador maior, que infinitas vezes abriu minha mente àquilo que não está nos livros. Quando cansada e temerosa me carregou no colo – eu tenho certeza! Me concedeu saúde e principalmente, alegria, permitindo que eu levasse isso aos que eu tive o prazer de conhecer. Enriqueceu-me com experiência e sabedoria.

À minha mãe, Socorro, que sempre ouviu meus desabafos, meus medos e inseguranças. Ao meu pai, José Luiz, exemplo de otimismo. Ao irmão, Neto, que embora não estivesse sempre presente, transmitia sempre boas energias. Sou grata a vocês pela preocupação constante, pelo interesse em acompanhar e, sem dúvida, por me ensinarem a não levar os problemas tão à sério.

Ao meu orientador, Professor Lourenço, por ter sido ferramenta dos planos divinos na concretização do que parecia distante. Agradeço pelo acolhimento e ensinamentos.

Ao meu coorientador, Professor Luciano, por exercer tão lindamente o ofício da profissão, além de ser exemplo de humildade e perseverança.

À minha amiga-irmã, Geisi, meus infinitos agradecimentos pelas muitas horas que você esteve ao meu lado, na terra, na água ou no céu, com ou sem sapos.

Aos amigos que conheci durante as disciplinas, em especial às “Alines”, Lima e Ramos; a primeira, por ter sido minha professora particular de estatística, e a segunda, por ter exercitado toda sua paciência comigo sempre que eu precisei. Aos amigos que caminharam conosco durante o período experimental, aos amigos pesquisadores, aos amigos servidores, seja da Embrapa, UFRA ou UFPA. Meu eterno agradecimento, e tenham certeza que vocês foram e são peças insubstituíveis do quebra-cabeça da minha vida.

Às amigas de Paragominas, por terem me proporcionado bons momentos de alegria todas as vezes que estivemos juntas, em especial, à Yara, por ter compreendido minha ausência, e jamais ter esquecido de mim.

Essas duas linhas especiais, dedicadas em agradecimento ao meu namorado-amigo-conselheiro-paciente-e-braço-direito, “Rieu”, por ter sido tudo isso, do jeito que só ele saber...

Como forma de gratidão a todos aqui citados, independente da ordem que esteja no texto, peço ao Pai do céu, em forma de oração, que transborde bênçãos sobre suas vidas; que elas venham representadas por saúde, paz e alegria. ♥

(...)

*Um dia a gente chega, no outro vai embora*

*Cada um de nós compõe a sua história*

*Cada ser em si carrega o dom de ser capaz*

*De ser feliz*

**Almir Sater**

## RESUMO

A cinética de fermentação e a degradabilidade efetiva (DE) da torta da amêndoa de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) - (TAC) foram avaliadas nas proporções 0 (controle), 15, 30, 45, 60 e 100% da matéria seca em substituição à silagem de milho (SM), através da produção de gases *in vitro*, nos tempos 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. O delineamento experimental para produção de gases foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos, três blocos e duas repetições por bloco. Para estimativa dos parâmetros de cinética de fermentação ruminal de cada tratamento, o modelo de France et al. (1993) foi ajustado aos dados. Em experimento *in vivo*, avaliou-se os parâmetros ruminais de ovinos alimentados com 0, 15, 30 e 45% (MS) de TAC, e silagem de milho. As coletas de líquido ruminal para determinação da concentração dos AGCC, pH e N-NH<sub>3</sub> foram realizadas às 08h00, antes do fornecimento da dieta, e às 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 e 18h00, pós-prandial. O delineamento foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo, sendo quatro tratamentos e três repetições. Os resultados das variáveis: acetato, propionato, butirato, relação acetato:propionato, pH e NH<sub>3</sub> foram submetidos à análise de variância e regressão (linear e quadrática) considerando-se tratamento, tempo e a interação de ambos. Utilizou-se o teste F, com nível de significância de 5% (P<0,05). O padrão de cinética de fermentação e DE foi linear decrescente (P<0,05), diminuindo a produção de gás total à cada nível de inclusão do coproduto. Não houve efeito da interação tratamento vs tempo para as variáveis AGV total (P>0,40), ácido acético (P>0,41), propiônico (P>0,85), butírico (P>0,62) e pH (P>0,57). Não houve, também, efeito na concentração de AGV total (P>0,75), nem na de ácido acético (P>0,07), entre os tratamentos. A concentração dos ácidos propiônico e butírico mMol/100 mL de líquido ruminal reduziram (P<0,001) e (P<0,022), com a inclusão de 45% MS de TAC. As maiores concentrações, nos tempos de mensuração foram observadas 4 horas após a alimentação. Os valores de pH apresentaram efeito quadrático tanto na inclusão (P<0,001), quanto no tempo (P<0,001). Houve interação tratamento vs tempo na concentração de N-NH<sub>3</sub> (mg/ml) (P<0,001) e na relação dos ácidos acético:propiônico (P<0,014). Recomenda-se o uso da TAC, em níveis iguais ou inferiores a 30%, combinado com diferentes fontes de carboidratos.

**Palavras-chave:** Amazônia. *Bertholletia excelsa*. Coproduto. Produção de gases. Suplemento.

## ABSTRACT

The fermentation kinetics and effective degradability (ED) brazil's nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) - (BN) were evaluated in the proportions 0 (control), 15, 30, 45, 60 and 100% dry matter in substitution of corn silage (CS) by in vitro gas production in the times 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The experimental design for the gas production was in randomized blocks with six treatments, three blocks and two repetitions per block. To estimate of ruminal kinetics fermentation parameters of each treatment, the model of France et al. (1993) was fitted to the data. In *in vivo* experiment, we evaluated the ruminal parameters of sheep fed 0, 15, 30 and 45% (MS) TAC, and corn silage. The rumen fluid collections to determine the concentration of SCFA, pH and N-NH<sub>3</sub> were held at 08h00, before the diet supply, and at 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 and 18h00, post-prandial. The design was completely randomized with repeated measures, with four treatments and three replications. The variables results: acetate, propionate, butyrate, acetate: propionate ratio, pH and NH<sub>3</sub> were subjected to analysis of variance and regression (linear and quadratic) considering treatment time and the interaction of both. We used the F test, with significance level of 5% (P<0.05). The standard kinetic fermentation and ED was declining linear (P<0.05), reducing total gas production at each level of coproduct addition. There was no significant interaction between treatment vs time for all SCFA variables (P>0.40), acetic acid (P>0.41), propionic (P>0.85), butyric acid (P>0.62) and pH (P>0.57). There was also effect on the total concentration of SCFA (P>0.75) nor in acetic acid (P>0.07) among the treatments. The concentration of propionic and butyric acids mMol/100ml of ruminal fluid reduced (P<0.001) (p<0.022) with the addition of 45% DM TAC. The highest concentrations in the measurement times were observed 4 hours after feeding. The pH values showed a quadratic effect both inclusion (P<0.001) and time (P<0.001). There was interaction (P <0.001) between treatment vs time NH<sub>3</sub>-N (mg/ml) concentration and the ratio of acetic: propionic acid (P<0.014). It is recommended the use of the TAC, at levels equal to or less than 30%, combined with different carbohydrate sources.

**Key words:** Amazon. *Bertholletia excelsa*. Co-product. Sheep. Supplementation



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
2.1	GERAL .....	11
2.2	ESPECÍFICOS .....	11
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
3.1	COPRODUTOS DE OLEAGINOSAS PARA RUMINANTES .....	11
<b>3.1.1</b>	<b>Castanha-do-pará .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Torta de castanha-do-pará .....</b>	<b>14</b>
3.2	PRODUÇÃO DE GASES E CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO <i>IN VITRO</i> .....	16
3.3	PARÂMETROS RUMINAIS .....	17
<b>3.3.1</b>	<b>Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Potencial hidrogênico (pH) .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) .....</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>ARTIGO - CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO E PARÂMETROS RUMINAIS DE ANIMAIS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE INCLUSÃO DE TORTA DA AMÊNDOA DE CASTANHA-DO-PARÁ .....</b>	<b>26</b>
	<b>Resumo .....</b>	<b>26</b>
	<b>Abstract .....</b>	<b>26</b>
	<b>Introdução .....</b>	<b>27</b>
	<b>Material e métodos .....</b>	<b>28</b>
	<b>Resultados e discussão .....</b>	<b>30</b>
	<b>Conclusões .....</b>	<b>32</b>
	<b>Agradecimentos .....</b>	<b>32</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As projeções realizadas no agronegócio brasileiro indicam grande potencial de crescimento, o que exige produções suficientes para manter tanto a demanda interna, quanto externa. A disponibilidade de recursos naturais no país é fator de competitividade (IPEA, 2011), no entanto, o Brasil necessita da adoção de práticas que sejam melhor adequadas à realidade pecuária, principalmente no que se refere ao custo central, a alimentação dos ruminantes.

Recentemente, a suplementação animal baseada em alimentos alternativos, tem ganhado expressividade não só por cumprir satisfatoriamente a função nutricional, como também, por proporcionar elevação da eficiência produtiva, maior uso do solo além de, menor pressão de abertura de novas áreas de floresta nativa.

O uso de coprodutos ricos em lipídeos, que outrora eram considerados apenas resíduos, ganha destaque haja vista as consideráveis concentrações de proteína e extrato etéreo, que os caracterizam como alimentos proteicos e/ou energéticos, capazes de permitir, o atendimento das exigências nutricionais dos animais, sem, no entanto, comprometer os padrões fisiológicos de produção e reprodução (CORREIA et al., 2011).

A castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K), oleaginosa nativa de terra firme, tem ocorrência na floresta amazônica e elevado prestígio no mercado internacional, o que contribui na renda da população que vive do setor extrativista. O Pará é terceiro lugar no *ranking* de produção entre os estados brasileiros (IBGE, 2013) e por isso, detém parte dos resíduos gerados no beneficiamento desse produto, como a torta de sua amêndoa, resultado da extração do óleo e que possui características passíveis à alimentação de ruminantes (RAMOS et al., 2014).

O aumento da população, desequilíbrio do ambiente ocasionado pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos, resultantes do processo de beneficiamento de matérias-primas e a oferta reduzida de alimentos de qualidade para ruminantes em determinadas épocas do ano na Amazônia são fatores que determinam a investigação de alimentos alternativos, que substituam aqueles usuais, que competem com a alimentação humana.

Por esses motivos, objetivou-se avaliar o uso da torta de amêndoa de castanha-do-pará na cinética de fermentação e parâmetros ruminais de ovinos. O trabalho contém uma primeira parte, referente ao embasamento teórico, ajustado às normas do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, e a segunda, em formato de artigo, que será submetido ao periódico *Animal Semina: Ciências Agrárias*, Qualis CAPES B2.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o uso da torta da amêndoa da castanha-do-pará, na nutrição de ruminantes, na Amazônia Oriental.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar a produção de gases e cinética de fermentação *in vitro* nos diferentes níveis de inclusão de torta de castanha-do-pará; e

Avaliar os parâmetros ruminais - Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC), pH e N-NH<sub>3</sub> -, em ovinos alimentados com torta de castanha-do-pará.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 COPRODUTOS DE OLEAGINOSAS PARA RUMINANTES**

O que antes era considerado subproduto por significar apenas o resultado secundário dos processos agroindustriais, hoje é denominado coproduto, devido à sua relevância como ferramenta para estimular os setores pós-beneficiamento, com destaques para outros usos na indústria cosmética e alimentação animal (RETORE, 2009).

O fornecimento de coprodutos da agroindústria na suplementação de ruminantes é excelente rota na redução dos custos de produção da cadeia animal, uma vez que a alimentação corresponde à mais da metade dos investimentos no setor agropecuário, e por outro lado, a utilização dos resíduos geram maior lucratividade para a cadeia produtiva agroindustrial, além de viabilizar melhor destino, pois esses excedentes constituem prováveis causadores de impactos ambientais (AZEVEDO et al., 2012).

A geração de resíduos está associada ao desperdício no uso de insumos, às perdas entre a produção e consumo, e aos materiais que, originados ao longo da cadeia agroindustrial, não possuem valor econômico evidente. Por outro lado, o elevado custo associado ao tratamento, transporte e disposição final, tem efeito direto sobre o preço do resíduo final. Logo, atribuir uso a esses materiais, eleva o padrão de produção e garante o desenvolvimento e implementação de processos sustentáveis, capazes de converter biomassa em produtos com valor agregado, e

minimiza os efeitos da poluição de solos e de corpos hídricos, quando da lixiviação de compostos, que comumente acarretam problemas de saúde pública (ONG BANCO DE ALIMENTOS, 2004; ROSA et al., 2011).

Espécies usadas na cadeia do biocombustível e outras ricas em óleos que geram resíduos (Tabela 1) são rotineiramente utilizadas na indústria alimentícia, na manipulação de medicamentos, composição de cosméticos, que geram resíduos (MENEZES et al., 2004; MAIA et al., 2006; DIAZ et al., 2015). Grande parte desses alimentos, principalmente na forma de farelos e tortas, tornou-se foco das pesquisas atuais, com intuito de gerar conhecimento a respeito de sua composição físico-química e características nutricionais, para posteriores recomendações dos níveis ideais de inclusão na dieta, de pequenos e/ou grandes ruminantes (ABDALLA et al., 2008; VISIONÁ-OLIVEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2012; GIORDANI JUNIOR et al., 2014; ADELUSI et al., 2015; PHANTHAVONG et al., 2015).

Tabela 1. Composição centesimal aproximada e valor energético de nozes verdadeiras e de sementes comestíveis.

Componente (g.100g-1)*	Noz/Semente comestível			
	Castanha-de-caju	Castanha-do-pará	Macadâmia	Noz
Umidade	4,39	3,1	2,1	3,94
Lipídeos	42,06	64,94	66,16	65,07
Proteína	18,81	14,11	8,4	13,81
Nitrogênio	3,55	2,62	1,58	2,55
Carboidratos**	32,08	6,27	22,18	15,23
Fibra Alimentar***	-	8,02	-	-
Cinzas	2,66	3,56	1,16	1,95
Valor energético	582,1	665,98	717,76	701,79

Fonte: Freitas; Naves (2010).

\* Valores se referem à média de dados da literatura (número de observações corresponde ao número de referências);

\*\*Valores calculados por diferença. Nos casos em que não há dados de fibra alimentar, os valores correspondem aos carboidratos totais;

\*\*\*Fibra alimentar total (solúvel e insolúvel);

\*\*\*\*Valor energético calculado considerando-se os fatores de conversão de Atwater de 4, 4 e 9 para proteína, carboidrato e lipídeo, respectivamente.

### 3.1.1 Castanha-do-pará

A castanha-do-pará ou castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), é uma das espécies nativas de terra firme mais valiosas da floresta amazônica. Sua importância no extrativismo é justificada pelo uso cultural das populações tradicionais, a partir de produtos e coprodutos utilizados há várias gerações, como fonte de alimentação e renda (BARBEIRO, 2012). A Bolívia é responsável por 50% da produção mundial, o Brasil por 37%, e o Peru por 13%, sendo que 90% da castanha produzida são destinados à exportação. A derrubada dos castanhais, aliada às desvantagens competitivas em relação à Bolívia e o Peru, fizeram com que a produção brasileira declinasse ao mesmo tempo em que investimentos e incentivos fiscais na Bolívia tornaram este país líder no mercado internacional (TONINI, 2007).

No Brasil, a produção de castanha-do-pará, em 2013, foi de 38.300 toneladas, representando um ligeiro decréscimo de 1,3%, em relação à obtida em 2012, o que pode ser justificado pela demanda industrial, preço, disponibilidade de mão de obra na coleta de determinados produtos, pelas condições climáticas e atuação de órgãos de controle ambiental e fiscalizadores, que ora liberam abertura de áreas para a agricultura, ora intensificam a fiscalização, com aplicação de multas e fechando serrarias e carvoarias (IBGE, 2013).

Os estados do Acre (13.599 t), Amazonas (11.785 t), Pará (9.023 t), Rondônia (1.689 t), Mato Grosso (1.596 t), Amapá (438 t) e Roraima (171 t) são os principais responsáveis pela produção. Brasiléia, no Acre, continua sendo o município maior produtor, com 3.660 t, seguido por Óbidos (2.600 t), no Pará. Dos 20 maiores municípios produtores sete são do Acre; oito do Amazonas; quatro do Pará; e um de Rondônia. Juntos foram responsáveis por 70,8% da produção nacional (IBGE, 2013).

Todo esse quantitativo de produção da castanha-do-pará confere ainda destaque ao valor de produção que obtida e multiplicada pelo preço médio unitário, corresponde à R\$ 72,1 milhões, ficando atrás apenas do açaí (R\$ 409,7 milhões) e erva-mate nativa (R\$ 400,0 milhões) (IBGE, 2013).

O ouriço, fruto da castanheira, pesa de 0,5 até 5 kg e contém 10 a 25 sementes. A castanheira pode produzir 63 a 216 frutos por estação. A amêndoa possui sabor e aroma agradáveis, com variada aplicação. Contém nutrientes, como proteínas, fibras, selênio, magnésio e fósforo, sendo considerada fonte de arginina, importante agente antioxidante, que atua na proteção contra doenças coronarianas e câncer (TONINI; BORGES, 2010).

A castanha, além de produto para exportação é ingrediente para o desenvolvimento de novos produtos na indústria de alimentos. Considerada “carne vegetal”, pela sua rica

composição em fibras, selênio e alto valor nutritivo, com 60-70% de óleo e valores de cerca de 13,00% de ácidos graxos saturados - palmítico e esteárico -, 24,54% de ácidos graxos monoinsaturados (oleico), e 20,57% de ácidos graxos poli-insaturados (linoleico e ômega-6) (USDA, 2011; YANG, 2009).

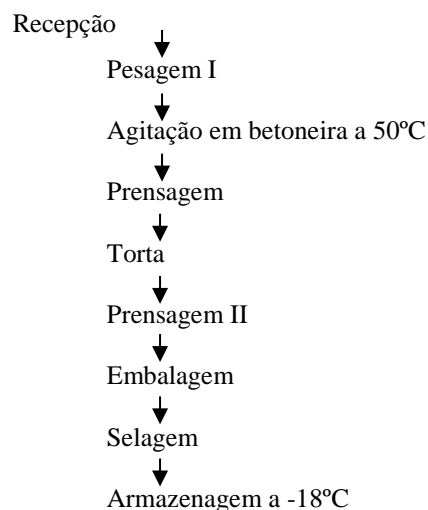
Quando as castanhas se apresentam quebradas ou com defeitos, sem aceitação pelo mercado externo, são descartadas e, alternativamente, podem servir de matéria-prima para a extração de óleo. Amarelado, claro, transparente, inodoro e doce, pode ser empregado na indústria farmacêutica, iluminação e lubrificação de mecânica fina, enquanto que na Europa é conhecido por substituir a amêndoa em doces finos (COSTA, 2007). Recentemente, com o destacado aumento da indústria cosmética no mundo inteiro, o óleo da amêndoa de castanha-do-pará tem utilizado na fabricação de diferentes produtos de beleza.

### 3.1.2 Torta de castanha-do-pará

De maneira geral, as sementes oleaginosas e outros materiais gordurosos com menores teores de óleo (< 20 – 25%) são diretamente submetidos à extração do óleo por solvente. Os materiais com maiores teores de óleo (> 25%) são pré-prensados, obtendo-se tortas com 10 – 15% de óleo (JORGE, 2009). A torta de castanha-do-pará é então o excedente do material fibroso após extração, com teor reduzido de óleo, parcialmente ou completamente desengordurada (Figura 1). Com a diminuição do valor calórico, decorrente da remoção parcial dos lipídeos, o coproduto torna-se mais viável ao consumo.

Figura 1: Fluxograma do processamento de amêndoa de castanha-do-pará para obtenção da torta de amêndoa desengordurada.

Amêndoas de castanha-do-pará:



Fonte: Sousa; Menezes, 2004.

Na região amazônica, a torta é bastante utilizada devido à sua disponibilidade e valor nutricional (Tabela 2), tendo aplicação em alimentos, enriquecendo produtos para panificação, farinhas, leites, cereais, sorvetes, doces e outros, possuindo valores de proteína, fibras e minerais, principalmente o selênio, maiores que da própria amêndoa, devido à película que envolve a amêndoa ser constituída por esses compostos (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; SOUZA; MENEZES, 2004). No entanto, em alguns casos, na dependência da finalidade a qual será empregada, no momento da extração do óleo por prensa mecânica, a casca de arroz é incluída e tem função de potencializar o percentual de óleo extraído, o que inviabiliza seu uso nos setores alimentícios para humanos, mas possibilita seu uso na alimentação animal.

Tabela 2. Composição química centesimal e valor calórico da torta de amêndoa de castanha-do-pará (TAC).

Componente	TAC
Umidade (%)	6,7
Cinzas (%)	8,85
Lipídeos (%)	25,13
Proteínas (%)	40,23
Carboidratos (%)	3,37
Fibra total (%)	15,72
Fibra insolúvel (%)	12,67
Fibra solúvel (%)	3,04
Valor calórico (Kcal)	400,6

Fonte: Sousa; Menezes (2004).

A inclusão de até 58,4% da torta de amêndoa de castanha-do-pará e silagem de milho, em ovinos, não afeta significativamente o consumo em  $\text{g/kg}^{0,75}$  de MS, porém a partir de 16,4% reduz o de CNF e em 30,9% de celulose, indicando necessidade de balancear a dieta com outras fontes desses carboidratos (RAMOS et al., 2015). Esses autores também avaliaram o comportamento ingestivo desse subproduto e observaram que a partir de 56% de inclusão, há modificação no tempo gasto em ruminação, tendo como principais fatores o teor de extrato etéreo e fibra.

A manipulação da fermentação ruminal, com uso de suplementação lipídica, através de tortas na dieta, é estratégia promissora para aumentar a eficiência no sistema de produção animal, contudo, determinar os limites máximos e mínimos de inclusão desses tipos de alimento é tão necessário quanto incluí-los na alimentação de animais (RIVERA et al., 2010; ABDALLA et al., 2008). Por isso, caracterizar bem os coprodutos de oleaginosas, como a torta de castanha-do-pará, é de extrema importância para avaliar sua viabilidade na suplementação de ruminantes.

### 3.2 PRODUÇÃO DE GASES E CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO *IN VITRO*

O método *in vitro* ganha destaque cada vez mais por ser considerado alternativa rápida e prática na determinação da qualidade do alimento. Tal método representa o processo de digestão que ocorre nos pré-estômagos, abomaso ou intestino, para estimar quantitativamente a taxa e grau de digestão de forma semelhante ao que acontece *in vivo* (COUTO et al., 2012). A técnica desenvolvida por Tilley e Terry (1963) foi aprimorada ao longo dos anos, até que se notou que os valores da produção de gás *in vitro* possuíam altas correlações com a digestibilidade aparente *in vivo* (MENKE et al., 1979).

Acompanhando o processo evolutivo do método, desenvolveu-se um fermentador artificial de rúmen, o DAISYII da ANKOM® Technology Corporation (HOLDEN, 1999; MABJEESH et al., 2000), como alternativa à técnica padrão de Tilley e Terry, determinando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO) e da parede celular (DIVPC), de grande quantidade de amostras simultaneamente, em jarros de vidro, utilizando-se inóculo ruminal e saliva artificial (SANTOS et al., 2000).

A produção de gases *in vitro*, com base na simulação das fermentações ruminais em frascos de vidro inoculados com micro-organismos ruminais, tem sido utilizada com a finalidade de medir o desaparecimento de material no decorrer do tempo, pela quantificação dos resíduos após a incubação, determinando a degradabilidade da matéria orgânica; e acompanhamento da cinética de fermentação, uma vez que mensura a formação de gases da ação microbiana durante o processo de degradação (BUENO et al., 2005). A produção de gás surge da degradação microbiana dos alimentos e indiretamente da reação do tampão com os ácidos gerados como resultado da fermentação (MIZUBUTI et al., 2011).

Em pesquisas sobre cinética de fermentação ruminal de diferentes coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel - farelos e tortas -, Mizubuti et al. (2011) observaram que a maior produção de gás, oriunda da degradação de CF, foi obtida do farelo de cambre. A torta de soja e a torta de cambre foram os coprodutos com melhor perfil na cinética de fermentação ruminal no que diz respeito à degradação de carboidratos não fibrosos e carboidratos fibrosos.

Ao avaliar a cinética de fermentação e degradabilidade ruminal efetiva *in vitro* da farinha do mesocarpo do babaçu I® e II® (FMBI e FMBII) e de rações com diferentes níveis de inclusão, Sousa et al. (2014), concluíram que as farinhas FMBI e FMBII apresentaram padrões de cinética de fermentação inferiores aos padrões de fermentação do milho grão. Com o aumento da proporção de FMBI e FMBII na ração, reduz-se a produção de gases por tempo



de incubação indicando que as farinhas do mesocarpo I e II, apesar de serem fontes de amido, não apresentam fermentação ruminal semelhante à fonte amilácea padrão, o grão de milho.

A aplicação de técnicas que caracterizem o metabolismo ruminal, a partir da inclusão de coprodutos, como a técnica de produção de gases *in vitro*, é necessária para identificação de potenciais desses ingredientes passíveis de serem utilizados com eficiência na dieta de ruminantes, em substituição aos ingredientes convencionais (MIZUBUTI et al., 2011).

### 3.3 PARÂMENTROS RUMINAIS

#### 3.3.1 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)

A principal fonte de energia para os ruminantes são os ácidos graxos voláteis (AGVs) produzidos no rúmen pela fermentação de carboidratos e, em alguns casos, da proteína. Desses ácidos, os principais são os de cadeia curta: acético, propiônico e butírico que constituem importantes parâmetros na avaliação das dietas fornecidas aos animais em produção (PIMENTEL et al., 2012). As concentrações de AGVs total ou individual no rúmen são altamente variáveis e dependem da frequência de alimentação, tempo após a alimentação e composição da dieta. As proporções molares de acetato:propionato:butirato variam, sendo encontrados valores de 75:15:10, em dietas ricas em carboidratos fibrosos, até 40:40:20, em dietas ricas em carboidratos não-fibrosos (CNF). As concentrações oscilam de 6,0 a 15,0 mMol/100 mL de líquido ruminal e pode chegar até 20 mMol/100 mL em dietas com forragens frescas ou a base de amido (BERGMAN, 1990).

A proporção molar dos AGV individuais no rúmen é de interesse considerável, pois o padrão de fermentação e a concentração total de AGV são os principais determinantes da utilização dos alimentos pelos ruminantes (FRANCE; SIDDON, 1993). É possível transformar os valores de concentração ruminal de AGV em contribuição energética, na forma de kcal de glicose por dia (kcal/dia) para os animais. Medindo-se a concentração de AGV no rúmen, pode-se ter ideia da produção e, conseqüentemente, da absorção desses ácidos (COELHO DA SILVA; LEÃO, 1979).

Os micro-organismos degradam o alimento que chega ao rúmen e geram energia na forma de ATP para seu crescimento. Os ácidos graxos voláteis (AGV) utilizados pelos ruminantes como fonte de energia, e a  $\text{NH}_3$ , um dos fatores para a síntese de proteína microbiana, são produtos finais do metabolismo microbiano. Além desses, a fermentação

anaeróbica ruminal produz compostos inadequados para o animal e para os micro-organismos, como o  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e H (CHURCH, 1993).

Em estudo avaliando seis níveis de inclusão de torta da amêndoa de seringueira (TAS) e torta de dendê (TD): 0% TAS + 20% TD ( $T_1$ ); 0% TAS + 30% TD ( $T_2$ ); 20% TAS + 20% TD ( $T_3$ ); 20% TAS + 30% TD ( $T_4$ ); 30% TAS + 20% TD ( $T_5$ ); e 30% TAS + 30% TD ( $T_6$ ) foi observada interação entre os níveis de inclusão em relação à concentração total de ácidos graxos voláteis, bem como na de propionato. Houve maior concentração de AGV total quando incluído 20% de cada coproduto ( $T_3$ ), e a menor, no  $T_5$ , enquanto a menor concentração de propionato foi encontrada no  $T_6$ . A concentração de acetato foi similar entre os tratamentos variando de 58,91 - 63,67 mol/100 mol total. O butirato teve a maior concentração no  $T_6$  (10,92 mol/100 mol total) (CHANJULA et al., 2011). Ao testar apenas a inclusão de torta de dendê nos níveis 15, 25, 35, 45 e 55%, não foi observado influência nas concentrações de AGV total, nem de acetato, propionato e/ou butirato. Contudo, a concentração de AGV total foi levemente inferior na inclusão 45-55% de torta de dendê (CHANJULA et al., 2010).

Em pesquisa sobre o efeito da dieta com óleo de coco refinado e farelo de coco sobre a concentração de AGV do conteúdo ruminal, Jordan et al. (2006) encontraram diminuição na concentração molar total de AGV à medida que os componentes foram incluídos.

### 3.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é um fator químico que influencia o crescimento microbiano e pode ser afetado pelas características da dieta bem como pelo consumo diário, concentração energética da dieta e o manejo alimentar (TIBO et al., 2000). Fatores nutricionais como os teores de fibra e carboidratos da dieta são os principais influenciadores do pH ruminal, uma vez que podem resultar na variação do tempo de ruminação - produção de saliva, tamponante que eleva o pH -, e nos produtos resultantes da fermentação, como os ácidos graxos voláteis (ALVES et al., 2012). O pH está diretamente relacionado a esses produtos da fermentação, os AGVs, bem como à taxa de crescimento dos micro-organismos ruminais. Esse fato pode ser demonstrado pelo uso de dietas ricas em volumosos, quando o pH ruminal é mais elevado, de 6,2 a 7,0, o que permite crescimento de bactérias celulolíticas (CHURCH, 1979).

Em caso de dietas ricas em carboidratos solúveis, há maior produção de AGVs e, conseqüentemente, valores baixos de pH. A redução do pH exerce uma ação seletiva sobre as bactérias, principalmente as celulolíticas, micro-organismos que são inibidos em ambiente ruminal ácido, comprometendo-se assim, a digestibilidade do FDN (CABRAL et al., 2008).

Após a ingestão de alimentos, a depender da constituição dos fornecidos, o pH pode sofrer declínio ao longo do dia devido à rápida taxa de fermentação, menor taxa de ruminação, que acarreta menor tamponamento ruminal (SILVA et al., 2007).

Considerando-se os parâmetros de fermentação ruminal, o decréscimo no pH do rúmen pode influenciar negativamente o consumo de matéria seca, motilidade ruminal, degradação da fração fibrosa e produção microbiana, e influenciar o adequado funcionamento do rúmen e, conseqüentemente, a saúde do animal (VAN SOEST, 1994). Quando respeitado o limite crítico de 7% de inclusão de lipídeos na matéria seca da dieta, pouco ou nenhum efeito é observado em nível ruminal, incluindo-se nesse caso, valores do pH que devem estar entre 6,2 e 7,2 (PIMENTEL et al., 2012; HOMEM JUNIOR et al., 2015; VAN SOEST, 1994). O pH exerce função primordial no processo de bio-hidrogenação, quanto mais ácido, menor é o percentual de ácidos graxos bio-hidrogenados (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Em trabalho sobre alimentação de cabras com grão de soja, Silva et al. (2007) não observaram modificação do pH ruminal, nem efeitos da interação tratamento vs. tempo de coleta, contudo, o fator tempo foi significativo. Correia et al. (2011), ao avaliarem o pH ruminal de novilhos submetidos a dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel não observaram diferença estatística. No entanto, verificou-se redução linear nos valores de pH no momento do fornecimento da alimentação, até seis horas após, devido, provavelmente, à intensificação do processo de fermentação pós-prandial e ao conseqüente aumento nas concentrações de AGVs. Resultados encontrados por Santos et al. (2012) corroboram com os demais autores, quando foi estudada a inclusão de subprodutos de oleaginosas na dieta de ovinos, não ocorrendo efeito da interação tempo vs. dieta nos valores de pH.

### **3.3.3 Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)**

O balanceamento das rações ofertadas aos animais visa equilibrar a disponibilidade de energia e amônia/aminoácidos, a fim de potencializar o crescimento dos micro-organismos do rúmen. A concentração de nitrogênio amoniacal serve como parâmetro indicativo para verificar se a dieta fornecida está adequada às características fisiológicas do ruminante. A quantidade mínima de N-NH<sub>3</sub> estabelecida para que ocorra o crescimento microbiana é de 5 mg N/100 mL de fluido ruminal (SATTER; SLYTER, 1974). Mehrez et al. (1977) afirmaram que o máximo de atividade fermentativa ruminal é obtido quando a amônia ruminal alcança 19 a 23 mg/dL, enquanto para Van Soest (1994), o nível ótimo é 10 mg/dL. O ideal é que os limites apropriados de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) no rúmen sejam respeitados, pela importância que exerce

sobre o crescimento bacteriano, uma vez que 40 a 100% do nitrogênio exigido pelos microorganismos pode ser derivado do N-NH<sub>3</sub> (STERN; HOOVER, 1979), sem gerar excessos que causam perdas proteicas e econômicas ao produtor.

Em regiões tropicais pode ser observado níveis de concentração de amônia superiores aos citados por Satter e Slyter (1974), entre 10 e 20 mg/dL, para maximização da digestão ruminal da MS e consumo, respectivamente (LENG, 1990). Com aumento do nível de concentrado há redução na concentração de N-NH<sub>3</sub>, que pode ser justificada pelo acréscimo na disponibilidade de energia ruminal, que gera maior utilização da amônia para o crescimento microbiano (CARVALHO et al., 1997). Foram realizados trabalhos avaliando as modificações a partir da inclusão de óleos em dietas para ruminantes (LOOR et al. 2002; MAIA et al., 2006; SILVA et al., 2007) que indicam pequena ou nenhuma alteração na concentração de nitrogênio amoniacal e, ressaltam que a sua extensão depende da fonte de óleo e nível em que é adicionada à ração (MAIA et al., 2006).

Em animais alimentados com o óleo da castanha de caju houve redução na síntese de N-NH<sub>3</sub> (WATANABE et al., 2010). Os autores atribuíram este efeito aos componentes ativos do óleo, que podem inibir o crescimento de bactérias proteolíticas, e reduzir a capacidade de adesão e colonização dessas bactérias aos seus substratos. Houve redução na concentração de N-NH<sub>3</sub> quando foi incluído grão de soja à dieta de caprinos, mas ainda assim, foram superiores a 5 mg/dL. Também, não houve efeito da interação tratamento vs. tempo, mas o fator tempo foi significativo (SILVA et al., 2007). Santos et al. (2012) não observaram efeito da interação tempo x dieta ao avaliarem o efeito da inclusão de subprodutos de oleaginosas na dieta de ovinos, enquanto Chanjula et al. (2011), ao avaliarem níveis de inclusão de torta de semente de seringueira e torta de dendê à dieta de animais, não constatarem modificações significativas na concentração de N-Nh<sub>3</sub>, entre 14,29-17,74 mg/dL.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L. et al. A new approach for in vitro bioassay to measure tannin biological effects based on a gas production technique. **Animal Feed Science and Technology**, v. 41, p. 153-170, 2008.
- ADELUSI, O.O. et al. Effects of mixtures of coconut and palm kernel oil on the rumen fermentation parameters and microbial population of cattle. **Livestock Research for Rural Development**, v. 27, p. 91-99, 2015.
- ALVES, E.M. et al. Farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia na alimentação de ovinos: balanço de nitrogênio, N-ureico no plasma e parâmetros ruminais. **Acta Scientiarum**, v. 34, p. 287-295, 2012.
- AZEVÊDO, J.A.G. et al. Diversidade nutricional de subprodutos agrícola e agro-industrial para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1246-1255, 2012.
- BARBEIRO, L.S.S. **Sistema de amostragem para quantificar a produção de sementes de *Bertholletia excelsa* H.B.K (castanha do Brasil) na região de Oriximiná – PA.** 2012. 115 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v. 70, p. 567-590, 1990.
- BUENO, I.Q.S. et al. Influence of inoculum source in gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123, p. 95-105, 2005.
- CABRAL, L.S. et al. Eficiência microbiana e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira da Zootecnia**, v. 37, p. 919-925, 2008.
- CARVALHO, A.U. et al. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos. Concentrações ruminais de amônia e pH, taxa de passagem da digesta ruminal e degradação *in situ* dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p. 1016-1024, 1997.
- CHANJULA, P.; SIRIWATHANANUKUL, Y.; LAWPETCHARA, A. Effect of feeding rubber seed kernel and palm kernel cake in combination on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics, and microbial populations in Goats fed on *briachiararia humidicola* hay-based diets. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, p. 73-81, 2011.
- CHANJULA, P.; MESANG, A.; PONGPRAYOON, S. Effects of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* hay-based diet. **Songklanakarín Journal Science Technology**, v. 32, p. 527-536, 2010.
- CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition.** Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1993. 564 p.
- CHURCH, D.C. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.** Oxford Press Inc, 1979. 350 p.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. 1979. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380 p.

CORREIA, B.R. et al. Consumo, digestibilidade e pH ruminal de novilhos submetidos a dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel em substituição ao farelo de soja. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 356-363, 2011.

COSTA, P.A. **Caracterização de ácidos graxos, tocoferóis e fitosteróis em frutas e castanhas das regiões Norte e Nordeste do Brasil**. 2007. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

COUTO, G.S. et al. Digestibilidade intestinal in vitro da proteína de coprodutos da indústria do biodiesel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1216-1222, 2012.

DIAZ, T.G. et al. Líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes. **Revista Campo Digit@l**, v. 10, p. 65-75, 2015.

FRANCE, J.; SIDONS, R.C. 1993. **Quantitative aspects of ruminal digestion and metabolism**. Cambridge, UK: University Press, 1993. 215 p.

FREITAS, J.B.; NAVES, M.M.V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, v. 23, p. 269-279, 2010.

GIORDANI JUNIOR, R. et al. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, p. 93-104, 2014.

GLÓRIA, M.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha-do-pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 20, p. 240-245, 2000.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. **Journal Dairy Science**, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

HOMEM JUNIOR, A.C. et al. *In vitro* fermentation of corn silage using rumen fluid buffered or not and different sample amounts. **Ciência Rural**, v. 45, p. 2229-2232, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013. Estados. **Extração vegetal**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pa&tema=extracaovegetal2013>>. Acessado em 25 agosto 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA, 2011. **Agricultura e crescimento: cenários e projeções**. Brasília, Julho, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1450>>. Acessado em 07 maio 2016.

JORDAN, E. et al. Effect of refined coconut oil or copra meal on methane output and on intake and performance of beef heifers, **Journal of Animal Science**, vol. 84, p. 162–170, 2006.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 165 p.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v. 3, p. 277-303, 1990.

LOOR, J.J.; HERBEIN, J.H.; JENKINS, T.C. Nutrient digestion, biohydrogenation, and fatty acid profiles in blood plasma and milk fat from lactating Holstein cows fed canola oil or canolamide. **Animal Feed Science and Technology**, v. 97, p. 65-82, 2002.

MABJEESH, S.J.; COHEN, M.; ARIELL, A. In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: comparison of methods and inoculum source. **Journal Dairy Science**, v. 83, p. 2289-2294, 2000.

MAIA, F. et al. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1496-1503, 2006.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal Nutrition**, v. 38, p. 437-443, 1977.

MENKE, K.H. et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed-ingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agricultural Science**, v. 93, p. 217-222, 1979.

MIZUBUTI, I.Y. et al. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p. 2021-2028, 2011.

ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL BANCO DE ALIMENTOS - OBA. Acessado em 10 dezembro, 2014. Disponível em: <[http://www.bancodealimentos.org.br/porque/dados\\_fome.htm](http://www.bancodealimentos.org.br/porque/dados_fome.htm)>. 2004.

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. 287-310.

PHANTHAVONG, V. et al. Effect of biochar and leaves from sweet or bitter cassava on gas and methane production in an *in vitro* rumen incubation using cassava root pulp as source of energy. **Livestock Research for Rural Development**, v. 27, p. 255-269, 2015.

PIMENTEL, P.G. et al. Parâmetros da fermentação ruminal e concentração de derivados de purina de vacas em lactação alimentadas com castanha de caju. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 959-966, 2012.

RAMOS, A.F.O. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e da fibra insolúvel em detergente neutro de dietas com torta de castanha -do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). **52ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Belo Horizonte – MG, 19 a 23 de julho de 2015.

RETORE, M. **Caracterização da fibra de coprodutos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos em crescimento**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Santa Maria, 2009.

RIVERA, A.R. et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim tifton-85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 617-624, 2010.

ROSA, M.F. et al. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA. 2011 - Foz do Iguaçu, **Valorização de resíduos da agroindústria**. p.98-105.

SANTOS, G.T. et al. Determinação da digestibilidade *in vitro* de gramíneas do gênero *Cynodon* com uso de diferentes metodologias. **Acta Scientiarum**, v. 22, p. 761-764, 2000.

SANTOS, V.C. et al. Influência de subprodutos de oleaginosas sobre parâmetros ruminais e a degradação da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 1284-1291, 2012.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal Nutrition**, v. 32, p. 199-208, 1974.

SCHOFIELD, P. et al. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2980-2991, 1994.

SILVA, M.M.C. et al. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 246-256, 2007.

SOUSA, L.F. et al. Composição bromatológica e cinética da fermentação ruminal de rações contendo resíduos de babaçu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 177-185, 2014.

SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. Processamentos de amêndoas e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade, **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 120-128, 2004.

STERN, M.D.; HOOVER, W.H. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 49, p. 1590-1603, 1979.

TIBO, G.C. et al. Níveis de concentrado em dieta de novilhos mestiços F1 Simental x Nelore: consumo e digestibilidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 910-920, 2000.

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

TONINI, H. Castanheira-do-brasil: uma espécie chave na promoção do desenvolvimento com conservação. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2007. 3p.

TONINI, H.; BORGES, R.A. **O Extrativismo da castanha-do-brasil na Região do Baixo Rio Branco**. Rio Branco: Embrapa Roraima, 2010. 21p. (Documentos Embrapa, ISSN 1981-6103).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. 2011. Acesso: 19 de setembro de 2012. Disponível em: <<http://ndb.nal.usda.gov/>>.

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

VISONÁ-OLIVEIRA, M. et al. Enciclopédia biosfera. **Centro Científico Conhecer**. v. 9, p. 2030, 2013.



WATANABE, Y. et al. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 5258–5267, 2010.

YANG, J. Brazil Nuts and Associated Health Benefits: A reviews. **Food Science and Tecnology**, v. 42, p. 1.573-1.580, 2009.

#### 4. ARTIGO - Cinética de fermentação e parâmetros ruminais de animais alimentados com dietas contendo níveis de inclusão de torta da amêndoa de castanha-do-pará

##### Fermentation kinetics and ruminal parameters of animals fed diets containing brazil's nut cake

###### Resumo

A cinética de fermentação e a degradabilidade efetiva (DE) da torta da amêndoa de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) - (TAC) foram avaliadas nas proporções 0 (controle), 15, 30, 45, 60 e 100% da matéria seca em substituição à silagem de milho (SM), através da produção de gases *in vitro*, nos tempos 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Utilizou-se DBC, com seis tratamentos, três blocos e duas repetições por bloco. O modelo de France foi ajustado aos dados. *In vivo*, avaliou-se os parâmetros ruminais de ovinos alimentados com 0, 15, 30 e 45% (MS) de TAC, e silagem de milho. As coletas de líquido ruminal para determinação da concentração dos AGCC, pH e N-NH<sub>3</sub> foram realizadas às 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 e 18h00, pós-prandial. Utilizou-se DIC, com medidas repetidas no tempo, sendo quatro tratamentos e três repetições. Os resultados das variáveis: acetato, propionato, butirato, relação acetato:propionato, pH e NH<sub>3</sub> foram submetidos à análise de variância e regressão (linear e quadrática) considerando-se tratamento, tempo e a interação de ambos. Aplicou-se teste F, com nível de significância de 5% (P<0,05). O padrão de cinética de fermentação e DE foi linear decrescente (P<0,05), diminuindo a produção de gás total à cada nível de inclusão do coproduto. Não houve efeito da interação tratamento *vs* tempo para as variáveis AGV total (P>0,40), ácido acético (P>0,41), propiônico (P>0,85), butírico (P>0,62) e pH (P>0,57). Não houve, também, efeito na concentração de AGV total (P>0,75), nem na de ácido acético (P>0,07), entre os tratamentos. A concentração dos ácidos propiônico e butírico mMol/100 mL de líquido ruminal reduziram (P<0,001) e (P<0,022), com a inclusão de 45% MS de TAC. As maiores concentrações, nos tempos de mensuração foram observadas 4 horas após a alimentação. Os valores de pH apresentaram efeito quadrático tanto na inclusão (P<0,001), quanto no tempo (P<0,001). Houve interação tratamento *vs* tempo na concentração de N-NH<sub>3</sub> (mg/ml) (P<0,001) e na relação dos ácidos acético:propiônico (P<0,014). Recomenda-se o uso da TAC, em níveis iguais ou inferiores a 30%, combinado com diferentes fontes de carboidratos.

**Palavras-chave:** Amazônia, *Bertholletia excelsa*, coproduto, ovinos, suplementação

###### Abstract

The fermentation kinetics and effective degradability (ED) brazil's nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) - (BN) were evaluated in the proportions 0 (control), 15, 30, 45, 60 and 100% dry matter in substitution of corn silage (CS) by *in vitro* gas production in the times 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The experimental design for the gas production was in randomized blocks with six treatments, three blocks and two repetitions per block. Ruminal kinetics fermentation parameters of each treatment, was estimated using France model. *In vivo* experiment, we evaluated the ruminal parameters of sheep fed 0, 15, 30 and 45% (MS) TAC, and corn silage. The rumen fluid collections to determine the concentration of SCFA, pH and N-NH<sub>3</sub> were held at 08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00 and 18h00, post-prandial. The design was completely randomized with repeated measures, with four treatments and three replications. The variables results: acetate, propionate, butyrate, acetate: propionate ratio, pH and NH<sub>3</sub> were subjected to analysis of variance and regression (linear and quadratic) considering treatment time and the interaction of both. The F test, with significance level of 5% was applied. The kinetic fermentation and ED was declining linear (P<0.05), reducing total gas production at each level of coproduct addition. There was no significant interaction between treatment *vs* time for variables total SCFA (P>0.40), acetic acid (P>0.41), propionic (P>0.85), butyric acid (P>0.62) and pH (P>0.57). There was also effect on the total concentration of SCFA (P>0.75) nor in acetic acid (P>0.07) among the treatments. The concentration of propionic and butyric acids mMol/100ml of ruminal fluid reduced (P<0.001) (p<0.022) with the addition of 45% DM TAC. The highest concentrations in the measurement times were observed 4 hours after feeding. The pH values showed a quadratic effect both inclusion (P<0.001) and time (P<0.001). There was interaction (P <0.001) between treatment *vs* time NH<sub>3</sub>-N (mg/ml) concentration and the ratio of acetic: propionic acid (P<0.014). It is recommended the use of the TAC, at levels equal to or less than 30%, combined with different carbohydrate sources.

**Key words:** Amazon, *Bertholletia excelsa*, coproduct, sheep, supplementation

## Introdução

O aumento da população mundial gera demanda por alimentos, dentre eles, os de origem animal. Tal situação, gera novas possibilidades de ganho econômico para o setor produtivo, mas, por outro, reforça a necessidade de adequações na produção, tornando-a cada vez mais sustentável (DE PAULA et al., 2014). Contudo, em grande parte do Brasil, o desempenho, os ciclos de produção e idade de abate são comprometidos pelo efeito da sazonalidade que atinge grande parte das forrageiras do país, indo, dessa forma, contra aos padrões de sustentabilidade, econômica e ambiental (MORAES et al., 2010).

Alternativas atraentes têm sido estudadas nos últimos anos, com proposta de suplementar as deficiências causadas por forragens com baixo valor nutritivo. Os coprodutos agroindustriais, cada vez mais abundantes, possuem características capazes de substituir concentrados energéticos e/ou proteicos, que comumente competem com a alimentação humana, bem como, subsidiar o desenvolvimento produtivo de pequenos e médios produtores, mesmo em épocas de baixa oferta de forragem.

Na região Amazônica, a castanha-do-pará, na sua quase totalidade, é oriunda do extrativismo de povos da floresta, como fonte de emprego e renda, visando sua subsistência e manutenção do uso sustentável dos ecossistemas locais. A riqueza do óleo extraído da amêndoa chama atenção e tem gerado elevada demanda nacional e internacionalmente. Como resultado da extração do óleo, surge o “resíduo” torta da amêndoa de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*, Bonpl.), TAC. A torta é removida por prensa mecânica (SOUSA; MENEZES, 2004), com inclusão de casca de arroz, para potencializar a retirada do óleo, o que inviabiliza o uso desse coproduto na indústria alimentícia, entretanto, com potencial para uso na alimentação de ruminantes. Em estudo avaliando o comportamento ingestivo de ruminantes que tiveram TAC incluída à dieta observou-se que 56% seria o limite máximo de inclusão para que o comportamento ingestivo de MS, dos animais não fosse afetado (RAMOS et al., 2016).

Avaliações feitas a partir de técnicas, como as realizadas *in vitro*, está entre as que oferecem boas correlações com os resultados encontrados *in vivo*, rapidez e redução de custos. A través da cinética de fermentação de determinado alimento, pode-se inferir a qualidade do mesmo. Os parâmetros de ácidos graxos voláteis (AGVs), potencial hidrogeniônico (pH) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) são considerados indicativos das reações que acontecem a partir da ingestão do alimento. As interações que ocorrem quando coprodutos de oleaginosas são incluídos à dieta animal têm sido sustentadas em diversos trabalhos (SILVA et al., 2007; WATANABE et al., 2010; CHANJULA et al., 2011; SANTOS et al., 2012), e indicam que as alterações nos padrões são dependentes, dentre outros fatores, da quantidade e qualidade dos co-produtos incluídos à dieta.

Os estudos acerca do uso da torta de castanha-do-pará como alternativa à alimentação de ruminantes são escassos, porém necessários por configurarem uma opção viável aos pequenos produtores regionais; por esta razão, objetivou-se avaliar a cinética de fermentação ruminal, degradabilidade efetiva de dietas contendo torta da amêndoa de castanha-do-pará, em níveis crescentes, bem como, os parâmetros ruminais de ovinos.

## Material e métodos

A torta da amêndoa de castanha-do-pará (TAC) foi obtida por prensagem mecânica, com auxílio da casca do arroz, e é o coproduto gerado a partir da extração do óleo. Foi obtida na agroindústria *Amazon Oil*, Ananindeua, Pará, Brasil.

### *Cinética de Fermentação*

No ensaio realizado *in vitro*, foram testados os alimentos (torta da amêndoa de castanha-do-pará, TAC, e silagem de milho, SM) e as dietas experimentais: sem inclusão de TAC + 100% SM (T0 controle); 15% TAC + 85% SM (T15); 30% TAC + 70% SM (T30); 45% TAC + 55% SM (T45); 60% TAC + 40% SM (T60) e 100% TAC (T100). O delineamento experimental para produção de gases foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos, três blocos e duas repetições por bloco. Os inóculos coletados de três bovinos configuraram os blocos. Os perfis acumulativos dos gases produzidos pela fermentação *in vitro* foram feitos através da técnica semiautomatizada de Theodourou et al. (1994), modificada por Maurício et al. (1999).

Amostras dos alimentos e das dietas experimentais foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, em Belo Horizonte, Minas Gerais, (19° 55' 15" S/43° 56' 16" W), para produção de gases. Os inóculos foram obtidos de bovinos, fistulados no rúmen, mantidos em pastagem e suplementados com concentrado padrão do laboratório da UFMG. O inóculo liquidificado e filtrado em camadas de tecido de algodão foi misturado e mantido em banho-maria a 39°C, com dióxido de carbono insuflado continuamente para o preparo dos 100 ml de líquido ruminal tamponado - relação tampão/líquido de 9/1. As amostras, de 0,5 g, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, e moídas em moinho com peneira de 1 mm.

Após, a mistura e as amostras foram incubadas em frascos individuais de vidro, com capacidade de 160 ml, previamente identificados com tinta de difícil remoção, fechados com rolhas de borracha e mantidas a 39°C de acordo com Menke et al. (1979). Frascos com apenas líquido ruminal tamponado foram usados como “brancos”. As leituras de pressão foram obtidas através de um transdutor de pressão, nos tempos 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, após inoculação. A produção de gases, em cada tempo, foi corrigida subtraindo-se a produção dos frascos com amostras, da produção obtida dos frascos com apenas líquido ruminal, sem amostra.

A pressão foi convertida em volume de gás, utilizando-se equação previamente obtida por ocasião da calibração do equipamento.

### *Parâmetros ruminais*

O ensaio *in vivo* foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal Experimental da Universidade Federal do Pará sob protocolo BIO 120-13, e ocorreu na Embrapa Amazônia Oriental, na Unidade de Pesquisa Animal “Senador Álvaro Adolpho”, Belém, Pará (1° 27' 21" S/48° 30' 16" W).

O delineamento foi inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo, sendo quatro tratamentos e três repetições. As variáveis foram coletadas de 2 em 2 horas, entre 0 e 10 horas pós-prandial. Doze ovinos fistulados no rúmen, sem raça definida, com média de 35 kg, foram mantidos em

gaiolas metabólicas individuais, em galpão fechado, e alimentados duas vezes ao dia, às 08h00 e 18h00, permitindo-se sobras em 10% do fornecido, além de água à vontade. Os animais foram adaptados, durante 21 dias, às seguintes dietas: sem inclusão de TAC + 100% SM (T0 controle); 15% TAC + 85% SM (T15); 30% TAC + 70% SM (T30) e 45% TAC + 55% SM (T45). No 22º dia, porções representativas do conteúdo ruminal foram colhidas e filtradas em tecido duplo de algodão para extração do líquido ruminal às: 0 (antes do fornecimento da dieta), 2, 4, 6, 8 e 10 horas, pós-prandial. A medição do pH ocorreu no momento da coleta, com peagâmetro portátil digital. Após, o material foi armazenado em frascos identificados e mantidos em freezer até o momento das demais análises.

Para determinação dos AGCC por cromatografia gasosa foram usadas alíquotas de 8 ml, com adição de 1 ml de solução de ácido metafosfórico (AZEVEDO, 1998); e, para avaliar a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), mediante destilação e titulação, como descrito por Fenner (1965), adaptado por Vieira (1980), foram retiradas alíquotas de 80 ml de cada coleta, adicionando-se 1 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1).

#### *Análises químicas*

A composição química dos ingredientes da dieta foi determinada no Laboratório de Nutrição da Universidade Federal do Pará/Campus Castanhal, Pará, (01° 17' 38" S/47° 55' 35" W). Nas amostras pré-secas foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MO), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) de acordo com os procedimentos da Associação Oficial de química analítica (AOAC, 2005); a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI) e lignina (LIG) determinados pelo método sequencial de Van Soest (1991); e extrato etéreo (EE) pelo método descrito por Silva e Queiroz (2006). Em todas as análises seguiu-se as recomendações do INCT em Detmann et al. (2012). Na Tabela 1 é apresentada, em porcentagem, a composição química das dietas experimentais.

#### *Análises estatísticas*

A normalidade dos dados foi verificada utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variâncias foi verificada pelo teste de Bartlett e Cochran. Para estimativa dos parâmetros de cinética de fermentação ruminal de cada tratamento, o modelo de France et al. (1993) foi ajustado aos dados, como expresso:  $Y = A \cdot \{1 - \exp[-b \cdot (t - T) - c \cdot (\sqrt{t} - \sqrt{T})]\}$ , onde “Y” = produção de gases acumulada (mL); “A” = total de gases produzidos (mL); “t” = tempo de incubação (horas); “T” = tempo de colonização (horas) e “b”<sup>(h<sup>-1</sup>)</sup> e “c”<sup>(h<sup>-0,5</sup>)</sup> taxa de degradação fracional média “μ” (h<sup>-1</sup>) calculada:  $\mu = b + c/2\sqrt{t}$ . As equações geradas foram comparadas por teste de paralelismo e identidade de curvas (P<0,05) de acordo com Regazzi e Silva (2004). As degradabilidades efetivas foram estimadas pela fórmula  $DE = S_0 \cdot \exp^{-kt} \cdot (1 - kI)/(S_0 + U_0)$ , em que: DE = Degradabilidade efetiva; k = taxa de passagem; sendo calculado para k = 2, 5 e 8%/h - baixo, médio e alto consumo, respectivamente -, e S<sub>0</sub> e U<sub>0</sub> = frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis, respectivamente, sendo:  $I = \exp[-b \cdot (t - T) + c \cdot (\sqrt{t} - \sqrt{T})] dt$ . Os resultados das variáveis: acetato, propionato, butirato, relação acetato:propionato, pH e NH<sub>3</sub> foram

submetidos à análise de variância e regressão (linear e quadrática) considerando-se tratamento, tempo e a interação de ambos. Utilizou-se o teste F, com nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

### *Cinética de fermentação*

Dentre os parâmetros avaliados, observa-se que, o potencial máximo de produção de gás ( $A$ ), a taxa de degradação fracional ( $\mu$ ) e a degradabilidade efetiva da MS (DEMS) foram maiores no T0 (silagem de milho); sendo encontrado, no mesmo tratamento, menor tempo de colonização ( $T$ ). À medida em que a torta da amêndoa de castanha-do-pará (TAC) foi incluída à dieta, o inverso aconteceu (Tabela 2).

A produção de gases é diretamente proporcional à fermentação microbiana do alimento e, permite avaliar o modo como ocorre o ataque microbiano na degradação do alimento no rúmen (NEIVA JUNIOR et al., 2010). As frações que constituem um alimento podem ser mais ou menos facilmente degradadas pelos microrganismos. Os CNF, por exemplo, são importantes constituintes químicos, pois representam fontes de rápida disponibilidade de energia, o que implica no crescimento inicial dos microrganismos ruminais (MIZUBUTI et al., 2011).

O maior tempo de colonização no T100 (02 h 32 min) (Tabela 2), pode ter sido resultado dos elevados teores de EE que, provavelmente, dificultaram o ataque à fibra da dieta; à maior quantidade de componentes indigeríveis e, principalmente, pela redução de CNF. Entretanto, esse tempo ainda está bem abaixo do encontrado na literatura sobre cinética de fermentação das farinhas do mesocarpo do babaçu, de 05 h e 40 min (SOUSA et al., 2014), o que confere à torta de amêndoa de castanha-do-pará maior valor nutritivo. Os maiores valores da degradabilidade efetiva da matéria seca estão de acordo com os dados de potencial máximo de produção de gases resultando nas mesmas implicações.

Pelas equações e curvas, referentes à análise de regressão dos dados de cinética de fermentação ruminal das dietas (Tabela 3), é possível notar que as curvas de produção de gases foram paralelas entre si, não havendo diferença estatística ( $P < 0,05$ ). No entanto, pelo teste de identidade de curvas, observa-se diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre as equações de cada nível de inclusão, onde todas foram diferentes entre si, exceto as do T15, T30 e T45, que não diferiram entre si.

Os dois pontos de transição da equação, de T0 para T15, e de T45 para T60, onde ocorreram diferenças estatísticas, refletem dois acontecimentos ocorridos em experimento *in vivo* (RAMOS, 2014). No primeiro caso, quando a digestibilidade da fibra foi afetada, com 16% de inclusão de TAC, correspondente à 6% de EE. No segundo caso, o consumo de MS foi afetado, pela inclusão de 58,4% de TAC.

### *Parâmetros ruminais*

Não houve efeito da interação tratamento *vs* tempo para as variáveis AGV total ( $P>0,40$ ), ácido acético ( $P>0,41$ ), propiônico ( $P>0,85$ ), butírico ( $P>0,62$ ) e pH ( $P>0,57$ ). Não houve, também, efeito na concentração de AGV total ( $P>0,75$ ), nem na de ácido acético ( $P>0,07$ ), entre os tratamentos. Com inclusão de TAC à dieta, houve decréscimo na concentração de ácido propiônico, enquanto que, a de ácido butírico, apresentou efeito quadrático, com maiores concentrações nas inclusões de 15 e 30% do coproduto, e menor, em 45% MS. O pH exibiu efeito quadrático, com tendência inversa à dos AGCC, sendo maior no T45 e menor quando acrescentados 18% MS de TAC à dieta (Tabela 4).

A diminuição da digestibilidade da FDN, causado pelo excesso de EE da dieta (RAMOS et al., 2014), provavelmente foi o principal fator na redução da concentração dos ácidos propiônico e butírico. Condições parecidas foram encontradas ao avaliar a inclusão de 30% de torta de seringueira + 30% de torta de dendê (CHANJULA et al., 2011). Estudos recentes têm demonstrado os efeitos insatisfatórios devido à redução da digestão da fibra, causados por altas concentrações de óleo nas dietas de ruminantes (PATRA, 2014; SANTOS et al., 2016).

Os valores de pH, em todos os níveis de inclusão, permaneceram dentro do considerado adequado (6.0-7.0), para que ocorra a digestão da fibra e proteína (HOOVER, 1986; VAN SOEST, 1994), e pode ter sido maior no T45 (6,65), pelo decréscimo na fermentação dos compostos da dieta; quantidade limitada de carboidratos não fibrosos; aumento nos teores de lignina e extrato etéreo. Fatores nutricionais como os teores de fibra e carboidratos da dieta são os principais influenciadores do pH ruminal, uma vez que podem resultar na variação do tempo de ruminação e nos produtos resultantes da fermentação, como os ácidos graxos voláteis (ALVES et al., 2012)

As concentrações dos AGV total, individuais e os valores de pH, nos tempos de mensuração, tiveram efeitos quadráticos. Os AGCC exibiram picos nas concentrações, às 4h 25min (ácido acético), 4h 83min (ácido propiônico) e 5h 62min (ácido butírico) após a alimentação, e decréscimo a partir deste tempo. O valor do pH, a partir do fornecimento da dieta, ou seja, após 0 horas, decresceu e, com o avanço do tempo, aumentou gradativamente (Tabela 5).

Ao ser avaliado em relação ao tempo após a alimentação, o menor valor do pH (6,21), observado duas horas pós-prandial, pode ser devido ao efeito fermentativo dos alimentos ofertados, com tendência de elevação até as 10 horas de mensuração, quando as concentrações dos produtos da fermentação estão em menores concentrações. Mesacasa et al. (2015) não observaram diferença significativa nos valores do pH, após a alimentação de ruminantes com torta de girassol.

Os valores médios observados com o desdobramento da interação tratamento *vs* tempo, para a variável nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), estão dispostos na Tabela 6. Em todos os níveis de inclusão, ocorreram concentrações de N-NH<sub>3</sub> mais elevadas, duas horas após a alimentação e, decréscimo, a partir deste tempo. No T30 observam-se maiores médias, a partir da segunda coleta, até as 10 horas pós-prandial.

Quando avaliado o nível de inclusão da TAC e tempo após a suplementação, as médias das concentrações de N-NH<sub>3</sub> (mg/ml) estiveram de acordo com a quantidade mínima estabelecida para que ocorra o crescimento microbiano, 5 mg N/100 mL de fluido ruminal (SATTER; SLYTER, 1974), exceto no T0, entre os tempos 6 e 10, fato que pode ser explicado pelo percentual inferior de PB da silagem (7,88), quando comparado com os outros tratamentos. Duas horas após a suplementação, considerando-se todos os níveis de inclusão, ocorreu o pico de concentração de N-NH<sub>3</sub> no rúmen, com destaque ao T30 e T45, com médias mais próximas ao proposto por Mehrez et al. (1977), para que ocorra o máximo de atividade fermentativa ruminal (19 a 23 mg/dL), contudo, observa-se decréscimos ao se comparar as concentrações de N-NH<sub>3</sub> do T30 e T45, no decorrer do tempo de coleta, indicando que ao incluir 30 % de TAC à dieta, proporcionará maior disponibilidade de amônia para síntese de proteína microbiana, por mais tempo. O fornecimento de nitrogênio aumenta a digestão da fibra, pela melhora na eficiência microbiana, com adição de substratos para a flora ruminal (LIMA et al., 2011). Mesacasa et al. (2015) observaram menores concentrações de N-NH<sub>3</sub> ao incluírem torta de girassol à dieta e atribuíram este acontecimento à maior fração indigestível do coproduto.

A interação tempo vs tratamento da relação dos ácidos acético:propiónico ( $P < 0,014$ ) (Tabela 7), demonstrou efeito quadrático nos T0 e T30, e diminuição desta relação com a inclusão da torta. Duas e quatro horas, após a alimentação, ocorreram os menores valores para ambos os tratamentos. O teor de extrato etéreo, mais elevado no T30, possivelmente, explica a relação molar dos ácidos acético:propiónico, que decresceram com a inclusão da TAC à dieta. A relação acetato:propionato não foi alterada pela adição de castanha de caju à dieta (PIMENTEL et al., 2012), enquanto Vargas et al., (2002) observaram decréscimo na relação acetato:propionato de 3,09 2,93, sugerindo que o fornecimento de lipídeos insaturados (grão de soja moído e óleo de soja) inibiu as bactérias ruminais Gram-positivas e estimularam as produtoras de propionato.

## **Conclusão**

A inclusão de TAC à dieta à base de silagem de milho, reduz tanto a fermentação ruminal, quanto a degradabilidade efetiva. As concentrações dos ácidos propiónico e butírico decrescem a partir de 30% de inclusão, no entanto, permanecem dentro do considerado aceitável à fisiologia de ovinos. Recomenda-se o uso da TAC combinado com outras fontes de carboidrato.

## **Agradecimentos**

Ao projeto Pecus/Bioma Amazônia pela ajuda financeira, bem como à Embrapa Amazônia Oriental e às Universidades de Minas Gerais - UFMG e do Pará – UFPA pelo apoio laboratorial, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos.



## Referências

- ALVES, E. M.; PEDREIRA, M. S.; PEREIRA, M. L. A.; ALMEIDA, P. J. P.; GONSALVES NETO, J. FREIRE, L. D. R. Farelo da vagem de algaroba associado a níveis de ureia na alimentação de ovinos: balanço de nitrogênio, N-ureico no plasma e parâmetros ruminais. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 34, n. 3, p. 287-295, 2012.
- AZEVEDO, P. S. A casca do grão de soja em substituição ao feno de gramínea nas rações com diferentes fontes protéicas para bovinos. Dissertação (mestrado em zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998. 53f.
- CHANJULA, P.; SIRIWATHANANUKUL, Y.; LAWPETCHARA, A. Effect of feeding rubber seed kernel and palm kernel cake in combination on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics, and microbial populations in Goats fed on *briachiaria humidicola* hay-based diets. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, Thailand, v. 24, n. 1, p. 73-81, 2011.
- DE PAULA, N. F.; PAULINO, M. F.; COUTO, V. R. M.; DETMANN, E.; MACIEL, I. F. S.; VALENTE, É. E. L.; BARROS, L. V.; MENDES, R. K. V. Suplemento de baixo consumo para vacas de corte não-gestantes. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 4, p. 1999-2010, 2014.
- DETMANN, E., et al. *Métodos para análise de alimentos*. 1. ed. Visconde do Rio Branco, MG, 2012. 214 p.
- FENNER, H. Methods for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. *Journal of Dairy Science*, v. 48, n. 2, p. 249-251, 1965.
- FRANCE, J.; SIDDON, R. C. *Quantitative aspects of ruminal digestion and metabolism*. 1. ed. Cambridge, UK: University Press, 1993. 215 p.
- HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*. v. 69, n. 10, p. 2755-2766.
- LIMA, H. L.; GOES, R. H. T. B.; CERILLO, S. L. N.; OLIVEIRA, E. R.; GRESSLER, M. G. M.; BRABES, K. C. S. Nutritional parameters of steers receiving different levels of sunflower crushed in partial replacement of soybean meal. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 85, n. 4, p. 1513-1522, 2013.
- MAURICIO, R. M.; MOULD, F. L.; DHANOA, M. S.; OWEN, E.; CHANNA, K. S.; THEODOROU, M. K. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, v. 79, n. 4, p. 321-330, 1999.
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *British Journal Nutrition*, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.
- MENKE, K. H.; RAAB, L.; SALEWSKI, A.; STEINGASS, H.; FRITZ, D.; SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed-ingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*, v. 93, n. 1, p. 217-222, 1979.
- MESACASA, A. C.; ZERVOUDAKIS, J. T.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L. K.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SILVA-MARQUES, R. P.; ALONSO, M. K.; SILVA, R. G. F.; SOARES, J. Q. Torta de girassol em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período seco do ano: parâmetros nutricionais. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 1559-1570, 2015.
- MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; FRANCO, A. L. C.; SYPPERRECK, M. A.; DÓREA, J. R. R.; CUNHA, G. E.; CAPELARI, G. M.; MUNIZ, E. B. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns co-produtos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 2021-2028, 2011.
- MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; MORAES, K. A. K.; DETMANN, E.; SOUZA, M. G. Avaliação nutricional de estratégias de suplementação para bovinos de corte durante a estação da seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 3, p. 608-616, 2010.

- NEIVA JÚNIOR, A. P.; SILVA FILHO, J. C.; CLEEF, E. H.; PINTO, J. C.; ABDALLA, A. L.; TAVARES, V. B. Evaluation of elephant grass silages with forage radish, jatropha and lupine cakes as additives by the gas production technique. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 1024-1030, 2010.
- PATRA, A. K. A meta-analysis of the effect of dietary fat on enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in sheep, and a comparison of these responses between cattle and sheep. *Livestock Science*, v. 162, p. 97-163, 2014.
- PIMENTEL, P. G.; REIS, R. B.; LEITE, L. A.; CAMPOS, W. E.; NEIVA, J. N. M.; SATURNINO, H. M.; COELHO, S. G. Parâmetros da fermentação ruminal e concentração de derivados de purina de vacas em lactação alimentadas com castanha de caju. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n. 4, p. 959-966, 2012.
- RAMOS, A. F. O. Valor nutritivo da torta de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) para alimentação de ruminantes. Dissertação (mestrado em zootecnia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. 60f.
- REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. *Revista de Matemática e Estatística*, v. 22, p. 33-45, 2004.
- SANTOS, R. C.; ALVES, K. S.; MEZZOMO, R.; OLIVEIRA, L. R. S.; CUTRIM, D. O.; GOMES, D. I.; LEITE, G. P.; ARAUJO, Y. S. Performance of feedlot lambs fed palm kernel cake-based diets. *Tropical Animal Health and Production*, v. 48, n. 2, p. 367-372, 2016.
- SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal Nutrition*, v. 32, n. 2, p. 199-208, 1974.
- SOUSA, L. F.; MACEDO JUNIOR, G. L.; SANTOS, R. P.; SILVA, A. G. M.; BORGES, I. Composição bromatológica e cinética da fermentação ruminal de rações contendo resíduos de babaçu. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 1, p. 177-185, 2014.
- SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoas e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.
- THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell, 476p, 1994.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3.583-3.597, 1991.
- VARGAS, L. H.; LANA, R. P.; JHAM, G. N.; SANTOS, F. L.; QUEIROZ, A. C.; MANCIO, A. B. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 1, p. 522-529, 2002.
- VIEIRA, P. F. Efeito do formaldeído na proteção de proteína e lipídeos em ração para ruminantes. Tese (doutorado em zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1980. 98 f.

## Tabelas

**Tabela 1.** Composição química das dietas experimentais.

Variável (%MS)	Níveis de substituição da silagem de milho pela TAC <sup>1</sup>					
	T0 <sup>2</sup>	T15	T30	T45	T60	T100
Matéria seca	33,07	40,98	48,90	56,82	64,73	85,85
Matéria orgânica	95,21	94,35	93,49	92,63	91,77	89,48
Matéria mineral	4,79	5,65	6,50	7,36	8,22	10,52
Cinzas insolúveis em detergente neutro	1,05	1,17	1,30	1,43	1,56	1,90
Cinzas insolúveis em detergente ácido	0,76	0,80	0,84	0,89	0,93	0,10
Proteína bruta	7,88	11,95	16,02	20,09	24,17	35,03
Proteína insolúvel em detergente neutro	0,71	2,10	3,49	4,88	6,27	9,99
Proteína insolúvel em detergente ácido	0,24	0,63	1,02	1,41	1,80	2,85
Extrato etéreo	4,38	5,97	7,56	9,15	10,75	15,00
Fibra insolúvel em detergente neutro <sup>cp3</sup>	38,21	37,06	35,90	34,75	33,60	30,54
Fibra insolúvel em detergente ácido	19,25	18,61	17,97	17,33	16,70	15,00
Lignina	2,18	2,47	2,76	3,05	3,35	4,13
Hemicelulose	18,96	18,44	17,93	17,42	16,90	15,54
Celulose	17,07	16,14	15,21	14,28	13,35	10,87
Carboidratos não fibrosos	44,74	39,36	33,99	28,61	23,24	8,91

TAC<sup>1</sup>: torta de amêndoa de castanha-do-pará; T0<sup>2</sup>: silagem de milho; cp<sup>3</sup>: corrigido para cinzas e proteína.

**Tabela 2.** Parâmetros de cinética de fermentação *in vitro* de dietas, com inclusão de TAC<sup>1</sup>, utilizando modelo de France e degradabilidade efetiva.

Parâmetro de France	Níveis de substituição da silagem de milho pela TAC <sup>1</sup> (%)					
	T0 <sup>2</sup>	T15	T30	T45	T60	T100
A <sup>3</sup>	194,6047	188,9308	180,7920	182,5716	169,4461	141,1446
T <sup>4</sup>	00:30:47	00:32:21	00:32:43	00:44:33	00:49:15	02:32:52
μ <sup>5</sup>	0,0586	0,0595	0,0615	0,0624	0,0625	0,0636
DEMS* (2%)	52,2302	50,5915	50,5178	49,9181	49,4170	46,9138
DEMS (5%)	49,9791	48,3713	48,3009	47,4489	46,8574	42,2427
DEMS (8%)	47,7845	46,2094	46,1427	45,0643	44,3931	38,0050

TAC<sup>1</sup>: torta de amêndoa de castanha-do-pará; T0<sup>2</sup>: silagem de milho; A<sup>3</sup>: Total de gases (mL); T<sup>4</sup>: Tempo de colonização (horas:minutos); μ<sup>5</sup>: Taxa de degradação fracional (h<sup>-1</sup>); DE\*: Degradabilidade efetiva da matéria seca.

**Tabela 3.** Equações da produção acumulativa de gases (PCG), em mL g<sup>-1</sup> de MS das dietas, com inclusão de torta da amêndoa de castanha-do-pará.

Inclusão	Equações (Modelo de France)	R <sup>2</sup>
T0	$\hat{Y}=194,6047x\{1-\exp[-(0,0777) x (t x 0,5123)-(-0,1517) x (\sqrt{t}-\sqrt{0,5123})]\}$ a A	99,78
T15	$\hat{Y}=127,3000x\{1-\exp[-(0,0774) x (t x 0,5393)-(-0,1391) x (\sqrt{t}-\sqrt{0,5393})]\}$ a B	99,49
T30	$\hat{Y}=124,5000x\{1-\exp[-(0,0835) x (t x 0,5453)-(-0,1765) x (\sqrt{t}-\sqrt{0,5453})]\}$ a B	99,42
T45	$\hat{Y}=125,4000x\{1-\exp[-(0,0858) x (t x 0,7427)-(-0,1891) x (\sqrt{t}-\sqrt{0,7427})]\}$ a B	99,62
T60	$\hat{Y}=115,3000x\{1-\exp[-(0,0822) x (t x 0,8210)-(-0,1523) x (\sqrt{t}-\sqrt{0,8210})]\}$ a C	99,84
T100	$\hat{Y}=96,3458x\{1-\exp[-(0,0861) x (t x 2,5480)-(-0,1773) x (\sqrt{t}-\sqrt{2,5480})]\}$ a D	99,56

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação em %; Equações acompanhadas por letras minúsculas, iguais na mesma coluna, são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equações acompanhadas por letras maiúsculas, iguais na mesma coluna, são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% (REGAZZI; SILVA, 2004).

**Tabela 4.** Concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (mMol/100 mL de líquido ruminal) e valores médios de pH, do líquido ruminal de ovinos, alimentados com níveis crescentes de torta da amêndoa de castanha-do-pará (TAC) em substituição à silagem de milho.

Item	Inclusão de TAC (%MS)				Regressão	R <sup>2</sup>	P-valor	CV
	T0 <sup>1</sup>	T15	T30	T45				
AGVT	56,66	52,77	50,55	46,66	-	-	*	-
A.A <sup>3</sup>	38,41	33,79	32,38	32,70	-	-	*	-
AP <sup>4</sup>	14,99	14,43	14,13	12,68	$\hat{Y}=15,14-0,004x$	89,83	<0,001	8,39
AB <sup>5</sup>	3,75	3,98	3,98	3,19	$\hat{Y}=3,72+0,004x-0,0001x^2$	95,97	0,022	24,28
pH	6,56	6,45	6,41	6,65	$\hat{Y}=6,57-0,015x+0,0004x^2$	93,11	0,001	2,67

0<sup>1</sup>: silagem de milho; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação em %; AA<sup>3</sup>: ácido acético; AP<sup>4</sup>: ácido propiônico; AB<sup>5</sup>: ácido butírico CV: coeficiente de variação em %; AGVT: ácidos graxos de cadeia curta total.

**Tabela 5.** Concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (mMol/100 mL de líquido ruminal) e valores médios de pH, do líquido ruminal de ovinos, entre 0 e 10 horas pós-prandial.

Item	Concentração AGCC entre 0 e 10 horas						Regressão	R <sup>2</sup>	P-valor	CV
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00				
AGVT	44,16	62,50	63,33	45,83	50,83	43,33	$\hat{Y}=49,01+0,421x-0,050x^2$	47,49	0,001	20,54
AA <sup>3</sup>	30,05	40,28	40,76	31,32	34,43	29,09	$\hat{Y}=32,59+0,255x-0,030x^2$	52,03	0,002	22,44
AP <sup>4</sup>	10,42	17,67	18,25	12,59	13,45	11,97	$\hat{Y}=12,28+0,174x-0,018x^2$	45,56	<0,001	24,6
AB <sup>5</sup>	2,73	4,55	4,71	3,35	3,75	3,26	$\hat{Y}=3,18+0,045x-0,004x^2$	45,36	0,001	29,45
pH	6,79	6,21	6,43	6,5	6,54	6,63	$\hat{Y}=6,66-0,114x+0,011x^2$	43,96	<0,001	2,95

0<sup>1</sup>: concentração de AGCC antes da primeira refeição; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação em %; AGVT: ácidos graxos totais; AA<sup>3</sup>: ácido acético; AP<sup>4</sup>: ácido propiônico; AB<sup>5</sup>: ácido butírico; CV: coeficiente de variação (%).

**Tabela 6.** Concentração de N-NH<sub>3</sub> (mg/dl) no rúmen de ovinos alimentados com níveis crescentes de torta de amêndoa de castanha-do-pará (%), em substituição à silagem de milho, entre 0 e 10 horas pós-prandial.

Trat.	Concentração de N-NH <sub>3</sub> entre 0 e 10 horas						Regressão	R <sup>2</sup>	P-valor	CV
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00				
T0 <sup>3</sup>	5,92	13,38	6,28	3,58	3,72	3,4	$\hat{Y} = 9,215-0,632x$	38,74	<0,001	
T15	8,45	15,88	9,12	6,36	7,71	7,48	$\hat{Y} = 11,464-0,458x$	25,21	0,001	
T30	7,10	20,34	17,99	15,35	13,44	12,44	$\hat{Y} = 10,073+3,147x-0,309x^2$	53,73	<0,001	22,21
T45	11,62	22,16	10,18	11,30	8,48	8,54	$\hat{Y} = 16,000-0,790x$	33,25	0,001	

Trat: tratamento; 0<sup>1</sup>: concentração de N-NH<sub>3</sub> antes da primeira refeição; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação em %; T0<sup>3</sup>: silagem de milho; CV: coeficiente de variação em %.

**Tabela 7.** Relação molar dos ácidos acético:propiónico no rúmen de ovinos alimentados com níveis crescentes de torta de amêndoa de castanha-do-pará (TAC) (%MS), nos diferentes tempos após a suplementação.

Trat.	Proporção Ac:Pr entre 0 e 10 horas						Regressão	R <sup>2</sup>	P-valor	CV
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00				
T0 <sup>3</sup>	3,33	2,33	2,33	2,67	3,00	3,33	$\hat{Y} = 3,142 - 0,323x + 0,035x^2$	79,55	<0,001	10,16
T15	2,67	2,33	2,00	2,33	2,67	2,00	N.S	15,54	-	
T30	3,00	2,00	2,00	2,33	2,33	2,33	$\hat{Y} = 2,773 - 0,251x + 0,022x^2$	53,21	0,001	
T45	3,00	2,33	2,33	3,00	2,67	2,33	N.S	7,39	-	

Trat: tratamento; 0<sup>1</sup>: proporção dos ácidos acético e propiónico antes da primeira refeição; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação em %; T0<sup>3</sup>: silagem de milho; CV: coeficiente de variação em %; N.S: não significativo

## **5. CONCLUSÃO GERAL**

A inclusão de TAC à dieta à base de silagem de milho, reduz tanto a fermentação ruminal, quanto a degradabilidade efetiva. As concentrações dos ácidos propiônico e butírico decrescem a partir de 30% de inclusão, no entanto, permanecem dentro do considerado aceitável à fisiologia de ovinos. Recomenda-se o uso da TAC, em níveis iguais ou inferiores a 30%, combinado com diferentes fontes de carboidratos.